



COMUNE DI TORRE DEL GRECO



PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

“Servizi tecnici di architettura ed ingegneria relativi all'esecuzione della progettazione, direzione lavori e collaudo delle opere stabilite nella sentenza n 25/2013 resa in data 15/01/2013 dal tribunale di Torre Annunziata sezione distaccata di Torre del Greco”

Firmato digitalmente da

LAURA ALFANO

CN = ALFANO LAURA
SerialNumber =
TINIT-LFNLRA77D70F912P
C = IT

Firmato digitalmente da
Giuseppe De Luca

CN = De Luca Giuseppe
O = Ordine dei Geologi della Campania
C = IT



MASTELLONE I

CN=MASTELLONE DI CAS
C=IT
2.5.4.4=MASTELLONE DI
2.5.4.42=FABIO

RSA/2048 bits

Firmato digitalmente da

elena comentale

CN = comentale elena

Firmato digitalmente da

VINCENZO DELLA VISTA

Elaborato

Relazione Tecnica Generale di Calcolo

Tavola

EA-RTGC

Firmato digitalmente da BELLO GIOVANNI VITO
Data:26/06/2020 16:36:42



Data

Giugno 2019

Scala

-

Il RUP

Arch. Gianpiero Cirillo

Raggruppamento Imporgeri dell'impresa

La Mandataria

Ing. Laura Alfano

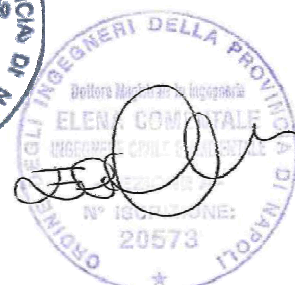
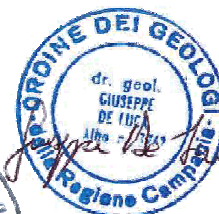
I Mandanti

Ing. Fabio Mastellone di Castelvete

Ing. Elena Commentale

Ing. Vincenzo Della Vista

Geol. Giuseppe De Luca





SOMMARIO

Sommario.....	1
1. DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA.....	3
1.1 Premesse all'ingegneria naturalistica	5
1.2. Palificate vive a doppia parete.....	5
1.2. Modalità di esecuzione	9
1.3. Descrizione del sistema scelto di terre rinforzate con paramento esterno vegetativo .	9
1.4. Modalità di esecuzione	13
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	15
3. MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO	16
4. CARATTERISTICHE DEL TERRENO	19
4.1. Terreno a tergo e di fondazione	19
4.2. Parametri geomeccanici adottati per terre rinforzate.....	20
5. ANALISI DEI CARICHI	21
5.1. Carico statico fisso e permanente	21
5.2. Carico statico accidentale	21
6. MODELLAZIONE SISMICA.....	22
6.1. Categoria del sottosuolo	22
6.2. Calcolo dell'azione sismica e spettri di risposta.....	22
6.3. Classi d'uso.....	25
6.4. Amplificazione topografica	25
6.5. Azione sismica.....	26
7. SCENARI DI CARICO	28
8. Calcolo delle palificate VIVE.....	29
8.1. Verifica a Ribaltamento.....	29
8.2. Verifica a Scorrimento.....	30
8.3. Verifica a Carico Limite	31
8.4. Verifica di Stabilità Globale	31
8.5. Modello di Calcolo	55
9. VERIFICA DELLE TERRE ARMATE.....	56
9.1 SCELTA DEL RINFORZO	57
9.2 MODELLI E RELATIVI RISULTATI DI CALCOLO.....	59
9.3 Verifica alla stabilità globale	59
9.4 Verifica della stabilità.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
9.5 opere collaterali	61
10. RIFACIMENTO POZZO.....	62
10.1 Normativa di riferimento	63
10.2 Materiali impiegati e resistenze di calcolo	64
10.3 Terreno di fondazione.....	66
10.4 Analisi dei carichi	67
10.5 Valutazione dell'azione sismica	68
10.6 Azioni sulla struttura	75
10.7 Codice di calcolo impiegato	78
10.8 Progetto e verifica degli elementi strutturali	84



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

10.9	Dettagli strutturali.....	87
10.10	Progettazione dei solai	91
11.	TABULATI DI CALCOLO	94
12.	CONCLUSIONI.....	95



1. DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

La Giunta Regionale della Campania, con decreto n°112 del 15/06/2018 ha emanato una gara a procedura aperta per *"Servizi tecnici di architettura ed ingegneria relativi all'esecuzione della progettazione, direzione lavori e collaudo delle opere stabilite nella sentenza n 25/2013 resa in data 15/01/2013 dal tribunale di Torre Annunziata sezione distaccata di Torre del Greco"*

Successivamente suddetto incarico è stato affidato con gara pubblica Cig: 7532180790 all'RPT nella persona dell'ing. Laura Alfano (mandataria) e degli altri mandanti: Ing. Fabio Mastellone di Castelvete, Ing. Elena Commentale, Ing. Vincenzo Della Vista, Geol. Giuseppe De Luca.

Nell'ambito del presente incarico sono state progettate tutte le opere di stabilizzazione dei pendii sito a Via del Cimitero 18, Torre del Greco (NA), con riferimento a tecniche di rinforzo in ingegneria naturalistica. La presente Relazione Tecnica generale di Calcolo ha come oggetto la progettazione esecutiva della messa in sicurezza del versante così come stabilito nella sentenza n 25/2013 resa in data 15/01/2013 dal tribunale di Torre Annunziata sezione distaccata di Torre del Greco

Si riporta di seguito uno stralcio satellitare della zona oggetto di intervento



Via Cimitero, 18
Comune di Torre del Greco (NA)

In particolare in accordo con l'art. 5 del Decreto del Presidente della Giunta regionale della Campania n°574 del 22 Luglio 2002 – Emanazione Regolamento per l'attuazione degli

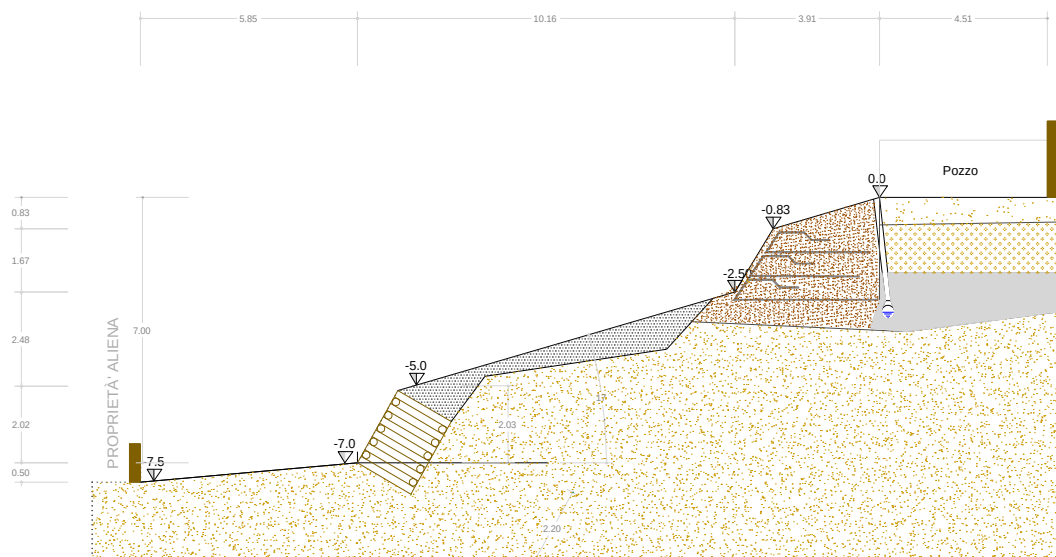


EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

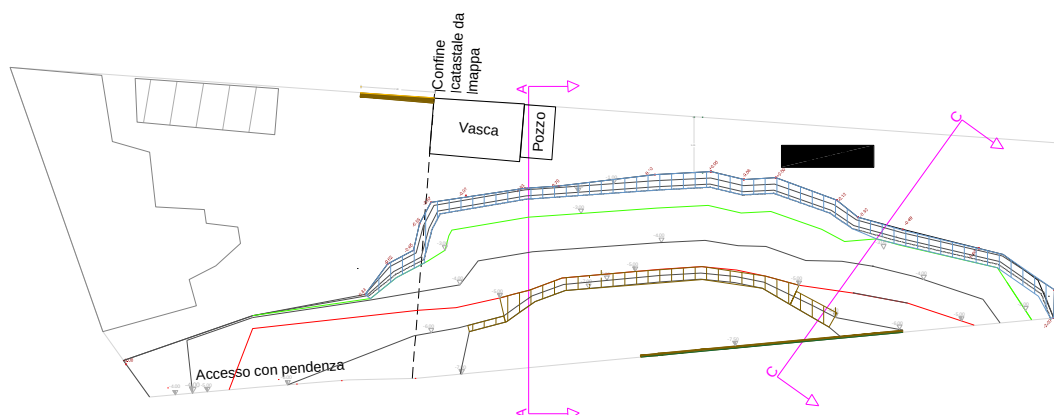
interventi di Ingegneria si è scelto il seguente intervento di ingegneria Naturalistica:

- **Palificata viva a doppia parete per la stabilizzazione del pendio**
- **Terre rinforzate a paramento vegetativo per la stabilizzazione del costone di sommità.**

Si riporta di seguito una vista in sezione dell'intervento progettato



Sezione di progetto, palificata viva e terre armate superiori



Planimetria di progetto

Sia la tecnica della palificata viva a doppia parete, sia la tecnica delle terre rinforzate, sono



ormai ampiamente diffuse da alcuni decenni, rientra tra le tecniche riconosciute della AIPIN (Associazione Italiana Per l'Ingegneria Naturalistica) come opera di ingegneria naturalistica a tutti gli effetti.

Tale riconoscimento, per le terre rinforzate è strettamente legato alla possibilità di creare un paramento vegetato che favorisce lo sviluppo della vegetazione.

1.1 PREMESSE ALL'INGEGNERIA NATURALISTICA

A caratterizzare l'intervento di Ingegneria Naturalistica è l'utilizzo del Materiale Vegetale Vivo impiegato con funzioni di rivestimento, consolidamento e sostegno. Gli elementi strutturali diversi servono ad assicurare le funzioni di consolidamento e sostegno per il periodo di tempo necessario allo sviluppo del materiale vegetale vivo.

Gli obiettivi dell'ingegneria naturalistica sono duplici:

- **Migliorare le condizioni di sicurezza dei versanti e delle scarpate;**
- **Mitigazione dell'impatto Ecologico:** formazione di habitat di transizione tra luogo naturale ed infrastruttura, a biodiversità crescente, anche a miglioramento della funzionalità ecologica della infrastruttura;
- **Mitigazione dell'impatto Paesaggistico:** formazione di filtri a composizione naturaliforme per il mascheramento percettivo parziale o totale dell'infrastruttura.

La scelta del tipo di intervento di ingegneria naturalistica è stata operata secondo il livello di minima energia, che consiste nello scegliere l'intervento adatto evitando sovrabbondanze o ridondanze.

In generale per la stabilizzazione dei pendii naturali o delle scarpate artificiali **non è possibile demandare alla vegetazione l'intero compito stabilizzante e pertanto risulta necessario fare ricorso all'utilizzo di elementi strutturali integrativi.**

Si optato per la realizzazione di palificate vive a doppia parete per la stabilizzazione del versante e un paramento di **terre armate a paramento vegetativo per la stabilizzazione del costone superiore.**

La pendenza di un rilevato tradizionale in terra è condizionata dalle caratteristiche geomeccaniche del terreno utilizzato. In particolare nel caso di un terreno granulare asciutto la pendenza massima β che il rilevato può raggiungere è pari all'angolo di attrito ϕ' del terreno stesso. Per la realizzazione di pendii più ripidi o al fine di garantire un margine di sicurezza più ampio, si inseriscono degli elementi di rinforzo creando così una terra rinforzata.

1.2. PALIFICATE VIVE A DOPPIA PARETE

Le palificate in legno sono utilizzate anche per lavori di consolidamento di versanti, recupero frane e smottamenti. Il terreno viene stabilizzato grazie alla realizzazione di una



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

struttura in legno attraverso l'incastonatura di pali disposti alternativamente in modo trasversale e longitudinale collegati tra loro con l'utilizzo di tondini di ferro (chiodature).

I pali così predisposti formano delle intercapedini nelle quali è possibile inserire piante radicate e piante erbacee con radici profonde, che, oltre ad avere una funzione estetica, hanno anche il compito di rafforzare l'azione stabilizzante dei pali fino alla loro totale sostituzione.

La realizzazione di palificate è oggi una delle opere di ingegneria naturalistica più utilizzata e conosciuta, sia per la semplicità di realizzazione, sia per l'ottimo inserimento ambientale. Ciò è reso possibile grazie alle piante inserite nelle palificate che andranno, nel corso del tempo, a conferire stabilità al terreno una volta che il materiale si sarà completamente disgregato. Per la realizzazione di palificate è possibile utilizzare diversi tipi di legno (come il larice, il castagno o il pino), che garantiscono una durata che va dai 20 ai 40 anni.

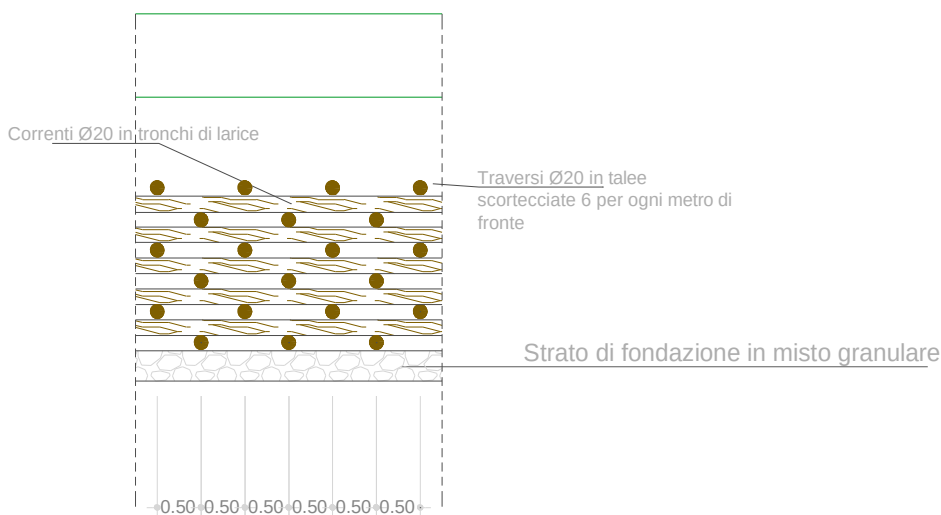
La realizzazione di palificate non prevede particolari cautele e risulta assolutamente stabile.

La palificata doppia (o a parete doppia) viene realizzata utilizzando due pali longitudinali posti uno all'esterno e il secondo all'interno dello scavo per aumentare la stabilità; viene impiegata in caso di riporti di terreno, recupero frane e per colmare i vuoti in genere.

Per una palificata viva o una gabbionata rinverdita, il calcolo di dimensionamento è, innanzi tutto, quello di un'opera di un'opera a gravità.

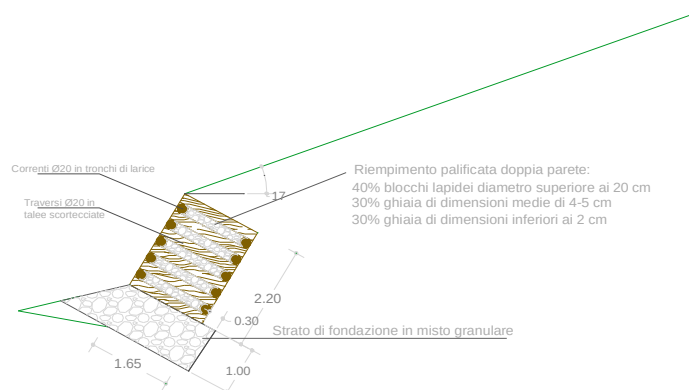
La palificata viva è alta 2.2 m ed ha uno spessore di 1.65m, funzionante come opera di sostegno al piede di una scarpata, la lunghezza dell'intervento è di circa 37 ml.

Sezionando la palificata è possibile notare due file di correnti composti da **tronchi di larice scortecciati di diametro 20 cm**. Sulla fila esterna (verso valle) ed interna (verso monte) sono disposti 5 correnti. I traversi hanno anche essi un diametro di 20 cm formato da talee scortecciate con una lunghezza di 1.65 m in numero di 6 per ogni metro di fronte.





EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

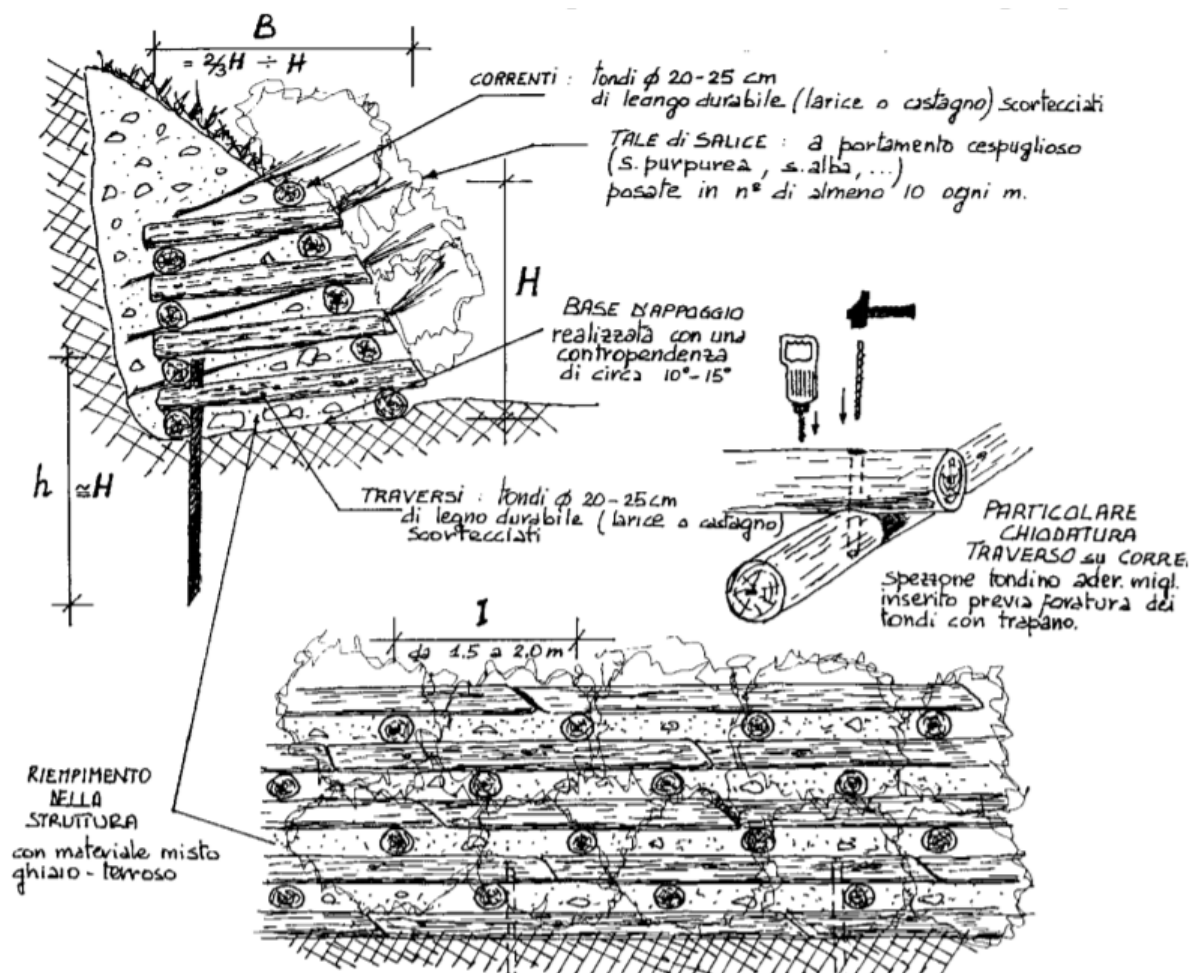


Essendo presenti sul luogo dei blocchi in materiale lapideo crollato durante episodi franosi pregressi, si è optato per la frantumazione di questi blocchi in modo da realizzare materiale di diametro variabile.

Il volume di riempimento della palificata doppia il 40% sarà costituito da blocchi lapidei di diametro superiore a 20 cm, disposto verso valle, il 30% da ghiaia di dimensioni medie di 4/5 cm e la restante parte con ghiaia e sabbia con granulometria minore di 1 cm. Si dovrà aver cura di riempire tutti i vuoti.

Dovranno inoltre essere piantate talee di salice a portamento cespuglioso al numero di 10 per ogni metro mq. di fronte

EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO



Essendo un'opera a gravità, nasce la necessità di conoscere in prima fase il peso per unità di volume dell'opera di progetto.

Analisi dei carichi		
Percentuale di riempimento blocchi lapidei	40%	
Peso specifico blocchi lapidei [kg/mc]	2300	
Percentuale di riempimento ghiaie	30%	
Peso specifico ghiaia [kg/mc]	1900	
Percentuale di riempimento terreno	30%	
Peso specifico terreno [kg/mc]	1750	
Peso specifico riempimento	γ [kg/mc]	2015
Legno	γ_l [kg/mc]	700
Volume legno [mc]	0,543	
P legno [kg] fronte di scavo	380,363	
Volume terreno di riempimento per unità di fronte di scavo [mc]	3,58	



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

Peso terreno riempimento Kg	7217
Peso totale con riempimento kg	7597
Peso specifico a mc dell'insieme [kg/mc]	1841,778636

1.2. MODALITÀ DI ESECUZIONE

Si realizza il piano di posa con "avvertenza" di operare a campione nei casi in cui la palificata incida parzialmente su fronti terrosi consolidati.

Il piano va realizzato con una contropendenza verso monte stabilita in sede di calcolo di stabilità (5-15°), il tipo di manufatto si presta alla posa anche su piani non complanari nel senso dello sviluppo in lunghezza.

Si procede alla posa della prima fila di legname in senso parallelo alla pendice (corrente), curando il posizionamento in bolla, durante la posa del tondame si realizzano i collegamenti tra un legno ed il successivo realizzando gli incastri ed i fissaggi con il tondino in ferro.

Il montaggio prosegue con la posa del successivo ordine di tondame da posizionarsi in senso ortogonale alla prima fila ed alla pendice (trasverso).

Si procede quindi al fissaggio dei legni con la fila sottostante sempre tramite tondino in ferro.

Per quanto riguarda la realizzazione del fissaggio con il tondino si può rilevare come vada curata la completa perforazione dei due tronchi da fissare e si debba quindi disporre di punte da legno di adeguata lunghezza (doppia del diametro dei tronchi), almeno 40 cm: E' assolutamente da evitare la foratura parziale giacché può originare fessurazioni e rotture del legno al momento dell'inserimento forzato del tondino con colpi di mazza.

1.3. DESCRIZIONE DEL SISTEMA SCELTO DI TERRE RINFORZATE CON PARAMENTO ESTERNO VEGETATIVO

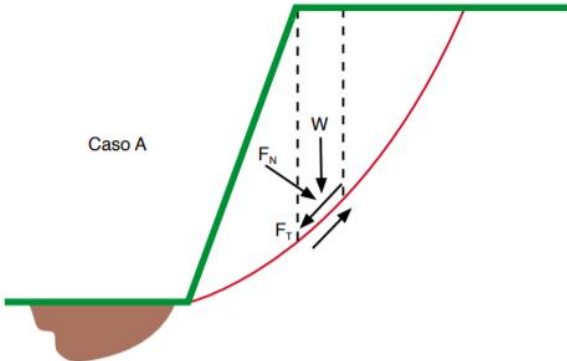
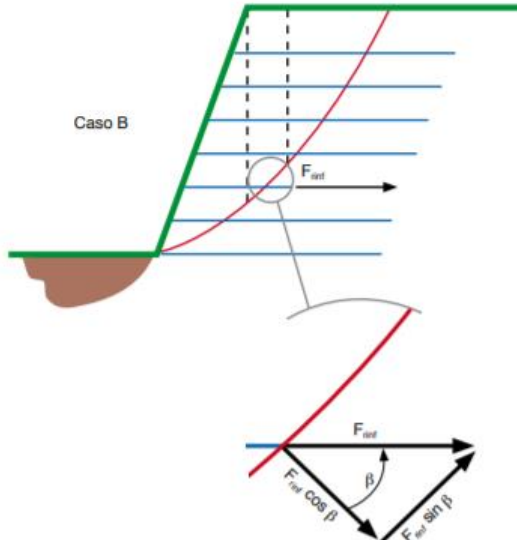
Il concetto della terra rinforzata può essere brevemente spiegato partendo dalle caratteristiche meccaniche dei materiali che la compongono, il terreno ed il rinforzo.

Il terreno è un materiale da costruzione contraddistinto generalmente da buone caratteristiche di resistenza alla compressione e taglio ma da resistenze alla trazione virtualmente nulle. Per sopperire a tale mancanza, all'interno del terreno vengono inseriti dei rinforzi al fine di creare un sistema anisotropo con resistenza a compressione, taglio e trazione.

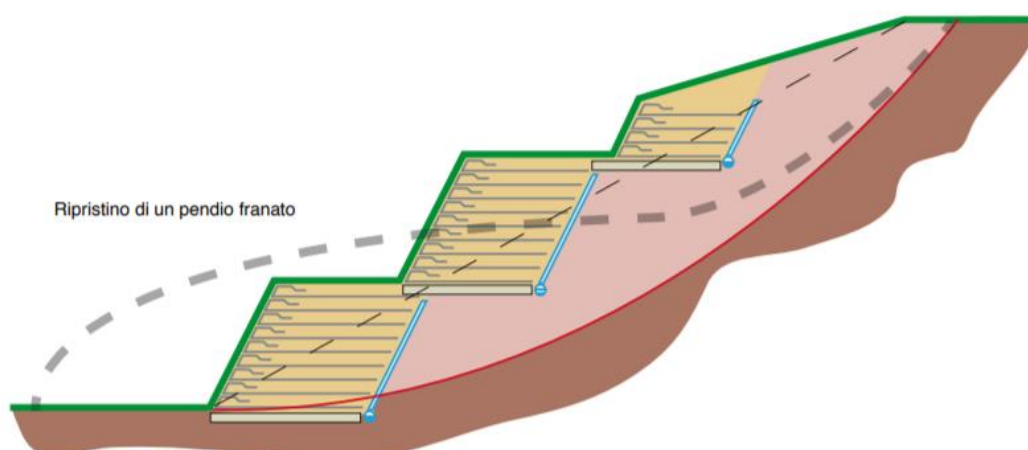
Nel caso delle terre rinforzate tale meccanismo può essere descritto ipotizzando per semplicità un terreno asciutto dotato di solo attrito.

Considerando una potenziale superficie di scivolamento lungo la scarpata del caso A, la stabilità di ogni singola striscia di terreno può essere valutata considerando il rapporto tra la forza stabilizzante $F_{stab} = W \cos \beta \tan \phi' = FN \tan \phi'$ e la forza instabilizzante $FT = W \sin \beta$. Qualora non vengano soddisfatte le condizioni di equilibrio, all'interno del terreno possono essere inseriti degli elementi di rinforzo di resistenza F_{rinf} (caso B). La presenza del rinforzo all'interno del terreno incrementa la forza stabilizzante per ogni singola striscia di un valore $F_{rinf} (\cos \beta \tan \phi' + \sin \beta)$.

EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

Caso A) Scarpata senza rinforzi $F_{stab} = W \cos \beta \operatorname{tg} \varphi' = F_N \operatorname{tg} \varphi'$ dove F_{stab} = forza stabilizzante W = peso singola striscia di terreno β = pendenza scarpata φ' = angolo di attrito efficace F_N = componente di W normale alla superficie di scivolamento F_T = componente di W tangenziale alla superficie di scivolamento	Caso B) Scarpata con rinforzi $F_{stab} = F_N \operatorname{tg} \varphi' + F_{rinf} \cos \beta \operatorname{tg} \varphi' + F_{rinf} \sin \beta = F_N \operatorname{tg} \varphi' + F_{rinf} (\cos \beta \operatorname{tg} \varphi' + \sin \beta)$ dove F_{rinf} = resistenza a trazione a progetto del rinforzo
 Caso A	 Caso B

La tecnica delle terre rinforzate offre soluzioni ottimali in molti campi di applicazione, tra cui il ripristino di un pendio franato, caso oggetto della presente.



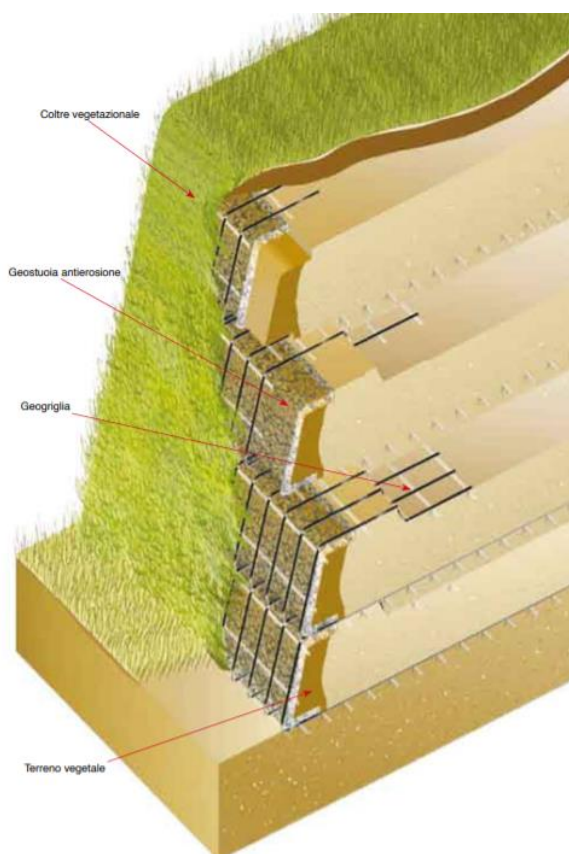
La realizzazione di una terra rinforzata prevede principalmente l'utilizzo delle seguenti

EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

componenti:

- terreno di riempimento;
- geogriglia di rinforzo;
- geostuoia di contenimento ;
- geocomposito drenante;
- vegetazione.

Terreno: Una terra rinforzata può essere realizzata con gran parte dei terreni presenti in natura. Le caratteristiche del riempimento utilizzano condizionano la scelta dei rinforzi sia in termini di resistenza che di geometria. Per tale motivo si utilizzano terreni prevalentemente granulari, ben gradati al fine di ottenere una adeguata compattazione e caratterizzati da buoni valori di attrito e permeabilità. Nella zona frontale, al fine di favorire la crescita della vegetazione, si posa uno strato di terreno ricco in componente umica (terreno vegetale)



Geogriglia di rinforzo: La scelta ed il dimensionamento del rinforzo costituiscono uno dei punti essenziali nella progettazione di una terra rinforzata. Per l'esecuzione di tutte le verifiche è indispensabile conoscere il comportamento del rinforzo a breve ed a lungo termine sia in termini di resistenza che di deformazione. E' necessario inoltre conoscere l'interazione rinforzo/ terreno ed il potenziale danneggiamento meccanico e chimico legati alle condizioni in fase di posa ed ambientali di esercizio. Per il progetto di cui la presente relazione si è fatto riferimento ad una **geogriglia di rinforzo tipo l'Enkagrid® PRO**, una geogriglia monoassiale in nastri estrusi di poliestere (PET) ad elevato modulo elastico, disponibile con resistenze comprese tra 40 e 180 kN/m. L'Enkagrid® viene diffusamente impiegato nel rinforzo di scarpate, pendii, muri di sostegno, rilevati ed in tutte le applicazioni ove venga richiesto l'inserimento di rinforzi ad elevate prestazioni. I nastri dell'Enkagrid® PRO vengono saldati tra loro mediante tecnologia laser e trattati in modo

specifico per proteggerli dalla degradazione dei raggi U.V.. La geogriglia Enkagrid® PRO viene fornita in un'ampia gamma di resistenze in grado di soddisfare il



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

dimensionamento di opere in terra rinforzata per altezze anche superiori ai 20 m. La sua rigidità consente di ottenere elevati valori di resistenza anche a basse deformazioni. Per il progetto di cui la presente relazione si è fatto riferimento ad una **geogriglia Enkagrid® PRO 40**, di cui di seguito sono riportate le proprietà meccaniche:

	Unità	PRO 40	PRO 60	PRO 90	PRO 120	PRO 180
Resistenza a trazione*	kN/m	44	70	105	127	199
Resistenza a trazione* *	kN/m	40	64	98	120	190
Resistenza al 2% dell'allungamento*	kN/m	17	26	42	48	72
Resistenza al 5% dell'allungamento*	kN/m	33	51	81	87	140
Allungamento a rottura*	%	6	6	6	6	6

* valore medio

** valore al 95% di confidenza

Tab. 2

Nella messa in opera del sistema di rinforzo dovranno essere utilizzate geogriglie di rinforzo con caratteristiche uguali o superiori a quelle di cui sopra.

I Sistemi Antierosione e la Vegetazione: Per favorire un buon rinverdimento delle scarpate e contrastare i fenomeni erosivi, sul fronte sarà opportuna la posa di una geostuoia tridimensionale antierosione da 10 mm di spessore. In considerazione della durata dell'opera e delle condizioni meteo-climatiche, la geostuoia dovrà essere costituita da poliammide, polimero contraddistinto da un buon comportamento a medio lungo termine al variare della temperatura e da proprietà autoestinguente a contatto con la fiamma. Si propone in particolare l'utilizzo della **geostuoia Enkamat 7010**.

In base poi alla natura organolettica dei terreni utilizzati si dovrà valutare sul fronte della terra rinforzata un eventuale strato di 10 cm di terreno vegetale. Al termine della costruzione ed in stagione favorevole si procederà all'esecuzione di un'idrosemina a spessore del fronte.

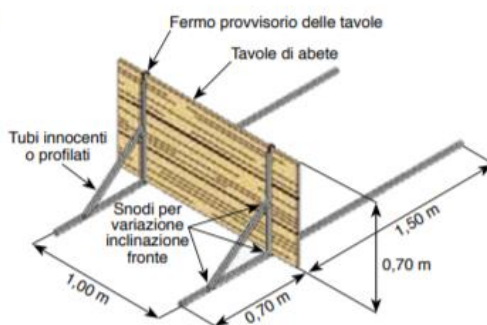
1.4. MODALITÀ DI ESECUZIONE

La realizzazione di una terra rinforzata può essere semplificata nelle seguenti fasi:

- regolarizzazione del terreno in sito e preparazione del piano di posa;
- posa del sistema drenante;
- realizzazione della terra rinforzata;
- realizzazione delle opere a verde.

La realizzazione di un idoneo piano di posa, stabile e sub-orizzontale, costituisce la base per una corretta realizzazione.

cassero removibile:
cassero utilizzato per la realizzazione dello strato e successivamente sfilato ed utilizzato per gli strati sovrastanti.



p.s.: le dimensioni sono indicative e possono variare in base allo spessore dei singoli strati.

La fase di regolarizzazione del terreno, eseguibile mediante le usuali macchine movimento terra, si realizza mediante uno strato in ghiaia drenante.

Durante le opere di scavo, le caratteristiche meccaniche del terreno non danno sufficienti garanzie per cui si procederà

mediante scavo a conci, eseguendo una nuova riprofilatura o con interventi di stabilizzazione provvisoria.

Si passa quindi alla realizzazione dei singoli strati rinforzati, generalmente con spessori variabili tra 50 e 70 cm. Poiché generalmente il fronte della terra rinforzata ha una pendenza superiore a quella di naturale declivio del terreno, si rende necessaria la posa di un cassero per contenere il terreno durante la compattazione.

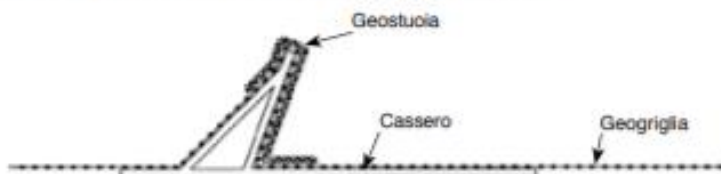
Sono di seguito riportate le fasi di posa in opera del sistema di rinforzo a terre rinforzate con paramento vegetativo.

EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

Schema per la realizzazione di una terra rinforzata con cassero rimovibile

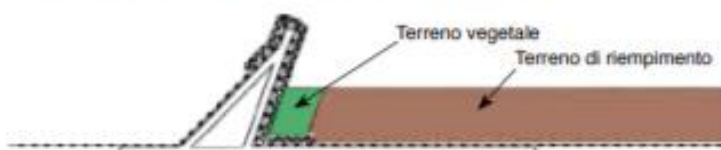
Passo 1

posizionamento dei casseri, della geogriglia e della geostuoia



Passo 2

compattazione del primo livello di riporto (spessore = 25 ÷ 30 cm)



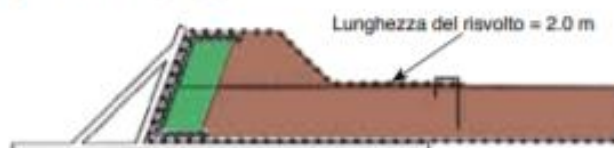
Passo 3

riempimento del materiale fino al completamento dello strato



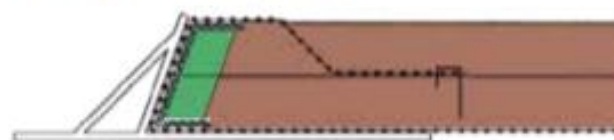
Passo 4

risvolto della geostuoia e della geogriglia



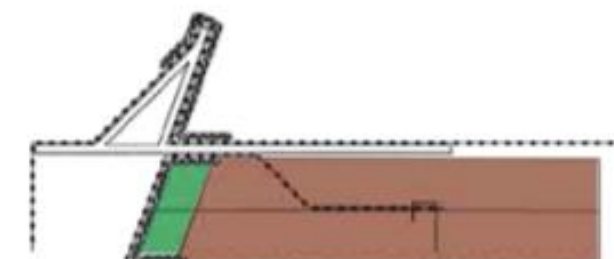
Passo 5

riempimento finale e completamento del primo strato



Passo 6

sfilamento del cassero, posizionamento in sommità e prosecuzione del ciclo





2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

”Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

”Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”

Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

C.N.R. n. 10024/1986

”Analisi di strutture mediante elaboratore. Impostazione e Redazione delle relazioni di calcolo”

D. M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018 (G.U. 20 febbraio 2008 n. 42 - Suppl. Ord.)

”Norme tecniche per le Costruzioni”

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 – Suppl. Ord.)

“Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008”.

Eurocodice 7 – “Progettazione geotecnica” - ENV 1997-1.

Presidenza del CSLP, Servizio Tecnico Centrale

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Ministero dell'Economia e delle Finanze

“**Linee Guida per capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica**”, Marzo 2006.

Inoltre, per quanto riguarda la parte inerente i rinforzi, sono state considerati le seguenti normative internazionali:

BS8006 - normativa inglese riconosciuta tra le più affidabili a livello mondiale;



3. MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

- Geogriglia per il rinforzo dei terreni tipo Enkagrid® PRO o superiori

Caratteristiche generali

Polimero	Densità del polimero	Punto di fusione	Struttura
PET	1,38 kg/dm ³	250 °C	a nastri estrusi, saldati nei nodi con tecnologia laser

Proprietà meccaniche

	Unità	Enkagrid® PRO 40	Enkagrid® PRO 60	Enkagrid® PRO 90	Enkagrid® PRO 120	Enkagrid® PRO 180	Norme
Resistenza a trazione long. ¹	kN/m	44 (-4)	70 (-6)	102 (-7)	127 (-7)	197 (-9)	EN ISO 10319
Resistenza a trazione trasv. ¹	kN/m	25 (-5)	25 (-5)	25 (-5)	25 (-5)	25 (-5)	EN ISO 10319
Resistenza al 2% di deform. ²	kN/m	17	26	42	48	72	EN ISO 10319
Resistenza al 5% di deform. ²	kN/m	33	51	81	87	140	EN ISO 10319
Allungamento a rottura ²	%	6	6	6	6	6	EN ISO 10319
Massa per unità di area	g/m ²	215	280	390	440	640	EN ISO 9884
Apertura della maglia A x B ³	mm	111 x 41	111 x 37	111 x 35	111 x 34	111 x 34	-

¹ 95% del livello di confidenza = valore medio + tolleranza

² valore medio

³ A = apertura della maglia in direzione longitudinale; B = apertura della maglia in direzione trasversale

Dimensioni, identificazione e pesi

Tipo	Griglia			Rotoli			
	Larghezza (m)	Lunghezza (m)	Superficie (m ²)	Codice colore dell'imballo ⁴	Diametro (m)	Altezza (m)	Peso unitario (kg) ⁵
Enkagrid PRO 40	5	100	500	Bianco + giallo	0,36	5,05	126
Enkagrid PRO 60	5	100	500	Bianco + verde	0,39	5,05	159
Enkagrid PRO 90	5	100	500	Bianco + blu	0,42	5,05	214
Enkagrid PRO 120	5	100	500	Bianco + grigio	0,45	5,05	239
Enkagrid PRO 180	5	100	500	Bianco + nero	0,52	5,05	335
Enkagrid PRO 40R	2,45	50	122,5	Bianco + giallo	0,29	2,5	34

⁴ in accordo con la Norma EN ISO 10320: identificazione in sito

⁵ peso lordo = geogriglia + anima + imballo

Singoli valori possono differire dai dati sopra riportati.

Coefficienti di interazione tra terreno e geogriglia Enkagrid PRO

Resistenza al pullout (sfilamento)			Resistenza al direct sliding (scivolamento diretto)		
Tipo di terreno	c _i	Test Report	Tipo di terreno	c _{ss}	Test Report
ghiaia (0/32 mm)	0.88	tBU 2007	limo sabbioso	0.86	TRI 2007
sabbia	0.86	Geosyntec / RWTH Aachen 2008	sabbia limosa	0.95	SKZ 2007
			sabbia	0.84	TRI Environmental / RWTH Aachen 2008

Le prestazioni a lungo termine dei modelli Enkagrid PRO sono state valutate e approvate dal British Board of Agrément, Certificato HAPAS BBA No. 14/H211.



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

- **Geocomposito drenante tipo Enkadrain® 5006H/5-2s/T110PP o superiori**

Proprietà del geocomposito

Enkadrain 5006H/5-2s/T110PP	Unità di misura	Valore	Norma
Polimero (nucleo / filtri)	-	PP / PP	-
Massa per unità di area	g/m ²	620	EN ISO 9864
Spessore a 2 kPa	mm	6	EN ISO 9863-1
Resistenza a trazione long./trasv.	kN/m	14,0	EN ISO 10319
Allungamento a rottura long./trasv.	%	n.p.d.*	EN ISO 10319
Resistenza alla perforazione dinamica	mm	15	EN ISO 13433

* n.p.d. : prestazione non determinata

Proprietà del filtro

Resistenza al punzonamento statico (CBR)	kN	1,0	EN ISO 12236
Resistenza alla perforazione dinamica	mm	35	EN ISO 13433
Permeabilità all'acqua, $V_{L,20}$	mm/s	70	EN ISO 11058
Apertura caratteristica O_{90}	μm	140	EN ISO 12956

Capacità drenante a diversi valori di pressione e gradiente - norma EN ISO 12958 opt. R/F

Pressione applicata	gradiente idraulico $i = 1,0$	gradiente idraulico $i = 0,10$	gradiente idraulico $i = 0,03$
kPa	l/(s m)*	l/(s m)*	l/(s m)*
20	2,70	0,70	0,35
50	2,40	0,65	0,30
100	2,30	0,60	0,24
200	1,40	0,24	0,11

* Conversione: l/(s m) = 10^{-3} m²/s

Capacità drenante dopo 100 anni di esercizio

Pressione applicata	$i = 1,00$		Norma di riferimento	Note
kPa	l/(s m)	l/(h m)		
20	2,1	7.560	EN ISO 12958 opzione R/F	Creep test a lungo termine, estrapolato sulla base dei risultati di specifiche prove di laboratorio effettuate presso Colbond Geosynthetic Laboratories

Dimensioni e pesi**

Tipo	Geocomposito					Rotoli		
	Spessore mm	Peso g/m²	Larghezza m	Lunghezza m	Area m²	Diametro m	Lunghezza m	Peso lordo kg
5006H/5-2s/T110PP	6	620	5,00	100	500	1	5,3	341

** Valori indicativi



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

• Geostuoia tridimensionale tipo Enkamat® 7010

Caratteristiche generali

	Unità di misura	Valore medio	Norma di riferimento
Polimero	-	PA	-
Densità del polimero	kg/m ³	1140	-
Temperatura di fusione	° C	≥ 218	-
Colore	-	nero	-
Massa nell'unità di area	g/m ²	260	EN ISO 9864
Spessore	mm	10	-
Fattore di ritenzione del substrato	m/m ²	1810	Lunghezza totale del filamento per unità di area
Volumi di vuoti	%	> 95	-
Tipo di struttura	-	aperta	-
Valore AHC	mm ³ /m ²	9,7 x 10 ⁵	-

Proprietà meccaniche

	Unità di misura	Valore medio	Norma di riferimento
Resistenza a trazione long.	kN/m	2,0	EN ISO 10319
Resistenza a trazione trasv.	kN/m	1,5	EN ISO 10319

Altre proprietà

Resistenza alla temperatura	da - 40°C a + 80 °C nessuna riduzione della flessibilità o della resistenza
Infiammabilità	classe B2 (DIN 4102) – bassa infiammabilità e bassa produzione di fumi
Invecchiamento	buona resistenza agli agenti atmosferici e alle radiazioni UV
Resistenza chimica	resistente a tutte le sostanze chimiche nelle concentrazioni in cui sono normalmente presenti nei terreni e nelle acque di superficie
Tossicità	nessuna; approvato per l'impiego in bacini a contatto con acqua potabile; è un materiale inerte e non nocivo per l'ambiente
Resistenza ai roditori	non ha nessun valore nutritivo; la struttura a filamenti della stuoia risulta sgradevole ai roditori e agli animali terricoli

Dimensioni e pesi*

Tipo	Materiale					Rotoli		
	Spessore mm	Peso g/m ²	Larghezza** m	Lunghezza m	Area m ²	Diametro m	Lunghezza m	Peso lordo kg
Enkamat 7010/1	10	260	1,00	150	150	1,15	1,03	40

* Valori indicativi

** L'Enkamat 7010 è disponibile anche nelle larghezze di 1,95 m e 3,85 m.



4. CARATTERISTICHE DEL TERRENO

Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica del terreno a tergo e di fondazione si rimanda alla relazione geotecnica, mentre per il terreno rinforzato i parametri sono stati definiti in fase di progettazione assunti. I parametri sono stati adeguatamente ridotti secondo le indicazioni riportate nelle Norme Tecniche per le Costruzioni.

4.1. TERRENO A TERGO E DI FONDAZIONE

Per la valutazione delle proprietà geotecniche sono stati utilizzati i dati relative alle indagini geognostiche provenienti dai sondaggi a carotaggio continuo che si approfondiscono alla profondità di circa 20,00 mt dal p.c , prove penetrometriche DM. ed indagini sismiche del tipo MASW – Re.Mi per la determinazione delle velocità delle onde Vs e Vp. Per i risultati delle diverse prove si rimanda alla relazione geotecnica nonchè alla relazione redatta dal geologo.

Si riportano di seguito gli orizzonti stratigrafici principali evidenziati dalle prove geotecniche con le relative proprietà meccaniche

- TABELLA RIASSUNTIVA DEI DATI GEOTECNICI-

Profondità	Litologia	ϕ°	γ (t/m ³)	C' Coesione (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)
0,00 – 0,40	Materiale vegetale frammisto a pozzolana di colore giallastra intercalata a sabbie	-	-	-	-
0,40 – 1,20	Limo sabbioso di colore beige bruno verdastro	25°	1.40	0	90
1,20 – 2,80	Lava di colore grigio scuro nerastro da massiva a poco vacuolata	32°	-	-	-
2,80 – 9,90	Cinerite grossolana di colore bruno violaceo a matrice sabbiosa ghiaiosa a luoghi sabbia fine limosa, da sciolta a moderatamente addensata.	28°	1.65	0	144
9,90 – 10,50	Sabbia medio fina	30°	1.60	0	176
10,50 – 20,00	Alternanza di ceneri fine unificate e non con scorie laviche sabbioso grossolane addensate e meno addensate di colore scuro/nerastra con scorie laviche nerastre e rossicce e con elementi biancastri alterati.	32°	1.80	0	200

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva e passiva (MASW - ReMi) ha consentito di determinare il profilo verticale della Vs (e del modulo di taglio) e, di conseguenza, del parametro Vs,eq, risultato pari a **286 m/s** per l'analisi MASW



e ReMi (considerando come riferimento il piano campagna).

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018 NTC 2018) il sito in esame rientra quindi nella categoria C: **(“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < \text{NSPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < \text{cu30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).”).**

Tutti i parametri che caratterizzano i terreni di fondazione sono riportati nei tabulati di calcolo, nella relativa sezione. Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni geologica e geotecnica.

4.2.PARAMETRI GEOMECCANICI ADOTTATI PER TERRE RINFORZATE

- **Parametri di progetto del terreno di riempimento delle opere in terra rinforzata**

Peso di volume γ_k	18,5 kN/m ³
Angolo di attrito interno φ'_k	30°
Coesione c'_k	0 kPa

- **Parametri di progetto del terreno a tergo (primi 1,50 m - terreno vegetale) delle opere in terra rinforzata**

Peso di volume γ_k	17,5 kN/m ³
Angolo di attrito interno φ'_k	26°
Coesione c'_k	0 kPa

- **Parametri di progetto del terreno a tergo (oltre profondità -1,50 m - lava tefritica) e di fondazione delle opere in terra rinforzata**

Peso di volume γ_k	19 kN/m ³
Angolo di attrito interno φ'_k	30°
Coesione c'_k	0 kPa

- **Sismicità (dati considerati)**

Stato Limite Considerato: SLV
Categoria sottosuolo: C
Coefficiente topografico: T3
Coefficiente d'uso: $C_u=1$
Vita nominale: 50 anni
 $K_h = 0,091$
 $K_v = \pm 0,045$

- **Falda** assente



5. ANALISI DEI CARICHI

La valutazione dei carichi e dei sovraccarichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni del Decreto Ministero Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018 (G. U. 20 febbraio 2018, n. 42 - Suppl.Ord.) "Norme tecniche per le Costruzioni".

5.1. CARICO STATICO FISSO E PERMANENTE

Peso di volume terreno a tergo (primi 1,50 m) γ_k	17,5 kN/m ³
Peso di volume terreno a tergo e di fondazione (oltre 1,50 m) γ_k	19,0 kN/m ³
Peso di volume terreno di riempimento γ_k	18,5 kN/m ³

5.2. CARICO STATICO ACCIDENTALE

Sovraccarico Q in testa a ciascuna berma	5 kPa.
--	--------



6. MODELLAZIONE SISMICA

6.1. CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva e passiva (MASW - ReMi) ha consentito di determinare il profilo verticale della Vs (e del modulo di taglio) e, di conseguenza, del parametro Vs,eq, risultato pari a **286 m/s** per l'analisi MASW e ReMi (considerando come riferimento il piano campagna). Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018 NTC 2018) il sito in esame rientra quindi nella categoria C(**"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina)."**).

6.2. CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA E SPETTRI DI RISPOSTA

In considerazione del recente D.M. 17 gennaio 2018 relativo all'Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018, le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. A tal riguardo, la valutazione del rischio sismico e il calcolo dei coefficienti da utilizzare in ingegneria dipendono dall'estensione delle aree prese in considerazione. La definizione degli spettri di risposta, rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto relativamente ad uno Stato Limite, può essere articolata in 3 fasi, ciascuna delle quali prevede la scelta dei valori di alcuni parametri:

1. FASE - Individuazione della pericolosità del sito;
2. FASE – Scelta della strategia di progettazione;
3. FASE – Determinazione dell'azione di progetto.

Il calcolo della Vs30 tiene conto dello spessore espresso in metri e V la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Di seguito si riportano i valori dei parametri nelle espressioni dello spettro di **risposta elastico alle componenti orizzontali**

Categoria di suolo	S	T_B	T_C	T_D
A	1,0	0,15	0,40	2,0
B,C,E	1,25	0,15	0,50	2,0
D	1,35	0,20	0,80	2,0

Valori dei parametri nelle espressioni dello spettro di **risposta elastico delle componenti**

EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

verticali.

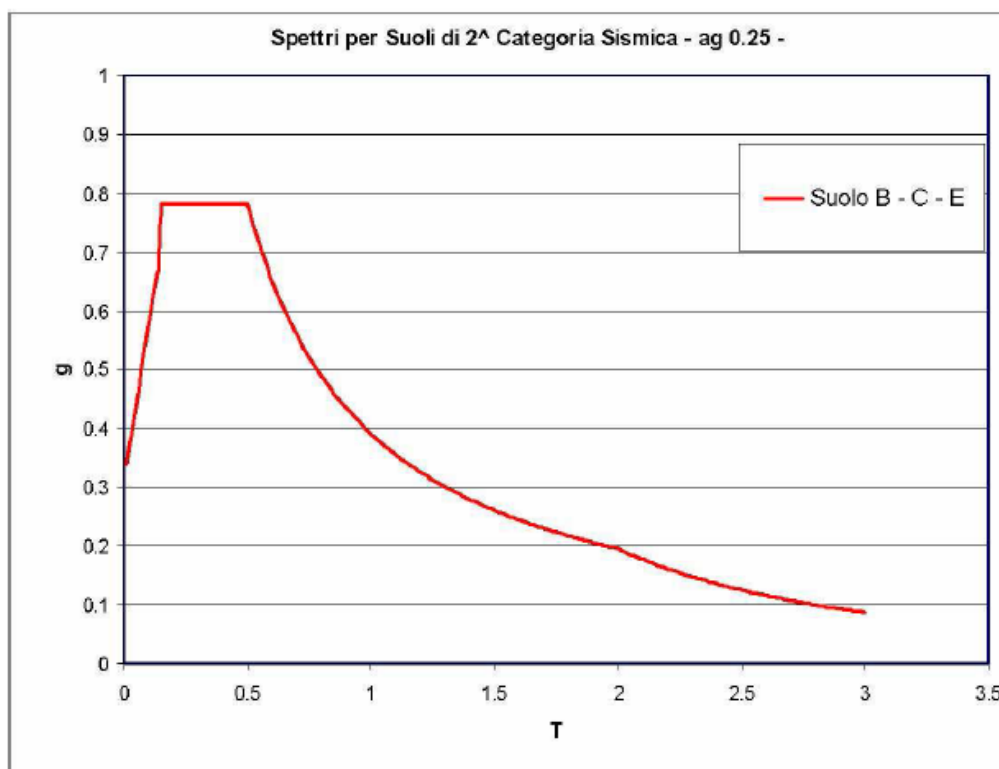
Categoria di suolo	S	T_B	T_C	T_D
A,B,C,D,E	1,0	0,05	0,15	1,0

S = fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione

η = fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ , espresso in punti percentuali

T = periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice

T_B, T_C, T_D = periodi che separano i diversi rami dello spettro, dipendenti dal profilo stratigrafico del suolo di fondazione



Dalla caratterizzazione sismica del sito dalla sua stratigrafia e sulla base dei dati ricavati dall'analisi quantitativa delle indagini eseguite e dalla media pesata dei valori di V_s nei primi 30 metri si determina il tipo di profilo stratigrafico del suolo di fondazione cui è associato uno spettro di risposta elastico.

Il territorio del comune di Torre del Greco è stato inserito nella "zona 2" caratterizzata da una accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria "A"

$$a_g = 0,25g$$



Servizi tecnici di architettura ed ingegneria relativi all'esecuzione della progettazione, direzione lavori e collaudo delle opere stabilite nella sentenza n 25/2013 resa in data 15/01/2013 dal tribunale di Torre Annunziata sezione distaccata di Torre del Greco"



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO



6.3. CLASSI D'USO

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in 4 Classi d'uso (corrispondenti alle Classi di Importanza di EC8) il manufatto in oggetto ricade nella:

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (a esclusione delle aree suscettibili di affollamento), gli uffici, i negozi.

Tipo di costruzione (2)

Vita Nominale V_n : → numero di anni di uso della struttura (>50)

Classi d'Uso in presenza di azioni sismiche → II Classe

Coefficiente d'uso₀: (1,0)

V_n =50 anni

6.4.AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Il Supplemento ordinario n. 8 alla Gazzetta Ufficiale di cui alle NTC 2018 al p.to c.3.2.2 riporta che la modifica delle Caratteristiche del moto sismico per effetto della geometria superficiale del terreno va attribuita alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità delle creste dei rilievi a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche ed all'interazione tra il campo d'onda incidente e quello diffratto. I fenomeni di amplificazione cresta-base aumentano in proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza. Nel caso in cui il sito da costruzione sia caratterizzato da una superficie topografica che si discosta da una superficie pianeggiante, le NTC 2018 consentono, per configurazioni topografiche semplici, il ricorso ad una valutazione approssimata dell'amplificazione topografica, basata sulla definizione di una serie di categorie topografiche. In particolare al p.to 3.2.2 le NTC 2018 prevedono l'esistenza di 4 categorie topografiche, a ciascuna delle quali viene associato un valore specifico del coefficiente di amplificazione topografica S_T p.to 3.2.3.2.1 che moltiplica l'azione sismica di riferimento. Le categorie topografiche si riferiscono a "configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di larghezza superiore a 30 m. In caso di siti di costruzione aventi altezza inferiore a 30m, gli effetti di amplificazione topografica possono essere trascurati". Tali effetti possono, inoltre essere trascurati ($S_T=1$) per pendii e rilievi isolati con inclinazione media non superiore a 15°, ovvero per i casi ricadenti nella categoria topografica T1. La tabella successiva riporta la definizione delle quattro categorie topografiche considerate dalle NTC 2018 e i corrispondenti valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T . Tali valori sono massimi nel senso che si riferiscono a opere o interventi ubicati in corrispondenza della sommità del pendio o cresta del rilievo poiché come specificato dalle NTC 2018 del 17/01/2018 al p.to **3.2.3.2.1**, *"la variazione spaziale del coefficiente di amplificazione*



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base, dove ST assume valore unitario''

Il fattore di amplificazione topografica S_T nel sito d'interesse, dato che si tratta di un'area con terrazzamenti ed acclività con angolo maggiori di 15° , la morfologia diventa, in modo puntuale, molto determinante nella pendenza del versante, è da ritenersi di categoria T3 con inclinazione media

$$15 > i > 30^\circ$$

quindi

$$S_T=1,2$$

6.5.AZIONE SISMICA

La valutazione della spinta del terreno in zona sismica, secondo quanto prevede la NTC2018, è stata eseguita utilizzando metodi *pseudo-statici*.

L'utilizzo di metodi pseudo-statici, consente di ricondurre l'azione sismica, che è un'azione dinamica variabile nel tempo e nello spazio, ad un insieme di forze statiche equivalenti, orizzontali e verticali, mediante l'utilizzo di coefficienti sismici, che dipendono dalla zona sismica, dalle condizioni locali e dall'entità degli spostamenti ammessi per l'opera considerata. Tali coefficienti vengono utilizzati, oltre che per valutare le forze di inerzia sull'opera, anche per determinare la spinta a tergo, mediante l'utilizzo della teoria di Mononobe Okabe.

Come specificato al § 7.11.6.2.1, in assenza di studi specifici, i coefficienti sismici orizzontale e verticale, devono essere calcolati come:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g} \quad (7.11.6)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad (7.11.7)$$

dove:

$a_{\max}$ = accelerazione orizzontale massima attesa al sito.

Nella precedente espressione il coefficiente β_m assume i valori indicati nella Tab. 7.11-II.

	Categoria sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_m	β_m
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.31	0.31
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.29	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.2	0.18

Si riportano di seguito un riepilogo dei calcoli effettuati

Stato Limite Considerato: SLV

Categoria sottosuolo: C

Coefficiente topografico: T3

Coefficiente d'uso: $C_u=1$



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

Vita nominale: 50 anni

$K_h = 0,091$

$K_v = \pm 0,045$



7. SCENARI DI CARICO

Le verifiche eseguite si basano sul D.M. 17 gennaio 2018 Norme Tecniche per le Costruzioni e per la parte inerente i rinforzi il BS8006 (normativa inglese riconosciuta tra le più affidabili a livello mondiale). In base alle indicazioni ricevute si è considerata una vita utile superiore a 50 anni.

Le azioni introdotte direttamente sono combinate con le altre (carichi permanenti, accidentali e sisma) mediante le combinazioni di carico di seguito descritte. Da esse si ottengono i valori probabilistici da impiegare successivamente nelle verifiche.

Sulla base delle N.T.C. 2018 si sono adottati i seguenti coefficienti parziali " γ ":

Tipo di Verifica	Stabilità globale Appr. 1 comb. 2 A2+M2+R2	Struttura e Traslazione Appr. 2 A1+M1+R3	Stabilità globale Appr. 1 comb. 2 A2+M2+R2	Struttura e Traslazione Appr. 2 A1+M1+R3	BS 8006	Coefficienti di riduzione adottati		Coefficienti di riduzione adottati
	Statico*		Sismico*			Statico		Sismico
						1	2	sism
FS sui valori di resistenza al taglio dei terreni (γ_R)	1.25	1.0	1.0	1.0		1.25	1.0	1.0
FS al pullout della geogriglia ($\gamma_{Ra,p}$)					1.3	1.3		1.3
FS ai carichi strutturali (γ_{G1})	1.0	1.3	1.0	1.0		1.0	1.3	1.0
FS ai carichi esterni (γ_{G2})	1.3	1.5	1.0	1.0		1.3	1.5	1.0
FS allo scorrimento della terra rinforzata (γ_R)		1.1		1.0			1.1	1.0
FS stabilità globale (γ_R)	1.1		1.1			1.1		1.2

* sono state eseguite le verifiche sia per la condizione statica che sismica; poiché la condizione più gravosa è stata rilevata in assenza di sisma, solo quest'ultima viene descritta in dettaglio.



8. CALCOLO DELLE PALIFICATE VIVE

Le verifiche del muro a gabbione si eseguono allo stesso modo di quelle previste per i muri a gravità con l'unica differenza che le verifiche vanno ripetute lungo l'altezza per ciascuno degli strati previsti. In altre parole, dati "n" strati di gabbioni, sono state eseguite (n-1) verifiche, oltre alla verifica globale per il muro intero. Ciascun gruppo di verifiche deve essere eseguito considerando il generico strato di gabbioni e tutti quelli sovrastanti. Le verifiche suddette, ripetute per ogni strato, sono descritte nel dettaglio nei paragrafi successivi e comprendono, in particolare: verifiche a ribaltamento, verifiche a scorrimento, verifiche a carico limite.

8.1. VERIFICA A RIBALTAMENTO

Nella verifica a ribaltamento è stato scelto come punto di rotazione il vertice in basso a valle della fondazione.

- Il Momento Ribaltante è dovuto alla componente orizzontale della spinta, all'incremento sismico di essa e ad eventuali carichi esterni che possono contribuire al ribaltamento.
- Il Momento Stabilizzante è dovuto al peso proprio del muro, del terreno su esso agente, ad eventuali carichi esterni che possono contribuire alla stabilità ed ai tiranti.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto Momento Stabilizzante / Momento Ribaltante. Tale valore è stato calcolato per tutte le combinazioni di carico previste dall'approccio adottato, considerando il sistema come un corpo rigido e adottando i coefficienti M2. Il rapporto più gravoso, in relazione al corrispondente coefficiente R, dipendente dall'approccio e dalla combinazione considerata, è stato riportato come Coefficiente di Sicurezza a Ribaltamento.

VERIFICHE A RIBALTAMENTO

VERIFICHE A RIBALTAMENTO				
Approccio	Stato limite	CS	Mrblt [Nm]	Mstbl [Nm]
Sezione...				
Sez. calcolo n.1 - Dis: 0.00				
Approccio 1, Combinazione 1	Stato Limite di Equilibrio	5,31	-19.032	-101.138
Sez. calcolo n.2 - Dis: 2.19				
Approccio 1, Combinazione 1	Stato Limite di Equilibrio	NS	0	0

LEGENDA Verifiche a ribaltamento

Approccio	Tipo di Approccio seguito.
Stato limite	Tipo di Stato Limite.
CS	Coefficiente di sicurezza.
Mrblt	Momento ribaltante di Progetto [Nm].
Mstbl	Momento Stabilizzante [Nm].



8.2. VERIFICA A SCORRIMENTO

Nella verifica a scorrimento sono state prese in considerazione tutte le forze agenti che innescano un meccanismo di traslazione lungo il piano di posa della fondazione per superamento dei limiti di attrito e coesione, tenendo conto dell'inclinazione del piano di posa e dell'eventuale presenza di speroni.

La **Forza Agente** è la spinta con i suoi incrementi sismici ed eventuali forze esterne che agiscono nello stesso verso.

La **Forza Resistente** è rappresentata dall'attrito e dalla coesione agente sulla fondazione, dalla presenza di tiranti e di pali, da particolari costruttivi quali gli speroni che servono ad aumentare la resistenza allo scorrimento oltre ad eventuali forze esterne che agiscono nello stesso verso.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto Forza Resistente/Forza Agente. Tale valore è stato calcolato per tutte le combinazioni di carico previste dall'approccio adottato e il rapporto più gravoso, in relazione al corrispondente coefficiente R, dipendente dall'approccio e dalla combinazione considerata, è stato riportato come Coefficiente di Sicurezza a Scorrimento.

VERIFICHE A SCORRIMENTO

VERIFICHE A SCORRIMENTO					
Approc	Stato limite	Sisma	CS	FrzP [N]	FrzR [N]
Sezione...					
Verifica 1					
Approccio 1, Combinazione 2	Stato Limite di Resistenza del Terreno	NO	2,42	50.619	122.309
Verifica 2					
Approccio 1, Combinazione 2	Stato Limite di Resistenza del Terreno	NO	2,42	38.938	94.084
Verifica 3					
Approccio 1, Combinazione 2	Stato Limite di Resistenza del Terreno	SI	1,79	55.056	98.605
Verifica 4					
Approccio 1, Combinazione 2	Stato Limite di Resistenza del Terreno	SI	1,73	53.996	93.492
Verifica 5					
Approccio 1, Combinazione 2	Stato Limite di Resistenza del Terreno	NO	1,45	52.672	76.165
Verifica 6					
Approccio 1, Combinazione 2	Stato Limite di Resistenza del Terreno	NO	1,45	52.672	76.165
Verifica 7					
Approccio 1, Combinazione 2	Stato Limite di Resistenza del Terreno	SI	1,06	76.194	80.615
Verifica 8					
Approccio 1, Combinazione 2	Stato Limite di Resistenza del Terreno	SI	1,02	74.914	76.519

LEGENDA Verifiche a scorrimento

Approc	Tipo di Approccio seguito.
Stato limite	Tipo di Stato Limite.
Sisma	Sisma agente nella Combinazione.
CS	Coefficiente di sicurezza.



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

VERIFICHE A SCORRIMENTO					
Approc	Stato limite	Sisma	CS	FrzP [N]	FrzR [N]
FrzP	Forza di scorrimento di Progetto [N].				
FrzR	Forza Resistente a scorrimento [N].				

8.3. VERIFICA A CARICO LIMITE

È stato calcolato il carico limite secondo la metodologia dovuta al **Terzaghi**, considerando la profondità d'interramento della fondazione, la stratigrafia degli strati sotto la fondazione, l'eventuale presenza della falda idrica, l'inclinazione del piano di posa della fondazione, l'inclinazione e l'eccentricità dei carichi esterni.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto Carico Limite / Carichi Agenti. Tale valore è stato calcolato per tutte le combinazioni di carico previste dall'approccio adottato e il rapporto più gravoso, in relazione al corrispondente coefficiente R, dipendente dall'approccio e dalla combinazione considerata, è stato riportato come Coefficiente di Sicurezza a Carico Limite.

VERIFICHE A CARICO LIMITE

VERIFICHE A CARICO LIMITE					
Approc	Stato limite	Sisma	CS	QMedP [N/mm ²]	QLim [N/mm ²]
Sezione...					
Verifica 1					
Approccio 1, Combinazione 1	Stato Limite di Resistenza della Struttura	NO	4,45	0,08	0,36
Verifica 2					
Approccio 1, Combinazione 1	Stato Limite di Resistenza della Struttura	NO	5,79	0,06	0,36
Verifica 3					
Approccio 1, Combinazione 1	Stato Limite di Resistenza della Struttura	SI	3,68	0,06	0,24
Verifica 4					
Approccio 1, Combinazione 1	Stato Limite di Resistenza della Struttura	SI	3,82	0,06	0,23
Verifica 5					
Approccio 1, Combinazione 2	Stato Limite di Resistenza del Terreno	NO	2,06	0,06	0,13
Verifica 6					
Approccio 1, Combinazione 2	Stato Limite di Resistenza del Terreno	NO	2,06	0,06	0,13
Verifica 7					
Approccio 1, Combinazione 2	Stato Limite di Resistenza del Terreno	SI	1,04	0,07	0,07
Verifica 8					
Approccio 1, Combinazione 2	Stato Limite di Resistenza del Terreno	SI	1,03	0,06	0,06

LEGENDA Verifiche a Carico Limite

Approc	Tipo di Approccio seguito.
Stato limite	Tipo di Stato Limite.
Sisma	Sisma agente nella Combinazione.
CS	Coefficiente di sicurezza.
QMedP	Tensione media di Progetto [N/mm ²].
QLim	Carico Limite [N/mm ²].

8.4. VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE

Per la verifica di stabilità globale è stato assimilato tutto il complesso muro-terreno ad un

R.T.P: Ing. Laura Alfano – Ing. Fabio Mastellone di Castelvetere– Ing. Elena Comentale – Ing. Vincenzo Della Vista – Geol. Giuseppe De Luca pec: laura.alfano@ordingna.it



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

pendio. Esso deve essere al sicuro da fenomeni d'instabilità che in genere si sviluppano su superfici di scorrimento assimilabili a circonferenze.

Sono state ipotizzate varie superfici di scorrimento in modo da interessare tutta la parte di terreno potenzialmente soggetta ad instabilità. Sono state escluse le superfici che intercettano il muro, i pali e i tiranti. Per ognuna di esse sono state calcolate le forze motrici e le forze resistenti.

Il calcolo è stato effettuato secondo i metodi classici di **Fellenius** o di **Bishop**, suddividendo il complesso terreno-muro incluso nel cerchio in esame in settori verticali sufficientemente piccoli, e calcolando le forze resistenti per attrito e coesione alla base, che si oppongono alla forza di scorrimento del settore.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto fra le forze resistenti e quelle motrici. Tale valore è stato calcolato per tutte le combinazioni di carico previste dall'approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2) e il rapporto più gravoso, in relazione al corrispondente coefficiente R2, è stato riportato come Coefficiente di Sicurezza per Stabilità Globale. Per la consultazione delle tabelle si rimanda al **TABULATI DI CALCOLO**

VERIFICHE DI STABILITA'

VERIFICHE DI STABILITA'									
Bishop					Fellenius				
CS	FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio	CS	FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
Sezione...									
Verifica 1									
Approccio 1, Combinazione 2					senza sisma				
1,9	63.606	121.359	X: 0,30; Y: 3,00	4,58	1,77	63.606	112.466	X: 0,30; Y: 3,00	4,58
1									
2,8	227.060	651.985	X: 0,30; Y: 3,00	8,58	2,52	227.060	572.250	X: 0,30; Y: 3,00	8,58
7									
2,1	61.833	129.705	X: -0,20; Y: 3,00	4,80	1,93	61.833	119.505	X: -0,20; Y: 3,00	4,80
0									
3,1	213.627	674.261	X: -0,20; Y: 3,00	8,80	2,76	213.627	590.115	X: -0,20; Y: 3,00	8,80
6									
2,1	66.316	142.480	X: -0,70; Y: 3,00	5,07	1,97	66.316	130.902	X: -0,70; Y: 3,00	5,07
5									
3,1	226.585	714.405	X: -0,70; Y: 3,00	9,07	2,76	226.585	624.259	X: -0,70; Y: 3,00	9,07
5									
2,3	69.222	160.472	X: -1,20; Y: 3,00	5,36	2,11	69.222	146.270	X: -1,20; Y: 3,00	5,36
2									
3,3	226.185	758.541	X: -1,20; Y: 3,00	9,36	2,92	226.185	661.075	X: -1,20; Y: 3,00	9,36
5									
2,4	74.248	184.397	X: -1,70; Y: 3,00	5,69	2,25	74.248	166.955	X: -1,70; Y: 3,00	5,69
8									
3,6	220.708	810.541	X: -1,70; Y: 3,00	9,69	3,19	220.708	704.605	X: -1,70; Y: 3,00	9,69
7									
3,1	68.901	213.720	X: -2,20; Y: 3,00	6,04	2,79	68.901	192.186	X: -2,20; Y: 3,00	6,04
0									
3,8	229.506	874.915	X: -2,20; Y: 3,00	10,04	3,30	229.506	758.408	X: -2,20; Y: 3,00	10,04
1									
3,4	72.643	247.753	X: -2,70; Y: 3,00	6,41	3,05	72.643	221.666	X: -2,70; Y: 3,00	6,41
1									
4,1	225.971	938.484	X: -2,70; Y: 3,00	10,41	3,60	225.971	813.094	X: -2,70; Y: 3,00	10,41
5									
3,9	72.202	286.746	X: -3,20; Y: 3,00	6,80	3,53	72.202	255.115	X: -3,20; Y: 3,00	6,80
7									
4,3	232.986	1.016.657	X: -3,20; Y: 3,00	10,80	3,77	232.986	878.808	X: -3,20; Y: 3,00	10,80
6									
4,4	74.995	333.082	X: -3,70; Y: 3,00	7,20	3,93	74.995	294.940	X: -3,70; Y: 3,00	7,20
4									
4,8	224.563	1.096.335	X: -3,70; Y: 3,00	11,20	4,22	224.563	946.775	X: -3,70; Y: 3,00	11,20
8									
4,9	77.350	382.905	X: -4,20; Y: 3,00	7,61	4,37	77.350	338.083	X: -4,20; Y: 3,00	7,61
5									
5,1	230.572	1.184.750	X: -4,20; Y: 3,00	11,61	4,43	230.572	1.022.530	X: -4,20; Y: 3,00	11,61
4									



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

VERIFICHE DI STABILITA'									
CS	Bishop				CS	Fellenius			
	FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio		FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
1,8 4	69.909	128.561	X: 0,30; Y: 3,50	5,04	1,71	69.909	119.711	X: 0,30; Y: 3,50	5,04
2,7 5	245.178	673.203	X: 0,30; Y: 3,50	9,04	2,42	245.178	593.889	X: 0,30; Y: 3,50	9,04
1,7 9	74.971	134.304	X: -0,20; Y: 3,50	5,25	1,67	74.971	125.541	X: -0,20; Y: 3,50	5,25
2,8 6	243.278	696.649	X: -0,20; Y: 3,50	9,25	2,52	243.278	613.454	X: -0,20; Y: 3,50	9,25
2,0 4	71.853	146.825	X: -0,70; Y: 3,50	5,49	1,89	71.853	135.800	X: -0,70; Y: 3,50	5,49
2,9 9	243.992	729.526	X: -0,70; Y: 3,50	9,49	2,63	243.992	640.601	X: -0,70; Y: 3,50	9,49
2,1 8	74.570	162.261	X: -1,20; Y: 3,50	5,76	2,00	74.570	149.360	X: -1,20; Y: 3,50	5,76
3,2 1	239.772	770.561	X: -1,20; Y: 3,50	9,76	2,81	239.772	674.597	X: -1,20; Y: 3,50	9,76
2,4 1	76.166	183.583	X: -1,70; Y: 3,50	6,07	2,20	76.166	167.511	X: -1,70; Y: 3,50	6,07
3,4 2	238.368	816.359	X: -1,70; Y: 3,50	10,07	2,99	238.368	713.735	X: -1,70; Y: 3,50	10,07
2,6 3	79.961	210.417	X: -2,20; Y: 3,50	6,40	2,39	79.961	190.787	X: -2,20; Y: 3,50	6,40
3,6 1	242.667	876.841	X: -2,20; Y: 3,50	10,40	3,15	242.667	764.434	X: -2,20; Y: 3,50	10,40
3,2 5	74.578	242.683	X: -2,70; Y: 3,50	6,75	2,93	74.578	218.755	X: -2,70; Y: 3,50	6,75
3,9 2	239.755	939.278	X: -2,70; Y: 3,50	10,75	3,41	239.755	817.237	X: -2,70; Y: 3,50	10,75
3,6 3	77.535	281.095	X: -3,20; Y: 3,50	7,11	3,25	77.535	251.935	X: -3,20; Y: 3,50	7,11
4,1 2	246.146	1.013.135	X: -3,20; Y: 3,50	11,11	3,57	246.146	879.418	X: -3,20; Y: 3,50	11,11
4,0 4	79.932	322.987	X: -3,70; Y: 3,50	7,50	3,61	79.932	288.343	X: -3,70; Y: 3,50	7,50
4,4 9	241.969	1.086.265	X: -3,70; Y: 3,50	11,50	3,90	241.969	942.526	X: -3,70; Y: 3,50	11,50
4,6 9	79.033	370.423	X: -4,20; Y: 3,50	7,89	4,17	79.033	329.358	X: -4,20; Y: 3,50	7,89
4,7 4	247.348	1.173.383	X: -4,20; Y: 3,50	11,89	4,11	247.348	1.016.249	X: -4,20; Y: 3,50	11,89
1,7 7	76.303	135.404	X: 0,30; Y: 4,00	5,51	1,66	76.303	126.855	X: 0,30; Y: 4,00	5,51
2,5 9	269.695	698.574	X: 0,30; Y: 4,00	9,51	2,30	269.695	619.394	X: 0,30; Y: 4,00	9,51
1,7 4	80.497	140.447	X: -0,20; Y: 4,00	5,70	1,64	80.497	131.973	X: -0,20; Y: 4,00	5,70
2,6 6	270.555	720.324	X: -0,20; Y: 4,00	9,70	2,35	270.555	636.985	X: -0,20; Y: 4,00	9,70
1,7 9	83.542	149.616	X: -0,70; Y: 4,00	5,92	1,68	83.542	140.233	X: -0,70; Y: 4,00	5,92
2,9 0	257.683	746.408	X: -0,70; Y: 4,00	9,92	2,55	257.683	658.289	X: -0,70; Y: 4,00	9,92
2,0 8	79.667	165.517	X: -1,20; Y: 4,00	6,18	1,93	79.667	153.412	X: -1,20; Y: 4,00	6,18
2,9 5	265.945	785.736	X: -1,20; Y: 4,00	10,18	2,60	265.945	691.591	X: -1,20; Y: 4,00	10,18
2,2 8	81.199	185.213	X: -1,70; Y: 4,00	6,46	2,10	81.199	170.301	X: -1,70; Y: 4,00	6,46
3,1 8	260.993	831.064	X: -1,70; Y: 4,00	10,46	2,79	260.993	729.473	X: -1,70; Y: 4,00	10,46
2,4 9	84.428	209.999	X: -2,20; Y: 4,00	6,77	2,27	84.428	191.875	X: -2,20; Y: 4,00	6,77
3,4 1	259.017	883.191	X: -2,20; Y: 4,00	10,77	2,99	259.017	773.375	X: -2,20; Y: 4,00	10,77
2,8 3	84.797	239.771	X: -2,70; Y: 4,00	7,10	2,56	84.797	217.408	X: -2,70; Y: 4,00	7,10
3,6 7	256.309	939.565	X: -2,70; Y: 4,00	11,10	3,21	256.309	821.808	X: -2,70; Y: 4,00	11,10
3,3 5	82.092	274.906	X: -3,20; Y: 4,00	7,45	3,03	82.092	248.399	X: -3,20; Y: 4,00	7,45
3,9	258.605	1.009.632	X: -3,20; Y: 4,00	11,45	3,41	258.605	881.025	X: -3,20; Y: 4,00	11,45



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

					VERIFICHE DI STABILITA'				
CS	Bishop				CS	Fellenius			
	FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio		FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
0									
3,8	81.832	314.801	X: -3,70; Y: 4,00	7,82	3,46	81.832	282.989	X: -3,70; Y: 4,00	7,82
5									
4,2	255.089	1.082.144	X: -3,70; Y: 4,00	11,82	3,70	255.089	942.749	X: -3,70; Y: 4,00	11,82
4									
4,3	83.808	361.273	X: -4,20; Y: 4,00	8,20	3,86	83.808	323.326	X: -4,20; Y: 4,00	8,20
1									
4,4	259.862	1.165.133	X: -4,20; Y: 4,00	12,20	3,90	259.862	1.013.072	X: -4,20; Y: 4,00	12,20
8									
1,5	88.948	141.554	X: 0,30; Y: 4,50	5,98	1,51	88.948	134.627	X: 0,30; Y: 4,50	5,98
9									
2,5	287.815	721.003	X: 0,30; Y: 4,50	9,98	2,23	287.815	642.346	X: 0,30; Y: 4,50	9,98
1									
1,7	86.074	146.785	X: -0,20; Y: 4,50	6,16	1,61	86.074	138.595	X: -0,20; Y: 4,50	6,16
1									
2,6	284.330	740.865	X: -0,20; Y: 4,50	10,16	2,31	284.330	658.027	X: -0,20; Y: 4,50	10,16
1									
1,7	88.531	154.727	X: -0,70; Y: 4,50	6,36	1,65	88.531	145.839	X: -0,70; Y: 4,50	6,36
5									
2,7	283.658	765.814	X: -0,70; Y: 4,50	10,36	2,39	283.658	679.190	X: -0,70; Y: 4,50	10,36
0									
1,8	90.237	168.207	X: -1,20; Y: 4,50	6,60	1,74	90.237	157.355	X: -1,20; Y: 4,50	6,60
6									
2,8	278.897	800.718	X: -1,20; Y: 4,50	10,60	2,54	278.897	707.953	X: -1,20; Y: 4,50	10,60
7									
2,1	85.953	186.310	X: -1,70; Y: 4,50	6,87	2,01	85.953	172.759	X: -1,70; Y: 4,50	6,87
7									
3,0	277.195	842.534	X: -1,70; Y: 4,50	10,87	2,68	277.195	742.922	X: -1,70; Y: 4,50	10,87
4									
2,3	88.589	210.256	X: -2,20; Y: 4,50	7,16	2,18	88.589	193.462	X: -2,20; Y: 4,50	7,16
7									
3,2	271.709	889.291	X: -2,20; Y: 4,50	11,16	2,88	271.709	782.988	X: -2,20; Y: 4,50	11,16
7									
2,6	89.087	236.910	X: -2,70; Y: 4,50	7,48	2,43	89.087	216.634	X: -2,70; Y: 4,50	7,48
6									
3,4	276.398	948.189	X: -2,70; Y: 4,50	11,48	3,01	276.398	832.474	X: -2,70; Y: 4,50	11,48
3									
2,9	90.826	270.663	X: -3,20; Y: 4,50	7,81	2,71	90.826	245.833	X: -3,20; Y: 4,50	7,81
8									
3,6	273.826	1.010.976	X: -3,20; Y: 4,50	11,81	3,23	273.826	885.799	X: -3,20; Y: 4,50	11,81
9									
3,4	90.740	308.720	X: -3,70; Y: 4,50	8,16	3,07	90.740	278.825	X: -3,70; Y: 4,50	8,16
0									
4,0	267.567	1.080.446	X: -3,70; Y: 4,50	12,16	3,53	267.567	945.095	X: -3,70; Y: 4,50	12,16
4									
4,0	87.772	351.460	X: -4,20; Y: 4,50	8,53	3,61	87.772	316.788	X: -4,20; Y: 4,50	8,53
0									
4,2	271.596	1.156.542	X: -4,20; Y: 4,50	12,53	3,72	271.596	1.010.508	X: -4,20; Y: 4,50	12,53
6									
1,5	95.018	149.142	X: 0,30; Y: 5,00	6,46	1,50	95.018	142.358	X: 0,30; Y: 5,00	6,46
7									
2,4	310.581	747.755	X: 0,30; Y: 5,00	10,46	2,15	310.581	668.546	X: 0,30; Y: 5,00	10,46
1									
1,5	97.308	151.445	X: -0,20; Y: 5,00	6,62	1,49	97.308	144.891	X: -0,20; Y: 5,00	6,62
6									
2,5	301.963	759.551	X: -0,20; Y: 5,00	10,62	2,25	301.963	678.515	X: -0,20; Y: 5,00	10,62
2									
1,7	93.543	160.094	X: -0,70; Y: 5,00	6,82	1,62	93.543	151.655	X: -0,70; Y: 5,00	6,82
1									
2,6	297.221	784.575	X: -0,70; Y: 5,00	10,82	2,35	297.221	698.722	X: -0,70; Y: 5,00	10,82
4									
1,8	94.830	171.303	X: -1,20; Y: 5,00	7,04	1,70	94.830	161.455	X: -1,20; Y: 5,00	7,04
1									
2,7	295.432	816.405	X: -1,20; Y: 5,00	11,04	2,45	295.432	725.075	X: -1,20; Y: 5,00	11,04
6									
1,9	95.625	188.113	X: -1,70; Y: 5,00	7,29	1,84	95.625	175.779	X: -1,70; Y: 5,00	7,29
7									
2,9	290.017	853.365	X: -1,70; Y: 5,00	11,29	2,61	290.017	756.532	X: -1,70; Y: 5,00	11,29
4									
2,2	91.138	209.144	X: -2,20; Y: 5,00	7,57	2,13	91.138	193.886	X: -2,20; Y: 5,00	7,57
9									



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

VERIFICHE DI STABILITA'									
Bishop					Fellenius				
CS	FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio	CS	FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
3,1 3	287.577	899.235	X: -2,20; Y: 5,00	11,57	2,76	287.577	795.107	X: -2,20; Y: 5,00	11,57
2,5 4	93.055	236.194	X: -2,70; Y: 5,00	7,86	2,34	93.055	217.387	X: -2,70; Y: 5,00	7,86
3,3 1	288.240	955.085	X: -2,70; Y: 5,00	11,86	2,92	288.240	842.119	X: -2,70; Y: 5,00	11,86
2,8 7	93.091	267.253	X: -3,20; Y: 5,00	8,18	2,62	93.091	244.327	X: -3,20; Y: 5,00	8,18
3,5 4	285.633	1.011.876	X: -3,20; Y: 5,00	12,18	3,12	285.633	891.132	X: -3,20; Y: 5,00	12,18
3,2 0	94.430	302.469	X: -3,70; Y: 5,00	8,52	2,91	94.430	275.189	X: -3,70; Y: 5,00	8,52
3,8 1	282.549	1.077.841	X: -3,70; Y: 5,00	12,52	3,35	282.549	947.331	X: -3,70; Y: 5,00	12,52
3,6 5	94.026	343.427	X: -4,20; Y: 5,00	8,87	3,31	94.026	310.908	X: -4,20; Y: 5,00	8,87
4,0 4	285.739	1.153.155	X: -4,20; Y: 5,00	12,87	3,54	285.739	1.011.340	X: -4,20; Y: 5,00	12,87
1,5 5	101.185	156.796	X: 0,30; Y: 5,50	6,94	1,48	101.185	150.182	X: 0,30; Y: 5,50	6,94
2,3 4	328.831	768.888	X: 0,30; Y: 5,50	10,94	2,10	328.831	691.308	X: 0,30; Y: 5,50	10,94
1,5 4	102.692	158.175	X: -0,20; Y: 5,50	7,09	1,48	102.692	151.883	X: -0,20; Y: 5,50	7,09
2,4 3	323.288	784.218	X: -0,20; Y: 5,50	11,09	2,17	323.288	703.055	X: -0,20; Y: 5,50	11,09
1,6 8	98.616	165.674	X: -0,70; Y: 5,50	7,27	1,60	98.616	157.652	X: -0,70; Y: 5,50	7,27
2,5 1	320.629	806.238	X: -0,70; Y: 5,50	11,27	2,25	320.629	720.909	X: -0,70; Y: 5,50	11,27
1,7 7	99.416	175.713	X: -1,20; Y: 5,50	7,48	1,67	99.416	166.465	X: -1,20; Y: 5,50	7,48
2,6 5	314.583	833.549	X: -1,20; Y: 5,50	11,48	2,36	314.583	743.873	X: -1,20; Y: 5,50	11,48
1,9 1	99.903	191.179	X: -1,70; Y: 5,50	7,72	1,80	99.903	179.686	X: -1,70; Y: 5,50	7,72
2,7 9	311.760	869.785	X: -1,70; Y: 5,50	11,72	2,48	311.760	774.085	X: -1,70; Y: 5,50	11,72
2,2 1	95.462	210.829	X: -2,20; Y: 5,50	7,98	2,06	95.462	196.587	X: -2,20; Y: 5,50	7,98
2,9 9	305.912	913.310	X: -2,20; Y: 5,50	11,98	2,65	305.912	810.599	X: -2,20; Y: 5,50	11,98
2,4 4	96.829	236.090	X: -2,70; Y: 5,50	8,26	2,26	96.829	218.589	X: -2,70; Y: 5,50	8,26
3,1 7	303.177	960.616	X: -2,70; Y: 5,50	12,26	2,81	303.177	851.312	X: -2,70; Y: 5,50	12,26
2,7 3	96.884	264.055	X: -3,20; Y: 5,50	8,57	2,51	96.884	243.102	X: -3,20; Y: 5,50	8,57
3,4 2	297.334	1.017.426	X: -3,20; Y: 5,50	12,57	3,03	297.334	899.627	X: -3,20; Y: 5,50	12,57
3,0 9	96.578	298.108	X: -3,70; Y: 5,50	8,89	2,82	96.578	272.831	X: -3,70; Y: 5,50	8,89
3,6 2	299.273	1.082.467	X: -3,70; Y: 5,50	12,89	3,19	299.273	954.818	X: -3,70; Y: 5,50	12,89
3,4 4	97.610	336.124	X: -4,20; Y: 5,50	9,22	3,14	97.610	306.305	X: -4,20; Y: 5,50	9,22
3,8 7	296.682	1.149.090	X: -4,20; Y: 5,50	13,22	3,41	296.682	1.012.545	X: -4,20; Y: 5,50	13,22
1,4 5	112.431	162.777	X: 0,30; Y: 6,00	7,43	1,40	112.431	157.818	X: 0,30; Y: 6,00	7,43
2,2 7	350.064	795.171	X: 0,30; Y: 6,00	11,43	2,05	350.064	717.275	X: 0,30; Y: 6,00	11,43
1,5 3	108.168	165.023	X: -0,20; Y: 6,00	7,57	1,47	108.168	158.993	X: -0,20; Y: 6,00	7,57
2,3 6	340.930	805.736	X: -0,20; Y: 6,00	11,57	2,13	340.930	725.378	X: -0,20; Y: 6,00	11,57
1,5 6	108.536	169.642	X: -0,70; Y: 6,00	7,74	1,50	108.536	163.098	X: -0,70; Y: 6,00	7,74
2,4 6	334.465	824.024	X: -0,70; Y: 6,00	11,74	2,21	334.465	740.451	X: -0,70; Y: 6,00	11,74
1,7	104.033	180.389	X: -1,20; Y: 6,00	7,93	1,65	104.033	171.683	X: -1,20; Y: 6,00	7,93



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

					VERIFICHE DI STABILITA'				
CS	Bishop				CS	Fellenius			
	FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio		FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
3									
2,5	330.991	850.935	X: -1,20; Y: 6,00	11,93	2,30	330.991	762.575	X: -1,20; Y: 6,00	11,93
7									
1,8	104.153	193.546	X: -1,70; Y: 6,00	8,16	1,76	104.153	183.095	X: -1,70; Y: 6,00	8,16
6									
2,7	324.531	885.067	X: -1,70; Y: 6,00	12,16	2,44	324.531	790.838	X: -1,70; Y: 6,00	12,16
3									
2,0	104.083	212.203	X: -2,20; Y: 6,00	8,40	1,91	104.083	199.118	X: -2,20; Y: 6,00	8,40
4									
2,8	321.227	923.075	X: -2,20; Y: 6,00	12,40	2,56	321.227	823.409	X: -2,20; Y: 6,00	12,40
7									
2,3	99.573	234.719	X: -2,70; Y: 6,00	8,67	2,20	99.573	218.705	X: -2,70; Y: 6,00	8,67
6									
3,0	315.074	970.553	X: -2,70; Y: 6,00	12,67	2,74	315.074	863.523	X: -2,70; Y: 6,00	12,67
8									
2,6	100.475	263.018	X: -3,20; Y: 6,00	8,96	2,42	100.475	243.488	X: -3,20; Y: 6,00	8,96
2									
3,2	311.894	1.024.192	X: -3,20; Y: 6,00	12,96	2,91	311.894	909.111	X: -3,20; Y: 6,00	12,96
8									
2,9	100.220	293.831	X: -3,70; Y: 6,00	9,27	2,70	100.220	270.622	X: -3,70; Y: 6,00	9,27
3									
3,4	312.979	1.083.182	X: -3,70; Y: 6,00	13,27	3,07	312.979	959.886	X: -3,70; Y: 6,00	13,27
6									
3,2	100.854	331.518	X: -4,20; Y: 6,00	9,59	3,01	100.854	303.755	X: -4,20; Y: 6,00	9,59
9									
3,7	307.457	1.150.070	X: -4,20; Y: 6,00	13,59	3,31	307.457	1.017.269	X: -4,20; Y: 6,00	13,59
4									
1,4	119.600	171.197	X: 0,30; Y: 6,50	7,91	1,39	119.600	166.469	X: 0,30; Y: 6,50	7,91
3									
2,2	368.459	818.613	X: 0,30; Y: 6,50	11,91	2,01	368.459	741.403	X: 0,30; Y: 6,50	11,91
2									
1,5	113.743	171.978	X: -0,20; Y: 6,50	8,04	1,46	113.743	166.207	X: -0,20; Y: 6,50	8,04
1									
2,3	360.673	827.955	X: -0,20; Y: 6,50	12,04	2,08	360.673	748.610	X: -0,20; Y: 6,50	12,04
0									
1,5	113.493	175.666	X: -0,70; Y: 6,50	8,20	1,49	113.493	169.485	X: -0,70; Y: 6,50	8,20
5									
2,4	351.486	844.015	X: -0,70; Y: 6,50	12,20	2,17	351.486	761.410	X: -0,70; Y: 6,50	12,20
0									
1,6	113.111	184.415	X: -1,20; Y: 6,50	8,39	1,56	113.111	176.821	X: -1,20; Y: 6,50	8,39
3									
2,5	344.410	869.256	X: -1,20; Y: 6,50	12,39	2,27	344.410	781.883	X: -1,20; Y: 6,50	12,39
2									
1,8	108.416	197.331	X: -1,70; Y: 6,50	8,60	1,73	108.416	187.536	X: -1,70; Y: 6,50	8,60
2									
2,6	337.461	898.698	X: -1,70; Y: 6,50	12,60	2,39	337.461	806.808	X: -1,70; Y: 6,50	12,60
6									
1,9	108.060	213.511	X: -2,20; Y: 6,50	8,84	1,87	108.060	201.575	X: -2,20; Y: 6,50	8,84
8									
2,8	333.619	936.748	X: -2,20; Y: 6,50	12,84	2,51	333.619	838.774	X: -2,20; Y: 6,50	12,84
1									
2,1	107.598	235.264	X: -2,70; Y: 6,50	9,09	2,05	107.598	220.397	X: -2,70; Y: 6,50	9,09
9									
2,9	329.914	981.309	X: -2,70; Y: 6,50	13,09	2,66	329.914	876.437	X: -2,70; Y: 6,50	13,09
7									
2,5	103.962	261.081	X: -3,20; Y: 6,50	9,37	2,34	103.962	243.123	X: -3,20; Y: 6,50	9,37
1									
3,1	323.546	1.029.821	X: -3,20; Y: 6,50	13,37	2,84	323.546	918.312	X: -3,20; Y: 6,50	13,37
8									
2,8	103.646	291.882	X: -3,70; Y: 6,50	9,66	2,61	103.646	270.204	X: -3,70; Y: 6,50	9,66
2									
3,3	323.898	1.088.710	X: -3,70; Y: 6,50	13,66	2,99	323.898	968.435	X: -3,70; Y: 6,50	13,66
6									
3,1	103.160	327.266	X: -4,20; Y: 6,50	9,97	2,92	103.160	301.383	X: -4,20; Y: 6,50	9,97
7									
3,5	320.845	1.152.442	X: -4,20; Y: 6,50	13,97	3,19	320.845	1.023.024	X: -4,20; Y: 6,50	13,97
9									
1,4	125.638	179.069	X: 0,30; Y: 7,00	8,40	1,39	125.638	174.528	X: 0,30; Y: 7,00	8,40
3									
2,1	388.343	844.318	X: 0,30; Y: 7,00	12,40	1,98	388.343	767.008	X: 0,30; Y: 7,00	12,40
7									



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

VERIFICHE DI STABILITA'									
Bishop					Fellenius				
CS	FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio	CS	FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
1,4 3	123.759	177.316	X: -0,20; Y: 7,00	8,52	1,40	123.759	172.998	X: -0,20; Y: 7,00	8,52
2,2 5	378.422	850.059	X: -0,20; Y: 7,00	12,52	2,04	378.422	771.515	X: -0,20; Y: 7,00	12,52
1,5 3	118.538	181.842	X: -0,70; Y: 7,00	8,67	1,48	118.538	176.002	X: -0,70; Y: 7,00	8,67
2,3 4	369.959	866.527	X: -0,70; Y: 7,00	12,67	2,12	369.959	784.254	X: -0,70; Y: 7,00	12,67
1,6 0	117.652	188.650	X: -1,20; Y: 7,00	8,85	1,55	117.652	181.785	X: -1,20; Y: 7,00	8,85
2,4 5	361.650	887.195	X: -1,20; Y: 7,00	12,85	2,22	361.650	801.412	X: -1,20; Y: 7,00	12,85
1,7 9	112.727	201.389	X: -1,70; Y: 7,00	9,05	1,70	112.727	192.192	X: -1,70; Y: 7,00	9,05
2,5 9	353.378	915.089	X: -1,70; Y: 7,00	13,05	2,33	353.378	824.605	X: -1,70; Y: 7,00	13,05
1,9 3	112.030	216.420	X: -2,20; Y: 7,00	9,27	1,83	112.030	205.247	X: -2,20; Y: 7,00	9,27
2,7 5	346.155	951.221	X: -2,20; Y: 7,00	13,27	2,47	346.155	854.799	X: -2,20; Y: 7,00	13,27
2,1 3	111.340	236.879	X: -2,70; Y: 7,00	9,52	2,00	111.340	222.977	X: -2,70; Y: 7,00	9,52
2,9 0	341.972	990.723	X: -2,70; Y: 7,00	13,52	2,60	341.972	888.797	X: -2,70; Y: 7,00	13,52
2,3 5	110.605	260.321	X: -3,20; Y: 7,00	9,78	2,20	110.605	243.531	X: -3,20; Y: 7,00	9,78
3,0 5	341.080	1.040.459	X: -3,20; Y: 7,00	13,78	2,73	341.080	930.965	X: -3,20; Y: 7,00	13,78
2,7 2	106.959	290.508	X: -3,70; Y: 7,00	10,07	2,53	106.959	270.203	X: -3,70; Y: 7,00	10,07
3,2 7	334.903	1.095.566	X: -3,70; Y: 7,00	14,07	2,92	334.903	978.073	X: -3,70; Y: 7,00	14,07
3,0 3	106.440	322.674	X: -4,20; Y: 7,00	10,36	2,81	106.440	298.743	X: -4,20; Y: 7,00	10,36
3,4 8	331.533	1.153.548	X: -4,20; Y: 7,00	14,36	3,10	331.533	1.028.413	X: -4,20; Y: 7,00	14,36
1,4 2	131.790	186.989	X: 0,30; Y: 7,50	8,89	1,39	131.790	182.652	X: 0,30; Y: 7,50	8,89
2,1 3	406.890	866.004	X: 0,30; Y: 7,50	12,89	1,94	406.890	790.336	X: 0,30; Y: 7,50	12,89
1,4 3	129.312	184.535	X: -0,20; Y: 7,50	9,00	1,40	129.312	180.457	X: -0,20; Y: 7,50	9,00
2,2 0	396.755	874.044	X: -0,20; Y: 7,50	13,00	2,01	396.755	795.651	X: -0,20; Y: 7,50	13,00
1,5 2	123.683	188.153	X: -0,70; Y: 7,50	9,15	1,48	123.683	182.641	X: -0,70; Y: 7,50	9,15
2,3 1	384.286	887.569	X: -0,70; Y: 7,50	13,15	2,10	384.286	805.918	X: -0,70; Y: 7,50	13,15
1,5 9	122.279	194.025	X: -1,20; Y: 7,50	9,31	1,53	122.279	187.590	X: -1,20; Y: 7,50	9,31
2,4 0	378.247	906.152	X: -1,20; Y: 7,50	13,31	2,17	378.247	821.508	X: -1,20; Y: 7,50	13,31
1,6 9	120.983	203.859	X: -1,70; Y: 7,50	9,51	1,62	120.983	195.932	X: -1,70; Y: 7,50	9,51
2,5 3	369.762	933.715	X: -1,70; Y: 7,50	13,51	2,28	369.762	844.108	X: -1,70; Y: 7,50	13,51
1,8 9	116.030	219.620	X: -2,20; Y: 7,50	9,72	1,80	116.030	209.137	X: -2,20; Y: 7,50	9,72
2,6 5	364.481	964.717	X: -2,20; Y: 7,50	13,72	2,39	364.481	870.618	X: -2,20; Y: 7,50	13,72
2,0 6	115.065	237.595	X: -2,70; Y: 7,50	9,95	1,95	115.065	224.828	X: -2,70; Y: 7,50	9,95
2,8 2	356.980	1.004.904	X: -2,70; Y: 7,50	13,95	2,53	356.980	904.486	X: -2,70; Y: 7,50	13,95
2,2 9	114.140	261.065	X: -3,20; Y: 7,50	10,21	2,15	114.140	245.334	X: -3,20; Y: 7,50	10,21
2,9 8	352.610	1.051.009	X: -3,20; Y: 7,50	14,21	2,68	352.610	943.700	X: -3,20; Y: 7,50	14,21
2,5 4	113.215	287.350	X: -3,70; Y: 7,50	10,48	2,37	113.215	268.521	X: -3,70; Y: 7,50	10,48
3,1	348.564	1.100.425	X: -3,70; Y: 7,50	14,48	2,83	348.564	986.505	X: -3,70; Y: 7,50	14,48



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

VERIFICHE DI STABILITA'									
Bishop					Fellenius				
CS	FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio	CS	FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
6									
2,9	109.596	320.423	X: -4,20; Y: 7,50	10,76	2,72	109.596	297.963	X: -4,20; Y: 7,50	10,76
2									
3,3	342.255	1.159.066	X: -4,20; Y: 7,50	14,76	3,03	342.255	1.036.886	X: -4,20; Y: 7,50	14,76
9									
Verifica 2									
Approccio 1, Combinazione 2					senza sisma				
1,9	63.606	121.359	X: 0,30; Y: 3,00	4,58	1,77	63.606	112.466	X: 0,30; Y: 3,00	4,58
1									
2,8	227.060	651.985	X: 0,30; Y: 3,00	8,58	2,52	227.060	572.250	X: 0,30; Y: 3,00	8,58
7									
2,1	61.833	129.705	X: -0,20; Y: 3,00	4,80	1,93	61.833	119.505	X: -0,20; Y: 3,00	4,80
0									
3,1	213.627	674.261	X: -0,20; Y: 3,00	8,80	2,76	213.627	590.115	X: -0,20; Y: 3,00	8,80
6									
2,1	66.316	142.480	X: -0,70; Y: 3,00	5,07	1,97	66.316	130.902	X: -0,70; Y: 3,00	5,07
5									
3,1	226.585	714.405	X: -0,70; Y: 3,00	9,07	2,76	226.585	624.259	X: -0,70; Y: 3,00	9,07
5									
2,3	69.222	160.472	X: -1,20; Y: 3,00	5,36	2,11	69.222	146.270	X: -1,20; Y: 3,00	5,36
2									
3,3	226.185	758.541	X: -1,20; Y: 3,00	9,36	2,92	226.185	661.075	X: -1,20; Y: 3,00	9,36
5									
2,4	74.248	184.397	X: -1,70; Y: 3,00	5,69	2,25	74.248	166.955	X: -1,70; Y: 3,00	5,69
8									
3,6	220.708	810.541	X: -1,70; Y: 3,00	9,69	3,19	220.708	704.605	X: -1,70; Y: 3,00	9,69
7									
3,1	68.901	213.720	X: -2,20; Y: 3,00	6,04	2,79	68.901	192.186	X: -2,20; Y: 3,00	6,04
0									
3,8	229.506	874.915	X: -2,20; Y: 3,00	10,04	3,30	229.506	758.408	X: -2,20; Y: 3,00	10,04
1									
3,4	72.643	247.753	X: -2,70; Y: 3,00	6,41	3,05	72.643	221.666	X: -2,70; Y: 3,00	6,41
1									
4,1	225.971	938.484	X: -2,70; Y: 3,00	10,41	3,60	225.971	813.094	X: -2,70; Y: 3,00	10,41
5									
3,9	72.202	286.746	X: -3,20; Y: 3,00	6,80	3,53	72.202	255.115	X: -3,20; Y: 3,00	6,80
7									
4,3	232.986	1.016.657	X: -3,20; Y: 3,00	10,80	3,77	232.986	878.808	X: -3,20; Y: 3,00	10,80
6									
4,4	74.995	333.082	X: -3,70; Y: 3,00	7,20	3,93	74.995	294.940	X: -3,70; Y: 3,00	7,20
4									
4,8	224.563	1.096.335	X: -3,70; Y: 3,00	11,20	4,22	224.563	946.775	X: -3,70; Y: 3,00	11,20
8									
4,9	77.350	382.905	X: -4,20; Y: 3,00	7,61	4,37	77.350	338.083	X: -4,20; Y: 3,00	7,61
5									
5,1	230.572	1.184.750	X: -4,20; Y: 3,00	11,61	4,43	230.572	1.022.530	X: -4,20; Y: 3,00	11,61
4									
1,8	69.909	128.561	X: 0,30; Y: 3,50	5,04	1,71	69.909	119.711	X: 0,30; Y: 3,50	5,04
4									
2,7	245.178	673.203	X: 0,30; Y: 3,50	9,04	2,42	245.178	593.889	X: 0,30; Y: 3,50	9,04
5									
1,7	74.971	134.304	X: -0,20; Y: 3,50	5,25	1,67	74.971	125.541	X: -0,20; Y: 3,50	5,25
9									
2,8	243.278	696.649	X: -0,20; Y: 3,50	9,25	2,52	243.278	613.454	X: -0,20; Y: 3,50	9,25
6									
2,0	71.853	146.825	X: -0,70; Y: 3,50	5,49	1,89	71.853	135.800	X: -0,70; Y: 3,50	5,49
4									
2,9	243.992	729.526	X: -0,70; Y: 3,50	9,49	2,63	243.992	640.601	X: -0,70; Y: 3,50	9,49
9									
2,1	74.570	162.261	X: -1,20; Y: 3,50	5,76	2,00	74.570	149.360	X: -1,20; Y: 3,50	5,76
8									
3,2	239.772	770.561	X: -1,20; Y: 3,50	9,76	2,81	239.772	674.597	X: -1,20; Y: 3,50	9,76
1									
2,4	76.166	183.583	X: -1,70; Y: 3,50	6,07	2,20	76.166	167.511	X: -1,70; Y: 3,50	6,07
1									
3,4	238.368	816.359	X: -1,70; Y: 3,50	10,07	2,99	238.368	713.735	X: -1,70; Y: 3,50	10,07
2									
2,6	79.961	210.417	X: -2,20; Y: 3,50	6,40	2,39	79.961	190.787	X: -2,20; Y: 3,50	6,40
3									
3,6	242.667	876.841	X: -2,20; Y: 3,50	10,40	3,15	242.667	764.434	X: -2,20; Y: 3,50	10,40
1									



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

VERIFICHE DI STABILITA'									
Bishop					Fellenius				
CS	FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio	CS	FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
3,2 5	74.578	242.683	X: -2,70; Y: 3,50	6,75	2,93	74.578	218.755	X: -2,70; Y: 3,50	6,75
3,9 2	239.755	939.278	X: -2,70; Y: 3,50	10,75	3,41	239.755	817.237	X: -2,70; Y: 3,50	10,75
3,6 3	77.535	281.095	X: -3,20; Y: 3,50	7,11	3,25	77.535	251.935	X: -3,20; Y: 3,50	7,11
4,1 2	246.146	1.013.135	X: -3,20; Y: 3,50	11,11	3,57	246.146	879.418	X: -3,20; Y: 3,50	11,11
4,0 4	79.932	322.987	X: -3,70; Y: 3,50	7,50	3,61	79.932	288.343	X: -3,70; Y: 3,50	7,50
4,4 9	241.969	1.086.265	X: -3,70; Y: 3,50	11,50	3,90	241.969	942.526	X: -3,70; Y: 3,50	11,50
4,6 9	79.033	370.423	X: -4,20; Y: 3,50	7,89	4,17	79.033	329.358	X: -4,20; Y: 3,50	7,89
4,7 4	247.348	1.173.383	X: -4,20; Y: 3,50	11,89	4,11	247.348	1.016.249	X: -4,20; Y: 3,50	11,89
1,7 7	76.303	135.404	X: 0,30; Y: 4,00	5,51	1,66	76.303	126.855	X: 0,30; Y: 4,00	5,51
2,5 9	269.695	698.574	X: 0,30; Y: 4,00	9,51	2,30	269.695	619.394	X: 0,30; Y: 4,00	9,51
1,7 4	80.497	140.447	X: -0,20; Y: 4,00	5,70	1,64	80.497	131.973	X: -0,20; Y: 4,00	5,70
2,6 6	270.555	720.324	X: -0,20; Y: 4,00	9,70	2,35	270.555	636.985	X: -0,20; Y: 4,00	9,70
1,7 9	83.542	149.616	X: -0,70; Y: 4,00	5,92	1,68	83.542	140.233	X: -0,70; Y: 4,00	5,92
2,9 0	257.683	746.408	X: -0,70; Y: 4,00	9,92	2,55	257.683	658.289	X: -0,70; Y: 4,00	9,92
2,0 8	79.667	165.517	X: -1,20; Y: 4,00	6,18	1,93	79.667	153.412	X: -1,20; Y: 4,00	6,18
2,9 5	265.945	785.736	X: -1,20; Y: 4,00	10,18	2,60	265.945	691.591	X: -1,20; Y: 4,00	10,18
2,2 8	81.199	185.213	X: -1,70; Y: 4,00	6,46	2,10	81.199	170.301	X: -1,70; Y: 4,00	6,46
3,1 8	260.993	831.064	X: -1,70; Y: 4,00	10,46	2,79	260.993	729.473	X: -1,70; Y: 4,00	10,46
2,4 9	84.428	209.999	X: -2,20; Y: 4,00	6,77	2,27	84.428	191.875	X: -2,20; Y: 4,00	6,77
3,4 1	259.017	883.191	X: -2,20; Y: 4,00	10,77	2,99	259.017	773.375	X: -2,20; Y: 4,00	10,77
2,8 3	84.797	239.771	X: -2,70; Y: 4,00	7,10	2,56	84.797	217.408	X: -2,70; Y: 4,00	7,10
3,6 7	256.309	939.565	X: -2,70; Y: 4,00	11,10	3,21	256.309	821.808	X: -2,70; Y: 4,00	11,10
3,3 5	82.092	274.906	X: -3,20; Y: 4,00	7,45	3,03	82.092	248.399	X: -3,20; Y: 4,00	7,45
3,9 0	258.605	1.009.632	X: -3,20; Y: 4,00	11,45	3,41	258.605	881.025	X: -3,20; Y: 4,00	11,45
3,8 5	81.832	314.801	X: -3,70; Y: 4,00	7,82	3,46	81.832	282.989	X: -3,70; Y: 4,00	7,82
4,2 4	255.089	1.082.144	X: -3,70; Y: 4,00	11,82	3,70	255.089	942.749	X: -3,70; Y: 4,00	11,82
4,3 1	83.808	361.273	X: -4,20; Y: 4,00	8,20	3,86	83.808	323.326	X: -4,20; Y: 4,00	8,20
4,4 8	259.862	1.165.133	X: -4,20; Y: 4,00	12,20	3,90	259.862	1.013.072	X: -4,20; Y: 4,00	12,20
1,5 9	88.948	141.554	X: 0,30; Y: 4,50	5,98	1,51	88.948	134.627	X: 0,30; Y: 4,50	5,98
2,5 1	287.815	721.003	X: 0,30; Y: 4,50	9,98	2,23	287.815	642.346	X: 0,30; Y: 4,50	9,98
1,7 1	86.074	146.785	X: -0,20; Y: 4,50	6,16	1,61	86.074	138.595	X: -0,20; Y: 4,50	6,16
2,6 1	284.330	740.865	X: -0,20; Y: 4,50	10,16	2,31	284.330	658.027	X: -0,20; Y: 4,50	10,16
1,7 5	88.531	154.727	X: -0,70; Y: 4,50	6,36	1,65	88.531	145.839	X: -0,70; Y: 4,50	6,36
2,7 0	283.658	765.814	X: -0,70; Y: 4,50	10,36	2,39	283.658	679.190	X: -0,70; Y: 4,50	10,36
1,8 6	90.237	168.207	X: -1,20; Y: 4,50	6,60	1,74	90.237	157.355	X: -1,20; Y: 4,50	6,60
2,8	278.897	800.718	X: -1,20; Y: 4,50	10,60	2,54	278.897	707.953	X: -1,20; Y: 4,50	10,60



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

VERIFICHE DI STABILITA'									
Bishop					Fellenius				
CS	FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio	CS	FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
7									
2,1	85.953	186.310	X: -1,70; Y: 4,50	6,87	2,01	85.953	172.759	X: -1,70; Y: 4,50	6,87
7									
3,0	277.195	842.534	X: -1,70; Y: 4,50	10,87	2,68	277.195	742.922	X: -1,70; Y: 4,50	10,87
4									
2,3	88.589	210.256	X: -2,20; Y: 4,50	7,16	2,18	88.589	193.462	X: -2,20; Y: 4,50	7,16
7									
3,2	271.709	889.291	X: -2,20; Y: 4,50	11,16	2,88	271.709	782.988	X: -2,20; Y: 4,50	11,16
7									
2,6	89.087	236.910	X: -2,70; Y: 4,50	7,48	2,43	89.087	216.634	X: -2,70; Y: 4,50	7,48
6									
3,4	276.398	948.189	X: -2,70; Y: 4,50	11,48	3,01	276.398	832.474	X: -2,70; Y: 4,50	11,48
3									
2,9	90.826	270.663	X: -3,20; Y: 4,50	7,81	2,71	90.826	245.833	X: -3,20; Y: 4,50	7,81
8									
3,6	273.826	1.010.976	X: -3,20; Y: 4,50	11,81	3,23	273.826	885.799	X: -3,20; Y: 4,50	11,81
9									
3,4	90.740	308.720	X: -3,70; Y: 4,50	8,16	3,07	90.740	278.825	X: -3,70; Y: 4,50	8,16
0									
4,0	267.567	1.080.446	X: -3,70; Y: 4,50	12,16	3,53	267.567	945.095	X: -3,70; Y: 4,50	12,16
4									
4,0	87.772	351.460	X: -4,20; Y: 4,50	8,53	3,61	87.772	316.788	X: -4,20; Y: 4,50	8,53
0									
4,2	271.596	1.156.542	X: -4,20; Y: 4,50	12,53	3,72	271.596	1.010.508	X: -4,20; Y: 4,50	12,53
6									
1,5	95.018	149.142	X: 0,30; Y: 5,00	6,46	1,50	95.018	142.358	X: 0,30; Y: 5,00	6,46
7									
2,4	310.581	747.755	X: 0,30; Y: 5,00	10,46	2,15	310.581	668.546	X: 0,30; Y: 5,00	10,46
1									
1,5	97.308	151.445	X: -0,20; Y: 5,00	6,62	1,49	97.308	144.891	X: -0,20; Y: 5,00	6,62
6									
2,5	301.963	759.551	X: -0,20; Y: 5,00	10,62	2,25	301.963	678.515	X: -0,20; Y: 5,00	10,62
2									
1,7	93.543	160.094	X: -0,70; Y: 5,00	6,82	1,62	93.543	151.655	X: -0,70; Y: 5,00	6,82
1									
2,6	297.221	784.575	X: -0,70; Y: 5,00	10,82	2,35	297.221	698.722	X: -0,70; Y: 5,00	10,82
4									
1,8	94.830	171.303	X: -1,20; Y: 5,00	7,04	1,70	94.830	161.455	X: -1,20; Y: 5,00	7,04
1									
2,7	295.432	816.405	X: -1,20; Y: 5,00	11,04	2,45	295.432	725.075	X: -1,20; Y: 5,00	11,04
6									
1,9	95.625	188.113	X: -1,70; Y: 5,00	7,29	1,84	95.625	175.779	X: -1,70; Y: 5,00	7,29
7									
2,9	290.017	853.365	X: -1,70; Y: 5,00	11,29	2,61	290.017	756.532	X: -1,70; Y: 5,00	11,29
4									
2,2	91.138	209.144	X: -2,20; Y: 5,00	7,57	2,13	91.138	193.886	X: -2,20; Y: 5,00	7,57
9									
3,1	287.577	899.235	X: -2,20; Y: 5,00	11,57	2,76	287.577	795.107	X: -2,20; Y: 5,00	11,57
3									
2,5	93.055	236.194	X: -2,70; Y: 5,00	7,86	2,34	93.055	217.387	X: -2,70; Y: 5,00	7,86
4									
3,3	288.240	955.085	X: -2,70; Y: 5,00	11,86	2,92	288.240	842.119	X: -2,70; Y: 5,00	11,86
1									
2,8	93.091	267.253	X: -3,20; Y: 5,00	8,18	2,62	93.091	244.327	X: -3,20; Y: 5,00	8,18
7									
3,5	285.633	1.011.876	X: -3,20; Y: 5,00	12,18	3,12	285.633	891.132	X: -3,20; Y: 5,00	12,18
4									
3,2	94.430	302.469	X: -3,70; Y: 5,00	8,52	2,91	94.430	275.189	X: -3,70; Y: 5,00	8,52
0									
3,8	282.549	1.077.841	X: -3,70; Y: 5,00	12,52	3,35	282.549	947.331	X: -3,70; Y: 5,00	12,52
1									
3,6	94.026	343.427	X: -4,20; Y: 5,00	8,87	3,31	94.026	310.908	X: -4,20; Y: 5,00	8,87
5									
4,0	285.739	1.153.155	X: -4,20; Y: 5,00	12,87	3,54	285.739	1.011.340	X: -4,20; Y: 5,00	12,87
4									
1,5	101.185	156.796	X: 0,30; Y: 5,50	6,94	1,48	101.185	150.182	X: 0,30; Y: 5,50	6,94
5									
2,3	328.831	768.888	X: 0,30; Y: 5,50	10,94	2,10	328.831	691.308	X: 0,30; Y: 5,50	10,94
4									
1,5	102.692	158.175	X: -0,20; Y: 5,50	7,09	1,48	102.692	151.883	X: -0,20; Y: 5,50	7,09
4									



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

VERIFICHE DI STABILITA'									
Bishop					Fellenius				
CS	FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio	CS	FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
2,4 3	323.288	784.218	X: -0,20; Y: 5,50	11,09	2,17	323.288	703.055	X: -0,20; Y: 5,50	11,09
1,6 8	98.616	165.674	X: -0,70; Y: 5,50	7,27	1,60	98.616	157.652	X: -0,70; Y: 5,50	7,27
2,5 1	320.629	806.238	X: -0,70; Y: 5,50	11,27	2,25	320.629	720.909	X: -0,70; Y: 5,50	11,27
1,7 7	99.416	175.713	X: -1,20; Y: 5,50	7,48	1,67	99.416	166.465	X: -1,20; Y: 5,50	7,48
2,6 5	314.583	833.549	X: -1,20; Y: 5,50	11,48	2,36	314.583	743.873	X: -1,20; Y: 5,50	11,48
1,9 1	99.903	191.179	X: -1,70; Y: 5,50	7,72	1,80	99.903	179.686	X: -1,70; Y: 5,50	7,72
2,7 9	311.760	869.785	X: -1,70; Y: 5,50	11,72	2,48	311.760	774.085	X: -1,70; Y: 5,50	11,72
2,2 1	95.462	210.829	X: -2,20; Y: 5,50	7,98	2,06	95.462	196.587	X: -2,20; Y: 5,50	7,98
2,9 9	305.912	913.310	X: -2,20; Y: 5,50	11,98	2,65	305.912	810.599	X: -2,20; Y: 5,50	11,98
2,4 4	96.829	236.090	X: -2,70; Y: 5,50	8,26	2,26	96.829	218.589	X: -2,70; Y: 5,50	8,26
3,1 7	303.177	960.616	X: -2,70; Y: 5,50	12,26	2,81	303.177	851.312	X: -2,70; Y: 5,50	12,26
2,7 3	96.884	264.055	X: -3,20; Y: 5,50	8,57	2,51	96.884	243.102	X: -3,20; Y: 5,50	8,57
3,4 2	297.334	1.017.426	X: -3,20; Y: 5,50	12,57	3,03	297.334	899.627	X: -3,20; Y: 5,50	12,57
3,0 9	96.578	298.108	X: -3,70; Y: 5,50	8,89	2,82	96.578	272.831	X: -3,70; Y: 5,50	8,89
3,6 2	299.273	1.082.467	X: -3,70; Y: 5,50	12,89	3,19	299.273	954.818	X: -3,70; Y: 5,50	12,89
3,4 4	97.610	336.124	X: -4,20; Y: 5,50	9,22	3,14	97.610	306.305	X: -4,20; Y: 5,50	9,22
3,8 7	296.682	1.149.090	X: -4,20; Y: 5,50	13,22	3,41	296.682	1.012.545	X: -4,20; Y: 5,50	13,22
1,4 5	112.431	162.777	X: 0,30; Y: 6,00	7,43	1,40	112.431	157.818	X: 0,30; Y: 6,00	7,43
2,2 7	350.064	795.171	X: 0,30; Y: 6,00	11,43	2,05	350.064	717.275	X: 0,30; Y: 6,00	11,43
1,5 3	108.168	165.023	X: -0,20; Y: 6,00	7,57	1,47	108.168	158.993	X: -0,20; Y: 6,00	7,57
2,3 6	340.930	805.736	X: -0,20; Y: 6,00	11,57	2,13	340.930	725.378	X: -0,20; Y: 6,00	11,57
1,5 6	108.536	169.642	X: -0,70; Y: 6,00	7,74	1,50	108.536	163.098	X: -0,70; Y: 6,00	7,74
2,4 6	334.465	824.024	X: -0,70; Y: 6,00	11,74	2,21	334.465	740.451	X: -0,70; Y: 6,00	11,74
1,7 3	104.033	180.389	X: -1,20; Y: 6,00	7,93	1,65	104.033	171.683	X: -1,20; Y: 6,00	7,93
2,5 7	330.991	850.935	X: -1,20; Y: 6,00	11,93	2,30	330.991	762.575	X: -1,20; Y: 6,00	11,93
1,8 6	104.153	193.546	X: -1,70; Y: 6,00	8,16	1,76	104.153	183.095	X: -1,70; Y: 6,00	8,16
2,7 3	324.531	885.067	X: -1,70; Y: 6,00	12,16	2,44	324.531	790.838	X: -1,70; Y: 6,00	12,16
2,0 4	104.083	212.203	X: -2,20; Y: 6,00	8,40	1,91	104.083	199.118	X: -2,20; Y: 6,00	8,40
2,8 7	321.227	923.075	X: -2,20; Y: 6,00	12,40	2,56	321.227	823.409	X: -2,20; Y: 6,00	12,40
2,3 6	99.573	234.719	X: -2,70; Y: 6,00	8,67	2,20	99.573	218.705	X: -2,70; Y: 6,00	8,67
3,0 8	315.074	970.553	X: -2,70; Y: 6,00	12,67	2,74	315.074	863.523	X: -2,70; Y: 6,00	12,67
2,6 2	100.475	263.018	X: -3,20; Y: 6,00	8,96	2,42	100.475	243.488	X: -3,20; Y: 6,00	8,96
3,2 8	311.894	1.024.192	X: -3,20; Y: 6,00	12,96	2,91	311.894	909.111	X: -3,20; Y: 6,00	12,96
2,9 3	100.220	293.831	X: -3,70; Y: 6,00	9,27	2,70	100.220	270.622	X: -3,70; Y: 6,00	9,27
3,4 6	312.979	1.083.182	X: -3,70; Y: 6,00	13,27	3,07	312.979	959.886	X: -3,70; Y: 6,00	13,27
3,2	100.854	331.518	X: -4,20; Y: 6,00	9,59	3,01	100.854	303.755	X: -4,20; Y: 6,00	9,59



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

					VERIFICHE DI STABILITA'				
CS	Bishop				CS	Fellenius			
	FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio		FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
9									
3,7	307.457	1.150.070	X: -4,20; Y: 6,00	13,59	3,31	307.457	1.017.269	X: -4,20; Y: 6,00	13,59
4									
1,4	119.600	171.197	X: 0,30; Y: 6,50	7,91	1,39	119.600	166.469	X: 0,30; Y: 6,50	7,91
3									
2,2	368.459	818.613	X: 0,30; Y: 6,50	11,91	2,01	368.459	741.403	X: 0,30; Y: 6,50	11,91
2									
1,5	113.743	171.978	X: -0,20; Y: 6,50	8,04	1,46	113.743	166.207	X: -0,20; Y: 6,50	8,04
1									
2,3	360.673	827.955	X: -0,20; Y: 6,50	12,04	2,08	360.673	748.610	X: -0,20; Y: 6,50	12,04
0									
1,5	113.493	175.666	X: -0,70; Y: 6,50	8,20	1,49	113.493	169.485	X: -0,70; Y: 6,50	8,20
5									
2,4	351.486	844.015	X: -0,70; Y: 6,50	12,20	2,17	351.486	761.410	X: -0,70; Y: 6,50	12,20
0									
1,6	113.111	184.415	X: -1,20; Y: 6,50	8,39	1,56	113.111	176.821	X: -1,20; Y: 6,50	8,39
3									
2,5	344.410	869.256	X: -1,20; Y: 6,50	12,39	2,27	344.410	781.883	X: -1,20; Y: 6,50	12,39
2									
1,8	108.416	197.331	X: -1,70; Y: 6,50	8,60	1,73	108.416	187.536	X: -1,70; Y: 6,50	8,60
2									
2,6	337.461	898.698	X: -1,70; Y: 6,50	12,60	2,39	337.461	806.808	X: -1,70; Y: 6,50	12,60
6									
1,9	108.060	213.511	X: -2,20; Y: 6,50	8,84	1,87	108.060	201.575	X: -2,20; Y: 6,50	8,84
8									
2,8	333.619	936.748	X: -2,20; Y: 6,50	12,84	2,51	333.619	838.774	X: -2,20; Y: 6,50	12,84
1									
2,1	107.598	235.264	X: -2,70; Y: 6,50	9,09	2,05	107.598	220.397	X: -2,70; Y: 6,50	9,09
9									
2,9	329.914	981.309	X: -2,70; Y: 6,50	13,09	2,66	329.914	876.437	X: -2,70; Y: 6,50	13,09
7									
2,5	103.962	261.081	X: -3,20; Y: 6,50	9,37	2,34	103.962	243.123	X: -3,20; Y: 6,50	9,37
1									
3,1	323.546	1.029.821	X: -3,20; Y: 6,50	13,37	2,84	323.546	918.312	X: -3,20; Y: 6,50	13,37
8									
2,8	103.646	291.882	X: -3,70; Y: 6,50	9,66	2,61	103.646	270.204	X: -3,70; Y: 6,50	9,66
2									
3,3	323.898	1.088.710	X: -3,70; Y: 6,50	13,66	2,99	323.898	968.435	X: -3,70; Y: 6,50	13,66
6									
3,1	103.160	327.266	X: -4,20; Y: 6,50	9,97	2,92	103.160	301.383	X: -4,20; Y: 6,50	9,97
7									
3,5	320.845	1.152.442	X: -4,20; Y: 6,50	13,97	3,19	320.845	1.023.024	X: -4,20; Y: 6,50	13,97
9									
1,4	125.638	179.069	X: 0,30; Y: 7,00	8,40	1,39	125.638	174.528	X: 0,30; Y: 7,00	8,40
3									
2,1	388.343	844.318	X: 0,30; Y: 7,00	12,40	1,98	388.343	767.008	X: 0,30; Y: 7,00	12,40
7									
1,4	123.759	177.316	X: -0,20; Y: 7,00	8,52	1,40	123.759	172.998	X: -0,20; Y: 7,00	8,52
3									
2,2	378.422	850.059	X: -0,20; Y: 7,00	12,52	2,04	378.422	771.515	X: -0,20; Y: 7,00	12,52
5									
1,5	118.538	181.842	X: -0,70; Y: 7,00	8,67	1,48	118.538	176.002	X: -0,70; Y: 7,00	8,67
3									
2,3	369.959	866.527	X: -0,70; Y: 7,00	12,67	2,12	369.959	784.254	X: -0,70; Y: 7,00	12,67
4									
1,6	117.652	188.650	X: -1,20; Y: 7,00	8,85	1,55	117.652	181.785	X: -1,20; Y: 7,00	8,85
0									
2,4	361.650	887.195	X: -1,20; Y: 7,00	12,85	2,22	361.650	801.412	X: -1,20; Y: 7,00	12,85
5									
1,7	112.727	201.389	X: -1,70; Y: 7,00	9,05	1,70	112.727	192.192	X: -1,70; Y: 7,00	9,05
9									
2,5	353.378	915.089	X: -1,70; Y: 7,00	13,05	2,33	353.378	824.605	X: -1,70; Y: 7,00	13,05
9									
1,9	112.030	216.420	X: -2,20; Y: 7,00	9,27	1,83	112.030	205.247	X: -2,20; Y: 7,00	9,27
3									
2,7	346.155	951.221	X: -2,20; Y: 7,00	13,27	2,47	346.155	854.799	X: -2,20; Y: 7,00	13,27
5									
2,1	111.340	236.879	X: -2,70; Y: 7,00	9,52	2,00	111.340	222.977	X: -2,70; Y: 7,00	9,52
3									
2,9	341.972	990.723	X: -2,70; Y: 7,00	13,52	2,60	341.972	888.797	X: -2,70; Y: 7,00	13,52
0									



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

VERIFICHE DI STABILITA'									
Bishop					Fellenius				
CS	FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio	CS	FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
2,3 5	110.605	260.321	X: -3,20; Y: 7,00	9,78	2,20	110.605	243.531	X: -3,20; Y: 7,00	9,78
3,0 5	341.080	1.040.459	X: -3,20; Y: 7,00	13,78	2,73	341.080	930.965	X: -3,20; Y: 7,00	13,78
2,7 2	106.959	290.508	X: -3,70; Y: 7,00	10,07	2,53	106.959	270.203	X: -3,70; Y: 7,00	10,07
3,2 7	334.903	1.095.566	X: -3,70; Y: 7,00	14,07	2,92	334.903	978.073	X: -3,70; Y: 7,00	14,07
3,0 3	106.440	322.674	X: -4,20; Y: 7,00	10,36	2,81	106.440	298.743	X: -4,20; Y: 7,00	10,36
3,4 8	331.533	1.153.548	X: -4,20; Y: 7,00	14,36	3,10	331.533	1.028.413	X: -4,20; Y: 7,00	14,36
1,4 2	131.790	186.989	X: 0,30; Y: 7,50	8,89	1,39	131.790	182.652	X: 0,30; Y: 7,50	8,89
2,1 3	406.890	866.004	X: 0,30; Y: 7,50	12,89	1,94	406.890	790.336	X: 0,30; Y: 7,50	12,89
1,4 3	129.312	184.535	X: -0,20; Y: 7,50	9,00	1,40	129.312	180.457	X: -0,20; Y: 7,50	9,00
2,2 0	396.755	874.044	X: -0,20; Y: 7,50	13,00	2,01	396.755	795.651	X: -0,20; Y: 7,50	13,00
1,5 2	123.683	188.153	X: -0,70; Y: 7,50	9,15	1,48	123.683	182.641	X: -0,70; Y: 7,50	9,15
2,3 1	384.286	887.569	X: -0,70; Y: 7,50	13,15	2,10	384.286	805.918	X: -0,70; Y: 7,50	13,15
1,5 9	122.279	194.025	X: -1,20; Y: 7,50	9,31	1,53	122.279	187.590	X: -1,20; Y: 7,50	9,31
2,4 0	378.247	906.152	X: -1,20; Y: 7,50	13,31	2,17	378.247	821.508	X: -1,20; Y: 7,50	13,31
1,6 9	120.983	203.859	X: -1,70; Y: 7,50	9,51	1,62	120.983	195.932	X: -1,70; Y: 7,50	9,51
2,5 3	369.762	933.715	X: -1,70; Y: 7,50	13,51	2,28	369.762	844.108	X: -1,70; Y: 7,50	13,51
1,8 9	116.030	219.620	X: -2,20; Y: 7,50	9,72	1,80	116.030	209.137	X: -2,20; Y: 7,50	9,72
2,6 5	364.481	964.717	X: -2,20; Y: 7,50	13,72	2,39	364.481	870.618	X: -2,20; Y: 7,50	13,72
2,0 6	115.065	237.595	X: -2,70; Y: 7,50	9,95	1,95	115.065	224.828	X: -2,70; Y: 7,50	9,95
2,8 2	356.980	1.004.904	X: -2,70; Y: 7,50	13,95	2,53	356.980	904.486	X: -2,70; Y: 7,50	13,95
2,2 9	114.140	261.065	X: -3,20; Y: 7,50	10,21	2,15	114.140	245.334	X: -3,20; Y: 7,50	10,21
2,9 8	352.610	1.051.009	X: -3,20; Y: 7,50	14,21	2,68	352.610	943.700	X: -3,20; Y: 7,50	14,21
2,5 4	113.215	287.350	X: -3,70; Y: 7,50	10,48	2,37	113.215	268.521	X: -3,70; Y: 7,50	10,48
3,1 6	348.564	1.100.425	X: -3,70; Y: 7,50	14,48	2,83	348.564	986.505	X: -3,70; Y: 7,50	14,48
2,9 2	109.596	320.423	X: -4,20; Y: 7,50	10,76	2,72	109.596	297.963	X: -4,20; Y: 7,50	10,76
3,3 9	342.255	1.159.066	X: -4,20; Y: 7,50	14,76	3,03	342.255	1.036.886	X: -4,20; Y: 7,50	14,76
Verifica 3									
Approccio 1, Combinazione 2					Stato Limite di Resistenza del Terreno con sisma				
1,6 3	77.790	127.181	X: 0,30; Y: 3,00	4,58	1,52	77.790	118.288	X: 0,30; Y: 3,00	4,58
2,1 2	319.888	679.416	X: 0,30; Y: 3,00	8,58	1,87	319.888	599.681	X: 0,30; Y: 3,00	8,58
1,7 6	77.178	135.460	X: -0,20; Y: 3,00	4,80	1,62	77.178	125.260	X: -0,20; Y: 3,00	4,80
2,2 7	309.373	701.387	X: -0,20; Y: 3,00	8,80	2,00	309.373	617.242	X: -0,20; Y: 3,00	8,80
1,7 8	83.540	148.297	X: -0,70; Y: 3,00	5,07	1,64	83.540	136.719	X: -0,70; Y: 3,00	5,07
2,2 6	328.485	742.881	X: -0,70; Y: 3,00	9,07	1,99	328.485	652.735	X: -0,70; Y: 3,00	9,07
1,8 7	89.023	166.472	X: -1,20; Y: 3,00	5,36	1,71	89.023	152.270	X: -1,20; Y: 3,00	5,36
2,3 6	334.345	787.785	X: -1,20; Y: 3,00	9,36	2,06	334.345	690.319	X: -1,20; Y: 3,00	9,36
1,9	97.679	190.917	X: -1,70; Y: 3,00	5,69	1,78	97.679	173.475	X: -1,70; Y: 3,00	5,69



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

					VERIFICHE DI STABILITA'				
CS	Bishop				CS	Fellenius			
	FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio		FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
5									
2,5	336.192	840.704	X: -1,70; Y: 3,00	9,69	2,19	336.192	734.768	X: -1,70; Y: 3,00	9,69
0									
2,2	96.420	220.697	X: -2,20; Y: 3,00	6,04	2,07	96.420	199.164	X: -2,20; Y: 3,00	6,04
9									
2,5	354.282	906.865	X: -2,20; Y: 3,00	10,04	2,23	354.282	790.357	X: -2,20; Y: 3,00	10,04
6									
2,4	105.333	255.522	X: -2,70; Y: 3,00	6,41	2,18	105.333	229.435	X: -2,70; Y: 3,00	6,41
3									
2,7	360.173	971.629	X: -2,70; Y: 3,00	10,41	2,35	360.173	846.239	X: -2,70; Y: 3,00	10,41
0									
2,6	110.537	295.244	X: -3,20; Y: 3,00	6,80	2,38	110.537	263.612	X: -3,20; Y: 3,00	6,80
7									
2,7	378.454	1.051.885	X: -3,20; Y: 3,00	10,80	2,42	378.454	914.035	X: -3,20; Y: 3,00	10,80
8									
2,8	120.096	342.692	X: -3,70; Y: 3,00	7,20	2,54	120.096	304.550	X: -3,70; Y: 3,00	7,20
5									
2,9	381.384	1.133.082	X: -3,70; Y: 3,00	11,20	2,58	381.384	983.522	X: -3,70; Y: 3,00	11,20
7									
3,0	129.997	393.727	X: -4,20; Y: 3,00	7,61	2,68	129.997	348.905	X: -4,20; Y: 3,00	7,61
3									
3,0	400.601	1.223.842	X: -4,20; Y: 3,00	11,61	2,65	400.601	1.061.622	X: -4,20; Y: 3,00	11,61
6									
1,5	85.290	135.031	X: 0,30; Y: 3,50	5,04	1,48	85.290	126.181	X: 0,30; Y: 3,50	5,04
8									
2,0	341.433	702.103	X: 0,30; Y: 3,50	9,04	1,82	341.433	622.789	X: 0,30; Y: 3,50	9,04
6									
1,5	91.325	140.665	X: -0,20; Y: 3,50	5,25	1,44	91.325	131.903	X: -0,20; Y: 3,50	5,25
4									
2,1	343.061	725.895	X: -0,20; Y: 3,50	9,25	1,87	343.061	642.699	X: -0,20; Y: 3,50	9,25
2									
1,7	89.841	153.205	X: -0,70; Y: 3,50	5,49	1,58	89.841	142.180	X: -0,70; Y: 3,50	5,49
1									
2,1	348.416	759.294	X: -0,70; Y: 3,50	9,49	1,92	348.416	670.368	X: -0,70; Y: 3,50	9,49
8									
1,7	94.904	168.772	X: -1,20; Y: 3,50	5,76	1,64	94.904	155.871	X: -1,20; Y: 3,50	5,76
8									
2,2	349.956	801.014	X: -1,20; Y: 3,50	9,76	2,01	349.956	705.050	X: -1,20; Y: 3,50	9,76
9									
1,9	99.542	190.363	X: -1,70; Y: 3,50	6,07	1,75	99.542	174.291	X: -1,70; Y: 3,50	6,07
1									
2,3	355.371	847.624	X: -1,70; Y: 3,50	10,07	2,10	355.371	744.999	X: -1,70; Y: 3,50	10,07
9									
2,0	107.414	217.784	X: -2,20; Y: 3,50	6,40	1,84	107.414	198.154	X: -2,20; Y: 3,50	6,40
3									
2,4	368.335	909.747	X: -2,20; Y: 3,50	10,40	2,16	368.335	797.340	X: -2,20; Y: 3,50	10,40
7									
2,3	106.563	250.592	X: -2,70; Y: 3,50	6,75	2,13	106.563	226.664	X: -2,70; Y: 3,50	6,75
5									
2,6	374.329	973.354	X: -2,70; Y: 3,50	10,75	2,27	374.329	851.313	X: -2,70; Y: 3,50	10,75
0									
2,5	115.126	289.896	X: -3,20; Y: 3,50	7,11	2,26	115.126	260.735	X: -3,20; Y: 3,50	7,11
2									
2,6	391.371	1.049.154	X: -3,20; Y: 3,50	11,11	2,34	391.371	915.437	X: -3,20; Y: 3,50	11,11
8									
2,6	123.881	332.775	X: -3,70; Y: 3,50	7,50	2,41	123.881	298.130	X: -3,70; Y: 3,50	7,50
9									
2,8	398.064	1.123.723	X: -3,70; Y: 3,50	11,50	2,46	398.064	979.984	X: -3,70; Y: 3,50	11,50
2									
2,9	129.881	381.185	X: -4,20; Y: 3,50	7,89	2,62	129.881	340.120	X: -4,20; Y: 3,50	7,89
3									
2,9	416.016	1.213.095	X: -4,20; Y: 3,50	11,89	2,54	416.016	1.055.962	X: -4,20; Y: 3,50	11,89
2									
1,5	92.901	142.499	X: 0,30; Y: 4,00	5,51	1,44	92.901	133.951	X: 0,30; Y: 4,00	5,51
3									
1,9	370.319	729.595	X: 0,30; Y: 4,00	9,51	1,76	370.319	650.415	X: 0,30; Y: 4,00	9,51
7									
1,5	97.887	147.399	X: -0,20; Y: 4,00	5,70	1,42	97.887	138.925	X: -0,20; Y: 4,00	5,70
1									
2,0	374.228	751.577	X: -0,20; Y: 4,00	9,70	1,79	374.228	668.238	X: -0,20; Y: 4,00	9,70
1									



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

VERIFICHE DI STABILITA'									
Bishop					Fellenius				
CS	FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio	CS	FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
1,5 3	102.363	156.530	X: -0,70; Y: 4,00	5,92	1,44	102.363	147.146	X: -0,70; Y: 4,00	5,92
2,1 3	364.847	777.508	X: -0,70; Y: 4,00	9,92	1,89	364.847	689.389	X: -0,70; Y: 4,00	9,92
1,7 2	100.596	172.535	X: -1,20; Y: 4,00	6,18	1,59	100.596	160.429	X: -1,20; Y: 4,00	6,18
2,1 6	379.086	817.961	X: -1,20; Y: 4,00	10,18	1,91	379.086	723.815	X: -1,20; Y: 4,00	10,18
1,8 3	104.936	192.465	X: -1,70; Y: 4,00	6,46	1,69	104.936	177.553	X: -1,70; Y: 4,00	6,46
2,2 7	380.503	864.060	X: -1,70; Y: 4,00	10,46	2,00	380.503	762.469	X: -1,70; Y: 4,00	10,46
1,9 5	111.920	217.758	X: -2,20; Y: 4,00	6,77	1,78	111.920	199.635	X: -2,20; Y: 4,00	6,77
2,3 8	385.942	917.131	X: -2,20; Y: 4,00	10,77	2,09	385.942	807.315	X: -2,20; Y: 4,00	10,77
2,1 3	116.560	248.044	X: -2,70; Y: 4,00	7,10	1,94	116.560	225.681	X: -2,70; Y: 4,00	7,10
2,4 9	391.622	974.563	X: -2,70; Y: 4,00	11,10	2,19	391.622	856.805	X: -2,70; Y: 4,00	11,10
2,3 8	119.083	283.954	X: -3,20; Y: 4,00	7,45	2,16	119.083	257.446	X: -3,20; Y: 4,00	7,45
2,5 9	403.962	1.046.433	X: -3,20; Y: 4,00	11,45	2,27	403.962	917.826	X: -3,20; Y: 4,00	11,45
2,6 1	124.610	324.639	X: -3,70; Y: 4,00	7,82	2,35	124.610	292.827	X: -3,70; Y: 4,00	7,82
2,7 3	410.836	1.120.373	X: -3,70; Y: 4,00	11,82	2,39	410.836	980.978	X: -3,70; Y: 4,00	11,82
2,7 9	133.379	372.209	X: -4,20; Y: 4,00	8,20	2,51	133.379	334.263	X: -4,20; Y: 4,00	8,20
2,8 2	427.587	1.205.484	X: -4,20; Y: 4,00	12,20	2,46	427.587	1.053.423	X: -4,20; Y: 4,00	12,20
1,4 0	106.790	149.275	X: 0,30; Y: 4,50	5,98	1,33	106.790	142.348	X: 0,30; Y: 4,50	5,98
1,9 2	392.063	753.533	X: 0,30; Y: 4,50	9,98	1,72	392.063	674.876	X: 0,30; Y: 4,50	9,98
1,4 8	104.523	154.315	X: -0,20; Y: 4,50	6,16	1,40	104.523	146.125	X: -0,20; Y: 4,50	6,16
1,9 8	391.295	773.545	X: -0,20; Y: 4,50	10,16	1,77	391.295	690.708	X: -0,20; Y: 4,50	10,16
1,5 0	108.227	162.178	X: -0,70; Y: 4,50	6,36	1,42	108.227	153.290	X: -0,70; Y: 4,50	6,36
2,0 3	394.403	798.785	X: -0,70; Y: 4,50	10,36	1,81	394.403	712.162	X: -0,70; Y: 4,50	10,36
1,5 7	111.828	175.720	X: -1,20; Y: 4,50	6,60	1,47	111.828	164.867	X: -1,20; Y: 4,50	6,60
2,1 1	394.503	834.190	X: -1,20; Y: 4,50	10,60	1,88	394.503	741.425	X: -1,20; Y: 4,50	10,60
1,7 6	110.119	193.996	X: -1,70; Y: 4,50	6,87	1,64	110.119	180.445	X: -1,70; Y: 4,50	6,87
2,2 0	398.708	876.686	X: -1,70; Y: 4,50	10,87	1,95	398.708	777.075	X: -1,70; Y: 4,50	10,87
1,8 8	116.212	218.395	X: -2,20; Y: 4,50	7,16	1,73	116.212	201.601	X: -2,20; Y: 4,50	7,16
2,3 1	400.141	924.262	X: -2,20; Y: 4,50	11,16	2,04	400.141	817.959	X: -2,20; Y: 4,50	11,16
2,0 3	120.728	245.501	X: -2,70; Y: 4,50	7,48	1,87	120.728	225.225	X: -2,70; Y: 4,50	7,48
2,3 8	413.299	984.630	X: -2,70; Y: 4,50	11,48	2,10	413.299	868.915	X: -2,70; Y: 4,50	11,48
2,2 0	127.357	279.975	X: -3,20; Y: 4,50	7,81	2,00	127.357	255.145	X: -3,20; Y: 4,50	7,81
2,5 0	419.692	1.048.639	X: -3,20; Y: 4,50	11,81	2,20	419.692	923.462	X: -3,20; Y: 4,50	11,81
2,4 0	132.778	318.796	X: -3,70; Y: 4,50	8,16	2,18	132.778	288.901	X: -3,70; Y: 4,50	8,16
2,6 4	423.316	1.119.473	X: -3,70; Y: 4,50	12,16	2,32	423.316	984.121	X: -3,70; Y: 4,50	12,16
2,6 6	136.219	362.512	X: -4,20; Y: 4,50	8,53	2,41	136.219	327.840	X: -4,20; Y: 4,50	8,53
2,7	438.746	1.197.507	X: -4,20; Y: 4,50	12,53	2,40	438.746	1.051.474	X: -4,20; Y: 4,50	12,53



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

VERIFICHE DI STABILITA'									
Bishop					Fellenius				
CS	FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio	CS	FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
3									
1,3	114.110	157.479	X: 0,30; Y: 5,00	6,46	1,32	114.110	150.695	X: 0,30; Y: 5,00	6,46
8									
1,8	419.126	782.317	X: 0,30; Y: 5,00	10,46	1,68	419.126	703.109	X: 0,30; Y: 5,00	10,46
7									
1,3	116.849	159.535	X: -0,20; Y: 5,00	6,62	1,31	116.849	152.981	X: -0,20; Y: 5,00	6,62
7									
1,9	412.287	793.654	X: -0,20; Y: 5,00	10,62	1,73	412.287	712.617	X: -0,20; Y: 5,00	10,62
3									
1,4	114.146	168.072	X: -0,70; Y: 5,00	6,82	1,40	114.146	159.633	X: -0,70; Y: 5,00	6,82
7									
1,9	410.983	818.914	X: -0,70; Y: 5,00	10,82	1,78	410.983	733.060	X: -0,70; Y: 5,00	10,82
9									
1,5	117.136	179.283	X: -1,20; Y: 5,00	7,04	1,45	117.136	169.435	X: -1,20; Y: 5,00	7,04
3									
2,0	413.653	851.155	X: -1,20; Y: 5,00	11,04	1,84	413.653	759.825	X: -1,20; Y: 5,00	11,04
6									
1,6	120.289	196.245	X: -1,70; Y: 5,00	7,29	1,53	120.289	183.911	X: -1,70; Y: 5,00	7,29
3									
2,1	413.726	888.673	X: -1,70; Y: 5,00	11,29	1,91	413.726	791.839	X: -1,70; Y: 5,00	11,29
5									
1,8	118.842	217.535	X: -2,20; Y: 5,00	7,57	1,70	118.842	202.278	X: -2,20; Y: 5,00	7,57
3									
2,2	417.779	935.311	X: -2,20; Y: 5,00	11,57	1,99	417.779	831.184	X: -2,20; Y: 5,00	11,57
4									
1,9	124.669	245.120	X: -2,70; Y: 5,00	7,86	1,82	124.669	226.314	X: -2,70; Y: 5,00	7,86
7									
2,3	426.390	992.506	X: -2,70; Y: 5,00	11,86	2,06	426.390	879.541	X: -2,70; Y: 5,00	11,86
3									
2,1	129.176	276.745	X: -3,20; Y: 5,00	8,18	1,96	129.176	253.820	X: -3,20; Y: 5,00	8,18
4									
2,4	432.290	1.050.392	X: -3,20; Y: 5,00	12,18	2,15	432.290	929.647	X: -3,20; Y: 5,00	12,18
3									
2,3	135.859	312.735	X: -3,70; Y: 5,00	8,52	2,10	135.859	285.455	X: -3,70; Y: 5,00	8,52
0									
2,5	438.639	1.117.648	X: -3,70; Y: 5,00	12,52	2,25	438.639	987.138	X: -3,70; Y: 5,00	12,52
5									
2,5	141.401	354.539	X: -4,20; Y: 5,00	8,87	2,28	141.401	322.020	X: -4,20; Y: 5,00	8,87
1									
2,6	452.677	1.194.819	X: -4,20; Y: 5,00	12,87	2,33	452.677	1.053.005	X: -4,20; Y: 5,00	12,87
4									
1,3	121.535	165.744	X: 0,30; Y: 5,50	6,94	1,31	121.535	159.129	X: 0,30; Y: 5,50	6,94
6									
1,8	441.112	804.964	X: 0,30; Y: 5,50	10,94	1,65	441.112	727.384	X: 0,30; Y: 5,50	10,94
2									
1,3	123.348	166.833	X: -0,20; Y: 5,50	7,09	1,30	123.348	160.541	X: -0,20; Y: 5,50	7,09
5									
1,8	437.596	820.227	X: -0,20; Y: 5,50	11,09	1,69	437.596	739.065	X: -0,20; Y: 5,50	11,09
7									
1,4	120.155	174.175	X: -0,70; Y: 5,50	7,27	1,38	120.155	166.153	X: -0,70; Y: 5,50	7,27
5									
1,9	437.970	842.355	X: -0,70; Y: 5,50	11,27	1,73	437.970	757.025	X: -0,70; Y: 5,50	11,27
2									
1,5	122.478	184.174	X: -1,20; Y: 5,50	7,48	1,43	122.478	174.925	X: -1,20; Y: 5,50	7,48
0									
2,0	435.988	869.929	X: -1,20; Y: 5,50	11,48	1,79	435.988	780.253	X: -1,20; Y: 5,50	11,48
0									
1,6	125.126	199.751	X: -1,70; Y: 5,50	7,72	1,50	125.126	188.258	X: -1,70; Y: 5,50	7,72
0									
2,0	438.244	906.659	X: -1,70; Y: 5,50	11,72	1,85	438.244	810.959	X: -1,70; Y: 5,50	11,72
7									
1,7	123.504	219.621	X: -2,20; Y: 5,50	7,98	1,66	123.504	205.379	X: -2,20; Y: 5,50	7,98
8									
2,1	438.490	950.875	X: -2,20; Y: 5,50	11,98	1,93	438.490	848.164	X: -2,20; Y: 5,50	11,98
7									
1,9	128.501	245.346	X: -2,70; Y: 5,50	8,26	1,77	128.501	227.845	X: -2,70; Y: 5,50	8,26
1									
2,2	442.842	999.015	X: -2,70; Y: 5,50	12,26	2,01	442.842	889.711	X: -2,70; Y: 5,50	12,26
6									
2,0	132.787	273.809	X: -3,20; Y: 5,50	8,57	1,90	132.787	252.856	X: -3,20; Y: 5,50	8,57
6									



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

VERIFICHE DI STABILITA'									
Bishop					Fellenius				
CS	FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio	CS	FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
2,3 7	445.035	1.056.876	X: -3,20; Y: 5,50	12,57	2,11	445.035	939.077	X: -3,20; Y: 5,50	12,57
2,2 5	137.403	308.516	X: -3,70; Y: 5,50	8,89	2,06	137.403	283.239	X: -3,70; Y: 5,50	8,89
2,4 6	456.314	1.123.439	X: -3,70; Y: 5,50	12,89	2,18	456.314	995.790	X: -3,70; Y: 5,50	12,89
2,4 1	144.229	347.384	X: -4,20; Y: 5,50	9,22	2,20	144.229	317.565	X: -4,20; Y: 5,50	9,22
2,5 7	463.716	1.191.435	X: -4,20; Y: 5,50	13,22	2,27	463.716	1.054.890	X: -4,20; Y: 5,50	13,22
1,2 9	134.060	172.323	X: 0,30; Y: 6,00	7,43	1,25	134.060	167.364	X: 0,30; Y: 6,00	7,43
1,7 9	466.553	833.180	X: 0,30; Y: 6,00	11,43	1,62	466.553	755.284	X: 0,30; Y: 6,00	11,43
1,3 4	129.953	174.244	X: -0,20; Y: 6,00	7,57	1,29	129.953	168.214	X: -0,20; Y: 6,00	7,57
1,8 4	458.731	843.223	X: -0,20; Y: 6,00	11,57	1,66	458.731	762.865	X: -0,20; Y: 6,00	11,57
1,3 6	131.052	178.647	X: -0,70; Y: 6,00	7,74	1,31	131.052	172.104	X: -0,70; Y: 6,00	7,74
1,8 9	455.010	861.510	X: -0,70; Y: 6,00	11,74	1,71	455.010	777.937	X: -0,70; Y: 6,00	11,74
1,4 8	127.887	189.326	X: -1,20; Y: 6,00	7,93	1,41	127.887	180.620	X: -1,20; Y: 6,00	7,93
1,9 5	455.257	888.635	X: -1,20; Y: 6,00	11,93	1,76	455.257	800.275	X: -1,20; Y: 6,00	11,93
1,5 6	129.983	202.531	X: -1,70; Y: 6,00	8,16	1,48	129.983	192.079	X: -1,70; Y: 6,00	8,16
2,0 4	453.520	923.175	X: -1,70; Y: 6,00	12,16	1,83	453.520	828.945	X: -1,70; Y: 6,00	12,16
1,6 7	132.531	221.390	X: -2,20; Y: 6,00	8,40	1,57	132.531	208.305	X: -2,20; Y: 6,00	8,40
2,1 1	455.912	961.740	X: -2,20; Y: 6,00	12,40	1,89	455.912	862.074	X: -2,20; Y: 6,00	12,40
1,8 6	131.297	244.214	X: -2,70; Y: 6,00	8,67	1,74	131.297	228.200	X: -2,70; Y: 6,00	8,67
2,2 1	456.430	1.010.005	X: -2,70; Y: 6,00	12,67	1,98	456.430	902.975	X: -2,70; Y: 6,00	12,67
2,0 0	136.284	273.063	X: -3,20; Y: 6,00	8,96	1,86	136.284	253.533	X: -3,20; Y: 6,00	8,96
2,3 1	460.882	1.064.611	X: -3,20; Y: 6,00	12,96	2,06	460.882	949.530	X: -3,20; Y: 6,00	12,96
2,1 6	140.711	304.456	X: -3,70; Y: 6,00	9,27	2,00	140.711	281.247	X: -3,70; Y: 6,00	9,27
2,3 9	470.829	1.124.955	X: -3,70; Y: 6,00	13,27	2,13	470.829	1.001.659	X: -3,70; Y: 6,00	13,27
2,3 4	146.833	342.964	X: -4,20; Y: 6,00	9,59	2,15	146.833	315.200	X: -4,20; Y: 6,00	9,59
2,5 1	474.847	1.193.186	X: -4,20; Y: 6,00	13,59	2,23	474.847	1.060.385	X: -4,20; Y: 6,00	13,59
1,2 7	142.627	181.425	X: 0,30; Y: 6,50	7,91	1,24	142.627	176.696	X: 0,30; Y: 6,50	7,91
1,7 6	488.750	858.184	X: 0,30; Y: 6,50	11,91	1,60	488.750	780.974	X: 0,30; Y: 6,50	11,91
1,3 3	136.672	181.761	X: -0,20; Y: 6,50	8,04	1,29	136.672	175.990	X: -0,20; Y: 6,50	8,04
1,8 0	482.388	867.218	X: -0,20; Y: 6,50	12,04	1,63	482.388	787.873	X: -0,20; Y: 6,50	12,04
1,3 5	137.008	185.192	X: -0,70; Y: 6,50	8,20	1,31	137.008	179.010	X: -0,70; Y: 6,50	8,20
1,8 6	475.280	882.915	X: -0,70; Y: 6,50	12,20	1,68	475.280	800.309	X: -0,70; Y: 6,50	12,20
1,4 1	137.796	193.829	X: -1,20; Y: 6,50	8,39	1,35	137.796	186.235	X: -1,20; Y: 6,50	8,39
1,9 3	471.632	908.293	X: -1,20; Y: 6,50	12,39	1,74	471.632	820.919	X: -1,20; Y: 6,50	12,39
1,5 3	134.895	206.749	X: -1,70; Y: 6,50	8,60	1,46	134.895	196.955	X: -1,70; Y: 6,50	8,60
2,0 0	469.051	938.018	X: -1,70; Y: 6,50	12,60	1,80	469.051	846.128	X: -1,70; Y: 6,50	12,60
1,6	136.967	223.065	X: -2,20; Y: 6,50	8,84	1,54	136.967	211.130	X: -2,20; Y: 6,50	8,84



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

VERIFICHE DI STABILITA'									
CS	Bishop				CS	Fellenius			
	FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio		FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
3									
2,0	470.557	976.581	X: -2,20; Y: 6,50	12,84	1,87	470.557	878.606	X: -2,20; Y: 6,50	12,84
8									
1,7	139.579	245.113	X: -2,70; Y: 6,50	9,09	1,65	139.579	230.246	X: -2,70; Y: 6,50	9,09
6									
2,1	473.137	1.021.843	X: -2,70; Y: 6,50	13,09	1,94	473.137	916.971	X: -2,70; Y: 6,50	13,09
6									
1,9	139.760	271.383	X: -3,20; Y: 6,50	9,37	1,81	139.760	253.425	X: -3,20; Y: 6,50	9,37
4									
2,2	473.993	1.071.189	X: -3,20; Y: 6,50	13,37	2,02	473.993	959.680	X: -3,20; Y: 6,50	13,37
6									
2,1	143.895	302.760	X: -3,70; Y: 6,50	9,66	1,95	143.895	281.082	X: -3,70; Y: 6,50	9,66
0									
2,3	482.790	1.131.373	X: -3,70; Y: 6,50	13,66	2,09	482.790	1.011.097	X: -3,70; Y: 6,50	13,66
4									
2,2	148.542	338.849	X: -4,20; Y: 6,50	9,97	2,11	148.542	312.965	X: -4,20; Y: 6,50	9,97
8									
2,4	488.850	1.196.365	X: -4,20; Y: 6,50	13,97	2,18	488.850	1.066.946	X: -4,20; Y: 6,50	13,97
5									
1,2	149.950	189.894	X: 0,30; Y: 7,00	8,40	1,24	149.950	185.353	X: 0,30; Y: 7,00	8,40
7									
1,7	512.746	885.732	X: 0,30; Y: 7,00	12,40	1,58	512.746	808.422	X: 0,30; Y: 7,00	12,40
3									
1,2	147.856	187.646	X: -0,20; Y: 7,00	8,52	1,24	147.856	183.328	X: -0,20; Y: 7,00	8,52
7									
1,7	503.718	890.824	X: -0,20; Y: 7,00	12,52	1,61	503.718	812.280	X: -0,20; Y: 7,00	12,52
7									
1,3	143.073	191.885	X: -0,70; Y: 7,00	8,67	1,30	143.073	186.045	X: -0,70; Y: 7,00	8,67
4									
1,8	497.390	907.123	X: -0,70; Y: 7,00	12,67	1,66	497.390	824.849	X: -0,70; Y: 7,00	12,67
2									
1,3	143.204	198.521	X: -1,20; Y: 7,00	8,85	1,34	143.204	191.656	X: -1,20; Y: 7,00	8,85
9									
1,8	492.140	927.767	X: -1,20; Y: 7,00	12,85	1,71	492.140	841.984	X: -1,20; Y: 7,00	12,85
9									
1,5	139.894	211.242	X: -1,70; Y: 7,00	9,05	1,44	139.894	202.045	X: -1,70; Y: 7,00	9,05
1									
1,9	487.683	955.681	X: -1,70; Y: 7,00	13,05	1,77	487.683	865.197	X: -1,70; Y: 7,00	13,05
6									
1,6	141.446	226.368	X: -2,20; Y: 7,00	9,27	1,52	141.446	215.195	X: -2,20; Y: 7,00	9,27
0									
2,0	485.449	992.244	X: -2,20; Y: 7,00	13,27	1,85	485.449	895.822	X: -2,20; Y: 7,00	13,27
4									
1,7	143.636	247.082	X: -2,70; Y: 7,00	9,52	1,62	143.636	233.180	X: -2,70; Y: 7,00	9,52
2									
2,1	487.208	1.032.317	X: -2,70; Y: 7,00	13,52	1,91	487.208	930.392	X: -2,70; Y: 7,00	13,52
2									
1,8	146.428	270.879	X: -3,20; Y: 7,00	9,78	1,74	146.428	254.089	X: -3,20; Y: 7,00	9,78
5									
2,2	493.394	1.083.045	X: -3,20; Y: 7,00	13,78	1,97	493.394	973.552	X: -3,20; Y: 7,00	13,78
0									
2,0	147.050	301.639	X: -3,70; Y: 7,00	10,07	1,91	147.050	281.334	X: -3,70; Y: 7,00	10,07
5									
2,3	495.013	1.139.152	X: -3,70; Y: 7,00	14,07	2,06	495.013	1.021.658	X: -3,70; Y: 7,00	14,07
0									
2,2	151.433	334.431	X: -4,20; Y: 7,00	10,36	2,05	151.433	310.500	X: -4,20; Y: 7,00	10,36
1									
2,3	500.367	1.198.255	X: -4,20; Y: 7,00	14,36	2,14	500.367	1.073.119	X: -4,20; Y: 7,00	14,36
9									
1,2	157.398	198.411	X: 0,30; Y: 7,50	8,89	1,23	157.398	194.074	X: 0,30; Y: 7,50	8,89
6									
1,7	535.137	908.968	X: 0,30; Y: 7,50	12,89	1,56	535.137	833.301	X: 0,30; Y: 7,50	12,89
0									
1,2	154.592	195.428	X: -0,20; Y: 7,50	9,00	1,24	154.592	191.350	X: -0,20; Y: 7,50	9,00
6									
1,7	525.895	916.527	X: -0,20; Y: 7,50	13,00	1,59	525.895	838.135	X: -0,20; Y: 7,50	13,00
4									
1,3	149.257	198.715	X: -0,70; Y: 7,50	9,15	1,29	149.257	193.204	X: -0,70; Y: 7,50	9,15
3									
1,8	515.067	929.604	X: -0,70; Y: 7,50	13,15	1,65	515.067	847.953	X: -0,70; Y: 7,50	13,15
0									



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

VERIFICHE DI STABILITA'									
Bishop					Fellenius				
CS	FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio	CS	FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
1,3 7	148.726	204.374	X: -1,20; Y: 7,50	9,31	1,33	148.726	197.939	X: -1,20; Y: 7,50	9,31
1,8 5	511.846	948.095	X: -1,20; Y: 7,50	13,31	1,69	511.846	863.451	X: -1,20; Y: 7,50	13,31
1,4 4	148.885	214.125	X: -1,70; Y: 7,50	9,51	1,38	148.885	206.197	X: -1,70; Y: 7,50	9,51
1,9 2	507.079	975.795	X: -1,70; Y: 7,50	13,51	1,75	507.079	886.187	X: -1,70; Y: 7,50	13,51
1,5 8	145.999	229.963	X: -2,20; Y: 7,50	9,72	1,50	145.999	219.480	X: -2,20; Y: 7,50	9,72
1,9 9	506.470	1.007.085	X: -2,20; Y: 7,50	13,72	1,80	506.470	912.986	X: -2,20; Y: 7,50	13,72
1,6 8	147.730	248.123	X: -2,70; Y: 7,50	9,95	1,59	147.730	235.356	X: -2,70; Y: 7,50	9,95
2,0 8	504.546	1.047.803	X: -2,70; Y: 7,50	13,95	1,88	504.546	947.385	X: -2,70; Y: 7,50	13,95
1,8 1	150.135	271.939	X: -3,20; Y: 7,50	10,21	1,71	150.135	256.208	X: -3,20; Y: 7,50	10,21
2,1 6	506.701	1.094.635	X: -3,20; Y: 7,50	14,21	1,95	506.701	987.325	X: -3,20; Y: 7,50	14,21
1,9 5	153.188	298.666	X: -3,70; Y: 7,50	10,48	1,83	153.188	279.837	X: -3,70; Y: 7,50	10,48
2,2 4	510.080	1.144.909	X: -3,70; Y: 7,50	14,48	2,02	510.080	1.030.989	X: -3,70; Y: 7,50	14,48
2,1 5	154.288	332.398	X: -4,20; Y: 7,50	10,76	2,01	154.288	309.938	X: -4,20; Y: 7,50	10,76
2,3 5	512.093	1.204.643	X: -4,20; Y: 7,50	14,76	2,11	512.093	1.082.463	X: -4,20; Y: 7,50	14,76
Verifica 4									
Approccio 1, Combinazione 2					Stato Limite di Resistenza del Terreno con sisma				
1,7 1	71.711	122.510	X: 0,30; Y: 3,00	4,58	1,58	71.711	113.617	X: 0,30; Y: 3,00	4,58
2,3 0	281.957	648.436	X: 0,30; Y: 3,00	8,58	2,02	281.957	568.701	X: 0,30; Y: 3,00	8,58
1,8 4	70.778	130.387	X: -0,20; Y: 3,00	4,80	1,70	70.778	120.187	X: -0,20; Y: 3,00	4,80
2,4 7	270.475	669.385	X: -0,20; Y: 3,00	8,80	2,16	270.475	585.240	X: -0,20; Y: 3,00	8,80
1,8 6	76.569	142.557	X: -0,70; Y: 3,00	5,07	1,71	76.569	130.979	X: -0,70; Y: 3,00	5,07
2,4 7	286.824	708.920	X: -0,70; Y: 3,00	9,07	2,16	286.824	618.774	X: -0,70; Y: 3,00	9,07
1,9 7	81.275	159.815	X: -1,20; Y: 3,00	5,36	1,79	81.275	145.614	X: -1,20; Y: 3,00	5,36
2,5 9	290.271	751.704	X: -1,20; Y: 3,00	9,36	2,25	290.271	654.238	X: -1,20; Y: 3,00	9,36
2,0 6	88.716	183.026	X: -1,70; Y: 3,00	5,69	1,87	88.716	165.584	X: -1,70; Y: 3,00	5,69
2,7 7	289.354	802.128	X: -1,70; Y: 3,00	9,69	2,41	289.354	696.193	X: -1,70; Y: 3,00	9,69
2,4 5	86.163	211.365	X: -2,20; Y: 3,00	6,04	2,20	86.163	189.832	X: -2,20; Y: 3,00	6,04
2,8 5	303.618	865.191	X: -2,20; Y: 3,00	10,04	2,47	303.618	748.684	X: -2,20; Y: 3,00	10,04
2,6 2	93.266	244.453	X: -2,70; Y: 3,00	6,41	2,34	93.266	218.366	X: -2,70; Y: 3,00	6,41
3,0 3	305.998	926.804	X: -2,70; Y: 3,00	10,41	2,62	305.998	801.414	X: -2,70; Y: 3,00	10,41
2,9 2	96.568	282.209	X: -3,20; Y: 3,00	6,80	2,59	96.568	250.577	X: -3,20; Y: 3,00	6,80
3,1 4	319.781	1.003.275	X: -3,20; Y: 3,00	10,80	2,71	319.781	865.425	X: -3,20; Y: 3,00	10,80
3,1 6	103.709	327.327	X: -3,70; Y: 3,00	7,20	2,79	103.709	289.185	X: -3,70; Y: 3,00	7,20
3,3 9	318.529	1.080.585	X: -3,70; Y: 3,00	11,20	2,92	318.529	931.025	X: -3,70; Y: 3,00	11,20
3,3 9	110.886	375.845	X: -4,20; Y: 3,00	7,61	2,99	110.886	331.023	X: -4,20; Y: 3,00	7,61
3,5 1	332.528	1.166.986	X: -4,20; Y: 3,00	11,61	3,02	332.528	1.004.766	X: -4,20; Y: 3,00	11,61
1,6	78.810	129.942	X: 0,30; Y: 3,50	5,04	1,54	78.810	121.092	X: 0,30; Y: 3,50	5,04



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

					VERIFICHE DI STABILITA'				
CS	Bishop				CS	Fellenius			
	FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio		FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
5									
2,2	302.538	669.885	X: 0,30; Y: 3,50	9,04	1,95	302.538	590.572	X: 0,30; Y: 3,50	9,04
1									
1,6	84.568	135.244	X: -0,20; Y: 3,50	5,25	1,50	84.568	126.481	X: -0,20; Y: 3,50	5,25
0									
2,2	302.649	692.556	X: -0,20; Y: 3,50	9,25	2,01	302.649	609.361	X: -0,20; Y: 3,50	9,25
9									
1,7	82.639	147.193	X: -0,70; Y: 3,50	5,49	1,65	82.639	136.167	X: -0,70; Y: 3,50	5,49
8									
2,3	306.164	724.395	X: -0,70; Y: 3,50	9,49	2,08	306.164	635.469	X: -0,70; Y: 3,50	9,49
7									
1,8	87.003	161.955	X: -1,20; Y: 3,50	5,76	1,71	87.003	149.054	X: -1,20; Y: 3,50	5,76
6									
2,5	305.470	764.165	X: -1,20; Y: 3,50	9,76	2,19	305.470	668.202	X: -1,20; Y: 3,50	9,76
0									
2,0	90.722	182.465	X: -1,70; Y: 3,50	6,07	1,83	90.722	166.393	X: -1,70; Y: 3,50	6,07
1									
2,6	308.299	808.519	X: -1,70; Y: 3,50	10,07	2,29	308.299	705.895	X: -1,70; Y: 3,50	10,07
2									
2,1	97.253	208.504	X: -2,20; Y: 3,50	6,40	1,94	97.253	188.874	X: -2,20; Y: 3,50	6,40
4									
2,7	317.770	867.739	X: -2,20; Y: 3,50	10,40	2,38	317.770	755.332	X: -2,20; Y: 3,50	10,40
3									
2,5	94.965	239.716	X: -2,70; Y: 3,50	6,75	2,27	94.965	215.788	X: -2,70; Y: 3,50	6,75
2									
2,9	320.451	928.304	X: -2,70; Y: 3,50	10,75	2,52	320.451	806.263	X: -2,70; Y: 3,50	10,75
0									
2,7	101.600	277.075	X: -3,20; Y: 3,50	7,11	2,44	101.600	247.914	X: -3,20; Y: 3,50	7,11
3									
3,0	333.254	1.000.522	X: -3,20; Y: 3,50	11,11	2,60	333.254	866.805	X: -3,20; Y: 3,50	11,11
0									
2,9	108.131	317.822	X: -3,70; Y: 3,50	7,50	2,62	108.131	283.177	X: -3,70; Y: 3,50	7,50
4									
3,1	335.939	1.071.456	X: -3,70; Y: 3,50	11,50	2,76	335.939	927.717	X: -3,70; Y: 3,50	11,50
9									
3,2	111.774	363.836	X: -4,20; Y: 3,50	7,89	2,89	111.774	322.772	X: -4,20; Y: 3,50	7,89
6									
3,3	348.970	1.156.585	X: -4,20; Y: 3,50	11,89	2,86	348.970	999.452	X: -4,20; Y: 3,50	11,89
1									
1,5	86.031	136.998	X: 0,30; Y: 4,00	5,51	1,49	86.031	128.450	X: 0,30; Y: 4,00	5,51
9									
2,1	329.833	695.916	X: 0,30; Y: 4,00	9,51	1,87	329.833	616.736	X: 0,30; Y: 4,00	9,51
1									
1,5	90.797	141.613	X: -0,20; Y: 4,00	5,70	1,47	90.797	133.138	X: -0,20; Y: 4,00	5,70
6									
2,1	332.441	716.892	X: -0,20; Y: 4,00	9,70	1,91	332.441	633.553	X: -0,20; Y: 4,00	9,70
6									
1,5	94.893	150.252	X: -0,70; Y: 4,00	5,92	1,48	94.893	140.868	X: -0,70; Y: 4,00	5,92
8									
2,3	321.904	741.601	X: -0,70; Y: 4,00	9,92	2,03	321.904	653.482	X: -0,70; Y: 4,00	9,92
0									
1,7	92.544	165.497	X: -1,20; Y: 4,00	6,18	1,66	92.544	153.392	X: -1,20; Y: 4,00	6,18
9									
2,3	333.608	780.135	X: -1,20; Y: 4,00	10,18	2,06	333.608	685.990	X: -1,20; Y: 4,00	10,18
4									
1,9	96.053	184.425	X: -1,70; Y: 4,00	6,46	1,76	96.053	169.514	X: -1,70; Y: 4,00	6,46
2									
2,4	332.639	824.064	X: -1,70; Y: 4,00	10,46	2,17	332.639	722.473	X: -1,70; Y: 4,00	10,46
8									
2,0	101.832	208.441	X: -2,20; Y: 4,00	6,77	1,87	101.832	190.317	X: -2,20; Y: 4,00	6,77
5									
2,6	335.311	874.604	X: -2,20; Y: 4,00	10,77	2,28	335.311	764.788	X: -2,20; Y: 4,00	10,77
1									
2,2	105.144	237.217	X: -2,70; Y: 4,00	7,10	2,04	105.144	214.855	X: -2,70; Y: 4,00	7,10
6									
2,7	337.909	929.242	X: -2,70; Y: 4,00	11,10	2,40	337.909	811.485	X: -2,70; Y: 4,00	11,10
5									
2,5	105.935	271.360	X: -3,20; Y: 4,00	7,45	2,31	105.935	244.853	X: -3,20; Y: 4,00	7,45
6									
2,8	346.319	997.722	X: -3,20; Y: 4,00	11,45	2,51	346.319	869.115	X: -3,20; Y: 4,00	11,45
8									



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

VERIFICHE DI STABILITA'									
Bishop					Fellenius				
CS	FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio	CS	FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
2,8 3	109.566	310.022	X: -3,70; Y: 4,00	7,82	2,54	109.566	278.210	X: -3,70; Y: 4,00	7,82
3,0 6	349.359	1.068.107	X: -3,70; Y: 4,00	11,82	2,66	349.359	928.713	X: -3,70; Y: 4,00	11,82
3,0 6	115.983	355.238	X: -4,20; Y: 4,00	8,20	2,74	115.983	317.292	X: -4,20; Y: 4,00	8,20
3,1 8	361.445	1.149.170	X: -4,20; Y: 4,00	12,20	2,76	361.445	997.109	X: -4,20; Y: 4,00	12,20
1,4 4	99.516	143.336	X: 0,30; Y: 4,50	5,98	1,37	99.516	136.410	X: 0,30; Y: 4,50	5,98
2,0 5	350.571	718.542	X: 0,30; Y: 4,50	9,98	1,83	350.571	639.885	X: 0,30; Y: 4,50	9,98
1,5 3	97.115	148.151	X: -0,20; Y: 4,50	6,16	1,44	97.115	139.960	X: -0,20; Y: 4,50	6,16
2,1 2	348.645	737.657	X: -0,20; Y: 4,50	10,16	1,88	348.645	654.820	X: -0,20; Y: 4,50	10,16
1,5 5	100.492	155.586	X: -0,70; Y: 4,50	6,36	1,46	100.492	146.698	X: -0,70; Y: 4,50	6,36
2,1 7	350.265	761.680	X: -0,70; Y: 4,50	10,36	1,93	350.265	675.056	X: -0,70; Y: 4,50	10,36
1,6 3	103.592	168.441	X: -1,20; Y: 4,50	6,60	1,52	103.592	157.588	X: -1,20; Y: 4,50	6,60
2,2 8	348.506	795.435	X: -1,20; Y: 4,50	10,60	2,02	348.506	702.669	X: -1,20; Y: 4,50	10,60
1,8 4	101.162	185.831	X: -1,70; Y: 4,50	6,87	1,70	101.162	172.280	X: -1,70; Y: 4,50	6,87
2,3 8	350.509	835.915	X: -1,70; Y: 4,50	10,87	2,10	350.509	736.304	X: -1,70; Y: 4,50	10,87
1,9 7	106.176	209.007	X: -2,20; Y: 4,50	7,16	1,81	106.176	192.213	X: -2,20; Y: 4,50	7,16
2,5 2	349.411	881.195	X: -2,20; Y: 4,50	11,16	2,22	349.411	774.892	X: -2,20; Y: 4,50	11,16
2,1 4	109.468	234.744	X: -2,70; Y: 4,50	7,48	1,96	109.468	214.467	X: -2,70; Y: 4,50	7,48
2,6 1	359.222	938.711	X: -2,70; Y: 4,50	11,48	2,29	359.222	822.995	X: -2,70; Y: 4,50	11,48
2,3 4	114.520	267.502	X: -3,20; Y: 4,50	7,81	2,12	114.520	242.672	X: -3,20; Y: 4,50	7,81
2,7 6	362.339	999.645	X: -3,20; Y: 4,50	11,81	2,41	362.339	874.468	X: -3,20; Y: 4,50	11,81
2,5 8	118.180	304.387	X: -3,70; Y: 4,50	8,16	2,32	118.180	274.492	X: -3,70; Y: 4,50	8,16
2,9 4	362.378	1.067.085	X: -3,70; Y: 4,50	12,16	2,57	362.378	931.734	X: -3,70; Y: 4,50	12,16
2,9 0	119.475	345.943	X: -4,20; Y: 4,50	8,53	2,61	119.475	311.271	X: -4,20; Y: 4,50	8,53
3,0 6	373.417	1.141.355	X: -4,20; Y: 4,50	12,53	2,67	373.417	995.321	X: -4,20; Y: 4,50	12,53
1,4 2	106.450	151.096	X: 0,30; Y: 5,00	6,46	1,36	106.450	144.313	X: 0,30; Y: 5,00	6,46
1,9 8	376.176	745.826	X: 0,30; Y: 5,00	10,46	1,77	376.176	666.618	X: 0,30; Y: 5,00	10,46
1,4 0	109.105	153.006	X: -0,20; Y: 5,00	6,62	1,34	109.105	146.453	X: -0,20; Y: 5,00	6,62
2,0 5	368.759	756.593	X: -0,20; Y: 5,00	10,62	1,83	368.759	675.556	X: -0,20; Y: 5,00	10,62
1,5 2	106.151	161.153	X: -0,70; Y: 5,00	6,82	1,44	106.151	152.714	X: -0,70; Y: 5,00	6,82
2,1 3	366.101	780.694	X: -0,70; Y: 5,00	10,82	1,90	366.101	694.840	X: -0,70; Y: 5,00	10,82
1,5 8	108.702	171.780	X: -1,20; Y: 5,00	7,04	1,49	108.702	161.932	X: -1,20; Y: 5,00	7,04
2,2 1	367.096	811.416	X: -1,20; Y: 5,00	11,04	1,96	367.096	720.086	X: -1,20; Y: 5,00	11,04
1,6 9	111.227	187.888	X: -1,70; Y: 5,00	7,29	1,58	111.227	175.555	X: -1,70; Y: 5,00	7,29
2,3 2	365.136	847.129	X: -1,70; Y: 5,00	11,29	2,05	365.136	750.295	X: -1,70; Y: 5,00	11,29
1,9 1	108.917	208.139	X: -2,20; Y: 5,00	7,57	1,77	108.917	192.882	X: -2,20; Y: 5,00	7,57
2,4	366.812	891.543	X: -2,20; Y: 5,00	11,57	2,15	366.812	787.415	X: -2,20; Y: 5,00	11,57



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

					VERIFICHE DI STABILITA'				
CS	Bishop				CS	Fellenius			
	FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio		FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
3									
2,0	113.535	234.341	X: -2,70; Y: 5,00	7,86	1,90	113.535	215.535	X: -2,70; Y: 5,00	7,86
6									
2,5	372.365	946.045	X: -2,70; Y: 5,00	11,86	2,24	372.365	833.080	X: -2,70; Y: 5,00	11,86
4									
2,2	116.678	264.384	X: -3,20; Y: 5,00	8,18	2,07	116.678	241.458	X: -3,20; Y: 5,00	8,18
7									
2,6	375.156	1.001.105	X: -3,20; Y: 5,00	12,18	2,35	375.156	880.361	X: -3,20; Y: 5,00	12,18
7									
2,4	121.646	298.564	X: -3,70; Y: 5,00	8,52	2,23	121.646	271.284	X: -3,70; Y: 5,00	8,52
5									
2,8	378.083	1.065.124	X: -3,70; Y: 5,00	12,52	2,47	378.083	934.614	X: -3,70; Y: 5,00	12,52
2									
2,7	125.290	338.278	X: -4,20; Y: 5,00	8,87	2,44	125.290	305.759	X: -4,20; Y: 5,00	8,87
0									
2,9	388.001	1.138.607	X: -4,20; Y: 5,00	12,87	2,57	388.001	996.793	X: -4,20; Y: 5,00	12,87
3									
1,4	113.502	158.912	X: 0,30; Y: 5,50	6,94	1,34	113.502	152.297	X: 0,30; Y: 5,50	6,94
0									
1,9	397.132	767.171	X: 0,30; Y: 5,50	10,94	1,74	397.132	689.591	X: 0,30; Y: 5,50	10,94
3									
1,3	115.266	159.906	X: -0,20; Y: 5,50	7,09	1,33	115.266	153.615	X: -0,20; Y: 5,50	7,09
9									
1,9	392.766	781.763	X: -0,20; Y: 5,50	11,09	1,78	392.766	700.600	X: -0,20; Y: 5,50	11,09
9									
1,4	111.901	166.915	X: -0,70; Y: 5,50	7,27	1,42	111.901	158.894	X: -0,70; Y: 5,50	7,27
9									
2,0	391.971	802.863	X: -0,70; Y: 5,50	11,27	1,83	391.971	717.534	X: -0,70; Y: 5,50	11,27
5									
1,5	113.844	176.392	X: -1,20; Y: 5,50	7,48	1,47	113.844	167.144	X: -1,20; Y: 5,50	7,48
5									
2,1	388.471	829.119	X: -1,20; Y: 5,50	11,48	1,90	388.471	739.443	X: -1,20; Y: 5,50	11,48
3									
1,6	115.931	191.184	X: -1,70; Y: 5,50	7,72	1,55	115.931	179.691	X: -1,70; Y: 5,50	7,72
5									
2,2	388.882	864.106	X: -1,70; Y: 5,50	11,72	1,98	388.882	768.406	X: -1,70; Y: 5,50	11,72
2									
1,8	113.549	210.083	X: -2,20; Y: 5,50	7,98	1,72	113.549	195.841	X: -2,20; Y: 5,50	7,98
5									
2,3	386.923	906.228	X: -2,20; Y: 5,50	11,98	2,08	386.923	803.517	X: -2,20; Y: 5,50	11,98
4									
2,0	117.467	234.516	X: -2,70; Y: 5,50	8,26	1,85	117.467	217.015	X: -2,70; Y: 5,50	8,26
0									
2,4	388.714	952.021	X: -2,70; Y: 5,50	12,26	2,17	388.714	842.716	X: -2,70; Y: 5,50	12,26
5									
2,1	120.488	261.537	X: -3,20; Y: 5,50	8,57	2,00	120.488	240.585	X: -3,20; Y: 5,50	8,57
7									
2,6	388.037	1.007.115	X: -3,20; Y: 5,50	12,57	2,29	388.037	889.315	X: -3,20; Y: 5,50	12,57
0									
2,3	123.601	294.504	X: -3,70; Y: 5,50	8,89	2,18	123.601	269.226	X: -3,70; Y: 5,50	8,89
8									
2,7	395.793	1.070.498	X: -3,70; Y: 5,50	12,89	2,38	395.793	942.849	X: -3,70; Y: 5,50	12,89
0									
2,5	128.576	331.415	X: -4,20; Y: 5,50	9,22	2,35	128.576	301.595	X: -4,20; Y: 5,50	9,22
8									
2,8	399.578	1.135.168	X: -4,20; Y: 5,50	13,22	2,50	399.578	998.623	X: -4,20; Y: 5,50	13,22
4									
1,3	125.634	165.058	X: 0,30; Y: 6,00	7,43	1,27	125.634	160.099	X: 0,30; Y: 6,00	7,43
1									
1,8	421.225	793.900	X: 0,30; Y: 6,00	11,43	1,70	421.225	716.004	X: 0,30; Y: 6,00	11,43
8									
1,3	121.542	166.912	X: -0,20; Y: 6,00	7,57	1,32	121.542	160.882	X: -0,20; Y: 6,00	7,57
7									
1,9	412.991	803.480	X: -0,20; Y: 6,00	11,57	1,75	412.991	723.122	X: -0,20; Y: 6,00	11,57
5									
1,4	122.510	171.070	X: -0,70; Y: 6,00	7,74	1,34	122.510	164.526	X: -0,70; Y: 6,00	7,74
0									
2,0	408.219	820.903	X: -0,70; Y: 6,00	11,74	1,81	408.219	737.330	X: -0,70; Y: 6,00	11,74
1									
1,5	119.050	181.253	X: -1,20; Y: 6,00	7,93	1,45	119.050	172.546	X: -1,20; Y: 6,00	7,93
2									



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

VERIFICHE DI STABILITA'									
Bishop					Fellenius				
CS	FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio	CS	FrzRbIt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
2,0 8	407.111	846.751	X: -1,20; Y: 6,00	11,93	1,86	407.111	758.392	X: -1,20; Y: 6,00	11,93
1,6 1	120.648	193.780	X: -1,70; Y: 6,00	8,16	1,52	120.648	183.328	X: -1,70; Y: 6,00	8,16
2,1 8	403.660	879.670	X: -1,70; Y: 6,00	12,16	1,95	403.660	785.441	X: -1,70; Y: 6,00	12,16
1,7 3	122.509	211.691	X: -2,20; Y: 6,00	8,40	1,62	122.509	198.606	X: -2,20; Y: 6,00	8,40
2,2 7	404.024	916.355	X: -2,20; Y: 6,00	12,40	2,02	404.024	816.689	X: -2,20; Y: 6,00	12,40
1,9 4	120.381	233.391	X: -2,70; Y: 6,00	8,67	1,81	120.381	217.377	X: -2,70; Y: 6,00	8,67
2,3 9	402.169	962.320	X: -2,70; Y: 6,00	12,67	2,13	402.169	855.290	X: -2,70; Y: 6,00	12,67
2,1 0	124.152	260.787	X: -3,20; Y: 6,00	8,96	1,94	124.152	241.257	X: -3,20; Y: 6,00	8,96
2,5 1	403.893	1.014.299	X: -3,20; Y: 6,00	12,96	2,23	403.893	899.218	X: -3,20; Y: 6,00	12,96
2,2 8	127.178	290.591	X: -3,70; Y: 6,00	9,27	2,10	127.178	267.382	X: -3,70; Y: 6,00	9,27
2,6 1	410.560	1.071.715	X: -3,70; Y: 6,00	13,27	2,31	410.560	948.420	X: -3,70; Y: 6,00	13,27
2,4 9	131.590	327.164	X: -4,20; Y: 6,00	9,59	2,28	131.590	299.400	X: -4,20; Y: 6,00	9,59
2,7 6	411.172	1.136.661	X: -4,20; Y: 6,00	13,59	2,44	411.172	1.003.860	X: -4,20; Y: 6,00	13,59
1,3 0	133.752	173.664	X: 0,30; Y: 6,50	7,91	1,26	133.752	168.935	X: 0,30; Y: 6,50	7,91
1,8 5	442.378	817.525	X: 0,30; Y: 6,50	11,91	1,67	442.378	740.315	X: 0,30; Y: 6,50	11,91
1,3 6	127.935	174.016	X: -0,20; Y: 6,50	8,04	1,32	127.935	168.245	X: -0,20; Y: 6,50	8,04
1,9 0	435.438	826.146	X: -0,20; Y: 6,50	12,04	1,72	435.438	746.801	X: -0,20; Y: 6,50	12,04
1,3 8	128.180	177.252	X: -0,70; Y: 6,50	8,20	1,33	128.180	171.070	X: -0,70; Y: 6,50	8,20
1,9 7	427.696	841.106	X: -0,70; Y: 6,50	12,20	1,77	427.696	758.501	X: -0,70; Y: 6,50	12,20
1,4 4	128.737	185.451	X: -1,20; Y: 6,50	8,39	1,38	128.737	177.856	X: -1,20; Y: 6,50	8,39
2,0 5	422.795	865.310	X: -1,20; Y: 6,50	12,39	1,84	422.795	777.936	X: -1,20; Y: 6,50	12,39
1,5 8	125.411	197.753	X: -1,70; Y: 6,50	8,60	1,50	125.411	187.958	X: -1,70; Y: 6,50	8,60
2,1 3	418.679	893.605	X: -1,70; Y: 6,50	12,60	1,91	418.679	801.715	X: -1,70; Y: 6,50	12,60
1,6 8	126.864	213.238	X: -2,20; Y: 6,50	8,84	1,59	126.864	201.303	X: -2,20; Y: 6,50	8,84
2,2 2	418.283	930.325	X: -2,20; Y: 6,50	12,84	1,99	418.283	832.350	X: -2,20; Y: 6,50	12,84
1,8 2	128.659	234.175	X: -2,70; Y: 6,50	9,09	1,70	128.659	219.309	X: -2,70; Y: 6,50	9,09
2,3 3	418.658	973.414	X: -2,70; Y: 6,50	13,09	2,07	418.658	868.542	X: -2,70; Y: 6,50	13,09
2,0 3	127.761	259.143	X: -3,20; Y: 6,50	9,37	1,89	127.761	241.185	X: -3,20; Y: 6,50	9,37
2,4 5	416.980	1.020.359	X: -3,20; Y: 6,50	13,37	2,18	416.980	908.850	X: -3,20; Y: 6,50	13,37
2,2 1	130.593	288.936	X: -3,70; Y: 6,50	9,66	2,05	130.593	267.258	X: -3,70; Y: 6,50	9,66
2,5 5	422.665	1.077.655	X: -3,70; Y: 6,50	13,66	2,27	422.665	957.380	X: -3,70; Y: 6,50	13,66
2,4 2	133.703	323.205	X: -4,20; Y: 6,50	9,97	2,22	133.703	297.322	X: -4,20; Y: 6,50	9,97
2,6 8	425.506	1.139.502	X: -4,20; Y: 6,50	13,97	2,37	425.506	1.010.084	X: -4,20; Y: 6,50	13,97
1,2 9	140.703	181.671	X: 0,30; Y: 7,00	8,40	1,26	140.703	177.130	X: 0,30; Y: 7,00	8,40
1,8 1	465.120	843.606	X: 0,30; Y: 7,00	12,40	1,65	465.120	766.296	X: 0,30; Y: 7,00	12,40
1,2	138.774	179.512	X: -0,20; Y: 7,00	8,52	1,26	138.774	175.194	X: -0,20; Y: 7,00	8,52



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

VERIFICHE DI STABILITA'									
Bishop					Fellenius				
CS	FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio	CS	FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
9									
1,8	455.836	848.441	X: -0,20; Y: 7,00	12,52	1,69	455.836	769.897	X: -0,20; Y: 7,00	12,52
6									
1,3	133.961	183.575	X: -0,70; Y: 7,00	8,67	1,33	133.961	177.735	X: -0,70; Y: 7,00	8,67
7									
1,9	448.724	864.009	X: -0,70; Y: 7,00	12,67	1,74	448.724	781.735	X: -0,70; Y: 7,00	12,67
3									
1,4	133.907	189.865	X: -1,20; Y: 7,00	8,85	1,37	133.907	183.000	X: -1,20; Y: 7,00	8,85
2									
2,0	442.419	883.670	X: -1,20; Y: 7,00	12,85	1,80	442.419	797.886	X: -1,20; Y: 7,00	12,85
0									
1,5	130.253	201.985	X: -1,70; Y: 7,00	9,05	1,48	130.253	192.788	X: -1,70; Y: 7,00	9,05
5									
2,0	436.722	910.245	X: -1,70; Y: 7,00	13,05	1,88	436.722	819.762	X: -1,70; Y: 7,00	13,05
8									
1,6	131.249	216.341	X: -2,20; Y: 7,00	9,27	1,56	131.249	205.168	X: -2,20; Y: 7,00	9,27
5									
2,1	432.773	945.076	X: -2,20; Y: 7,00	13,27	1,96	432.773	848.655	X: -2,20; Y: 7,00	13,27
8									
1,7	132.694	236.010	X: -2,70; Y: 7,00	9,52	1,67	132.694	222.108	X: -2,70; Y: 7,00	9,52
8									
2,2	432.451	983.189	X: -2,70; Y: 7,00	13,52	2,04	432.451	881.264	X: -2,70; Y: 7,00	13,52
7									
1,9	134.538	258.599	X: -3,20; Y: 7,00	9,78	1,80	134.538	241.809	X: -3,20; Y: 7,00	9,78
2									
2,3	436.081	1.031.485	X: -3,20; Y: 7,00	13,78	2,11	436.081	921.992	X: -3,20; Y: 7,00	13,78
7									
2,1	133.945	287.832	X: -3,70; Y: 7,00	10,07	2,00	133.945	267.526	X: -3,70; Y: 7,00	10,07
5									
2,4	434.988	1.084.894	X: -3,70; Y: 7,00	14,07	2,22	434.988	967.400	X: -3,70; Y: 7,00	14,07
9									
2,3	136.890	318.958	X: -4,20; Y: 7,00	10,36	2,16	136.890	295.027	X: -4,20; Y: 7,00	10,36
3									
2,6	437.269	1.141.095	X: -4,20; Y: 7,00	14,36	2,32	437.269	1.015.959	X: -4,20; Y: 7,00	14,36
1									
1,2	147.779	189.723	X: 0,30; Y: 7,50	8,89	1,25	147.779	185.385	X: 0,30; Y: 7,50	8,89
8									
1,7	486.457	865.508	X: 0,30; Y: 7,50	12,89	1,62	486.457	789.841	X: 0,30; Y: 7,50	12,89
8									
1,2	145.165	186.867	X: -0,20; Y: 7,50	9,00	1,26	145.165	182.789	X: -0,20; Y: 7,50	9,00
9									
1,8	476.880	872.764	X: -0,20; Y: 7,50	13,00	1,67	476.880	794.371	X: -0,20; Y: 7,50	13,00
3									
1,3	139.860	190.027	X: -0,70; Y: 7,50	9,15	1,32	139.860	184.515	X: -0,70; Y: 7,50	9,15
6									
1,9	465.583	885.253	X: -0,70; Y: 7,50	13,15	1,73	465.583	803.602	X: -0,70; Y: 7,50	13,15
0									
1,4	139.187	195.390	X: -1,20; Y: 7,50	9,31	1,36	139.187	188.955	X: -1,20; Y: 7,50	9,31
0									
1,9	461.374	902.845	X: -1,20; Y: 7,50	13,31	1,77	461.374	818.201	X: -1,20; Y: 7,50	13,31
6									
1,4	139.055	204.644	X: -1,70; Y: 7,50	9,51	1,41	139.055	196.716	X: -1,70; Y: 7,50	9,51
7									
2,0	455.359	929.247	X: -1,70; Y: 7,50	13,51	1,84	455.359	839.640	X: -1,70; Y: 7,50	13,51
4									
1,6	135.695	219.721	X: -2,20; Y: 7,50	9,72	1,54	135.695	209.238	X: -2,20; Y: 7,50	9,72
2									
2,1	453.137	959.008	X: -2,20; Y: 7,50	13,72	1,91	453.137	864.909	X: -2,20; Y: 7,50	13,72
2									
1,7	136.748	236.956	X: -2,70; Y: 7,50	9,95	1,64	136.748	224.190	X: -2,70; Y: 7,50	9,95
3									
2,2	449.329	997.784	X: -2,70; Y: 7,50	13,95	2,00	449.329	897.366	X: -2,70; Y: 7,50	13,95
2									
1,8	138.281	259.570	X: -3,20; Y: 7,50	10,21	1,76	138.281	243.839	X: -3,20; Y: 7,50	10,21
8									
2,3	449.224	1.042.355	X: -3,20; Y: 7,50	14,21	2,08	449.224	935.045	X: -3,20; Y: 7,50	14,21
2									
2,0	140.254	284.938	X: -3,70; Y: 7,50	10,48	1,90	140.254	266.109	X: -3,70; Y: 7,50	10,48
3									
2,4	450.047	1.090.161	X: -3,70; Y: 7,50	14,48	2,17	450.047	976.241	X: -3,70; Y: 7,50	14,48
2									



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

VERIFICHE DI STABILITA'									
Bishop					Fellenius				
CS	FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio	CS	FrzRblt	FrzRes	Centro	Raggio
	[N]	[N]	[m]	[m]		[N]	[N]	[m]	[m]
2,2	140.002	316.985	X: -4,20; Y: 7,50	10,76	2,10	140.002	294.525	X: -4,20; Y: 7,50	10,76
6									
2,5	449.193	1.147.008	X: -4,20; Y: 7,50	14,76	2,28	449.193	1.024.828	X: -4,20; Y: 7,50	14,76
5									

LEGENDA Verifiche di stabilita'

Approccio	Tipo di Approccio seguito.
Stato limite	Tipo di Stato Limite.
Sisma	Sisma agente nella Combinazione.
CS	Coefficiente di sicurezza.
FrzRblt	Forza Ribaltante [N].
FrzRes	Forza Resistente [N].
Centro	Coordinate del centro della circonferenza che delinea la superficie di scorrimento [m].
Raggio	Raggio della circonferenza che delinea la superficie di scorrimento [m].

8.5. MODELLO DI CALCOLO

Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche.

Il calcolo delle sollecitazioni è eseguito con un calcolo a mensola sia per il paramento che per la fondazione considerando la striscia di un metro.

Nel modello di calcolo, i seguenti elementi sono stati schematizzati nel seguente modo:

- **terreno:** letto di molle reagenti solo a compressione (suolo elastico monodirezionale);



9. VERIFICA DELLE TERRE ARMATE

In base al paragrafo 6.5.3.1.1 delle NTC 2018, “Nel caso di strutture miste o composite, le verifiche di stabilità globale devono essere accompagnate da verifiche di stabilità locale e di funzionalità e durabilità degli elementi singoli”. Sulla base di tali indicazioni le verifiche di stabilità sono state eseguite mediante il programma di calcolo ReSSA 3.0. Il software è stato realizzato dal Prof. Leshchinsky dell'Università del Delaware (USA). Per le sezioni rappresentative in terra rinforzata sono state eseguite secondo i metodi dell'equilibrio limite le seguenti verifiche di stabilità (rif. BS 8006 e NTC 2018):

- **verifica alla stabilità interna e globale** mediante superfici di rottura pseudocircolari con il metodo di Bishop (Rotational Stability Analysis);
- **verifica della stabilità alla traslazione** (Translational Stability);
- **verifica al pull-out** (FS preimpostato pari a 1.5).

Tutte le verifiche sono state eseguite in campo statico e in campo sismico, analizzando le condizioni SLU (stato limite ultimo).

9.1 SCELTA DEL RINFORZO

In considerazione dell'importanza dell'opera e delle nuove normative vigenti, il rinforzo della terra rinforzata è stato dimensionato per una vita utile superiore a 50 anni. Inoltre occorre prevedere una deformazione ridotta della struttura sia in fase costruttiva al fine di mantenere una buona compatibilità terreno-rinforzo e sia in fase post-costruttiva al fine di rientrare entro il limite di servizio. Per tali ragioni si impongono le seguenti condizioni:

Durata dell'opera > 50 anni

Deformazione complessiva $\leq 6\%$

Deformazione post-costruttiva < 1%

Sulla base di tali premesse, per la realizzazione delle opere si prevede l'utilizzo della geogriglia monoassiale a bassa deformazione tipo Enkagrid PRO, costituita da nastri estrusi di poliestere altamente orientati, saldati nei nodi con tecnologia laser e trattati in modo specifico per proteggerli dalla degradazione agli U.V.

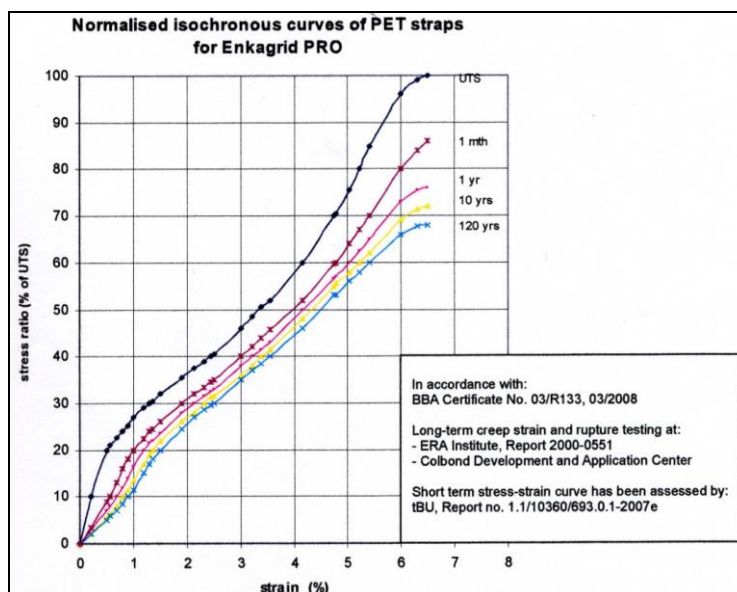


Grafico 1: curve isocrone Enkagrid PRO

Le verifiche di stabilità sono state eseguite mediante il programma specifico di calcolo ReSSA 3.0 realizzato dal Prof. Leshchinsky. In particolare per quanto concerne i fattori di riduzione specifici della geogriglia questi sono stati ricavati dal certificato HAPAS BBA 14/H211.

I dimensionamenti risultano condizionati dall'adozione dei fattori di sicurezza riportati nella tabella seguente.

Modello ENKAGRID	PRO 40	
polimero:	PET	
resistenza ultima a trazione UTS:	40	kN/m
resistenza a trazione al 2 % di deformazione:	17	kN/m
resistenza a trazione al 5 % di deformazione:	33	kN/m
deformazione apparente per tipologia del rinforzo	0	%
deformazione finale del rinforzo sotto un carico pari al 60% di	≤ 6	%



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

UTS per 120 anni		
interazione terreno-geogriglia per le verifiche alla traslazione	≥ 0.87	
interazione terreno-geogriglia per le verifiche allo sfilamento	≥ 0.80	
coefficiente di riduzione per danneggiamento meccanico	1.05	
coefficiente di riduzione per durata dell'opera a 50 anni	1.10	
coefficiente di riduzione per resistenza chimica ($4.1 < pH < 9$)	1.00	
coefficiente di riduzione per creep a 50 anni	1.45	
resistenza effettiva di progetto:	$\geq 23,56$	kN/m

9.2 MODELLI E RELATIVI RISULTATI DI CALCOLO

) MODELLI E RELATIVI RISULTATI DI CALCOLO

Con riferimento alla richiesta pervenuta, le verifiche sono state eseguite per le sezioni così definite:

- terra rinforzata di altezza $H=2,50$ m.

Per la definizione delle sezioni di seguito descritte ci si è basati sui vincoli geometrici e di carico riportati nello schema di figura 1.

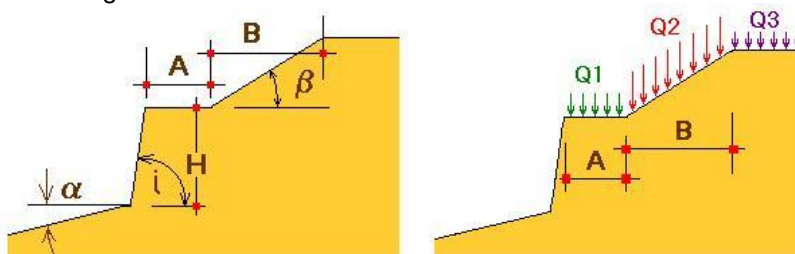


Figura 1: elementi per la definizione dei modelli geometrici e dei relativi carichi

7.1) SEZIONE 2.50 M

Altezza H	2,50 m
Inclinazione i del fronte	65°
Inclinazione α del terreno a valle	0°
Inclinazione β del tratto B	0°

SOVRACCARICHI

Sovraccarico Q_1 sul tratto A	5 kPa	A	25 m
Sovraccarico Q_2 sul tratto B	0 kPa	B	0 m
Sovraccarico Q_3 a tergo del tratto B	0 kPa		lunghezza infinita

DISPOSIZIONE E CARATTERISTICHE DEI RINFORZI

Spaziatura degli strati D	0,62 m
Numero di strati	4
Tipo di rinforzo (n_1 - n_4)	geogriglia ENKAGRID PRO 40
Lunghezza d'ancoraggio minima	4,00 m

- 1) verifica alla stabilità globale mediante superfici di rottura pseudocircolari con il metodo di Bishop (Rotational Stability Analysis); $FS_{\text{minimo}} = 1,21$



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

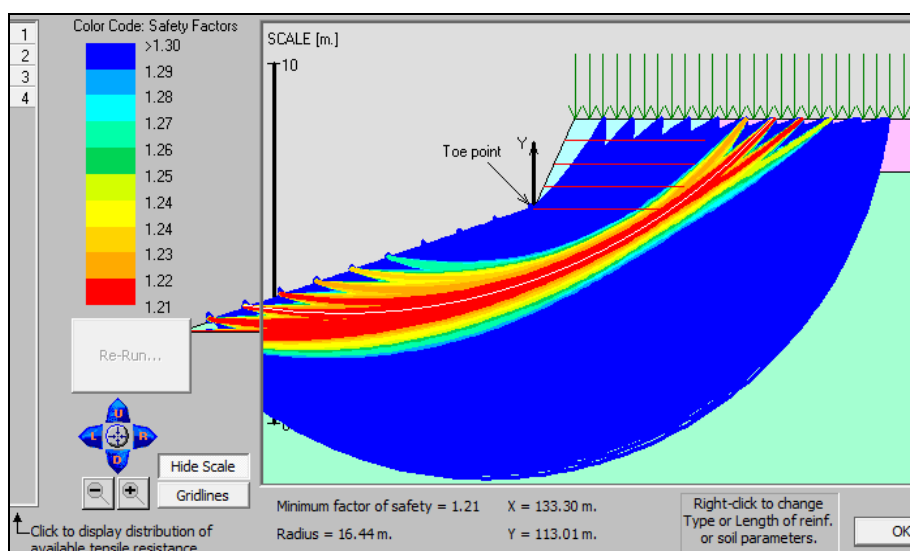


Figura 2: schema risultati verifiche

2) verifica della stabilità alla traslazione (Translational Stability); $FS_{\text{minimo}} = 1,67$

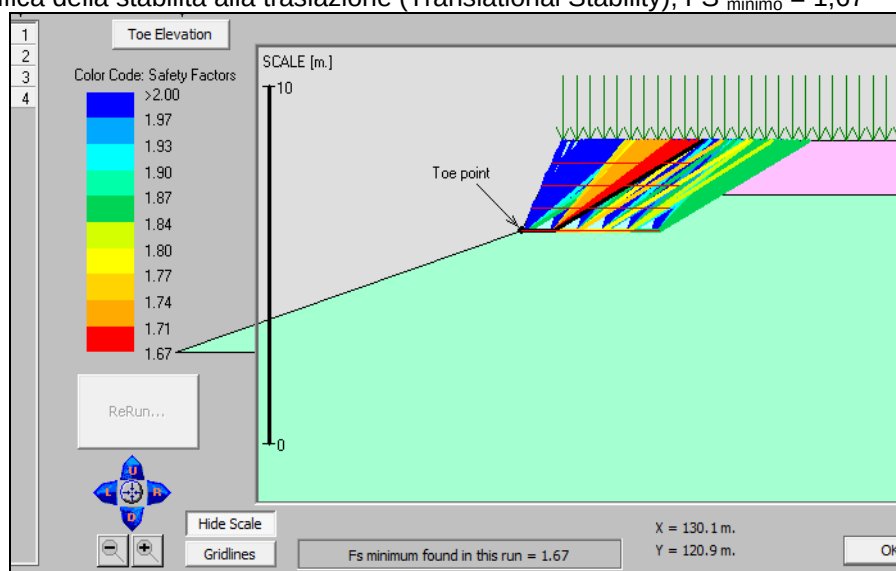


Figura 3: schema risultati verifiche

Schema risultati verifiche



9.3 OPERE COLLATERALI

Drenaggio

Per impedire che le pressioni neutre modifichino negativamente le condizioni idrauliche del terreno, sarà opportuno valutare a tergo delle opere in terra rinforzata la realizzazione di un sistema drenante costituito dal geocomposito tipo **ENKADRAIN** e da un tubo collettore microfessurato tipo **GREENDRAIN GR 110** (diametro da 110 mm); il diametro del tubo potrà eventualmente variare in funzione delle quantità d'acqua da convogliare.

Elemento antierosivo sul fronte rinverdito

Per favorire un buon rinverdimento delle scarpate e contrastare i fenomeni erosivi, sul fronte sarà opportuna la posa di una geostuoia tridimensionale antierosione da 10 mm di spessore. In considerazione della durata dell'opera e delle condizioni meteo-climatiche, la geostuoia dovrà essere costituita da poliammide, polimero contraddistinto da un buon comportamento a medio lungo termine al variare della temperatura e da proprietà autoestinguente a contatto con la fiamma. Si propone in particolare l'utilizzo della geostuoia tipo **Enkammat 7010**.

In base poi alla natura organolettica dei terreni utilizzati si dovrà valutare sul fronte della terra rinforzata un eventuale strato di 10 cm di terreno vegetale. Al termine della costruzione ed in stagione favorevole si procederà all'esecuzione di un'idrosemina a spessore del fronte.

FONDAZIONE

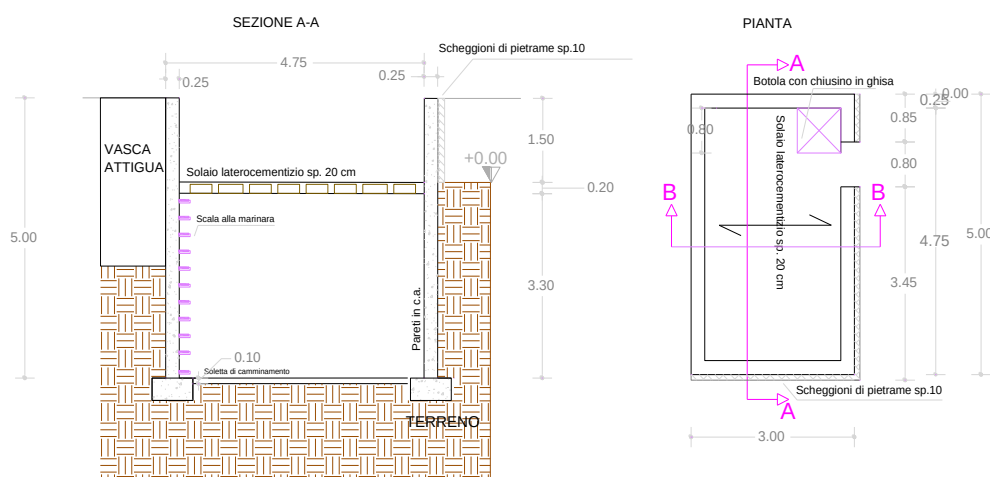
Al fine di realizzare uno strato di fondazione in ghiaia o altro materiale drenante, si consiglia la posa del non tessuto filtrante e di separazione tipo **Typar SF**, insieme alla geogriglia di rinforzo tipo **Enkagrid PRO**, nel modello utilizzato per il primo strato della terra rinforzata. In tal modo si eviterà la commistione del materiale grossolano con il terreno di sottofondazione, ottenendo al contempo una funzione di filtrazione e rinforzo in corrispondenza del piano di posa.

Sarà opportuno risvoltare il non tessuto e la geogriglia in verticale, al fine di contrastare il meccanismo di sfilamento del rinforzo stesso e garantire il contenimento laterale del materiale grossolano costituente il piano di posa della terra rinforzata.



10.RIFACIMENTO POZZO

Come da sentenza si opererà il ripristino strutturale ma non funzionale del pozzo. Non si ha ad oggi nessun documento ufficiale della presenza dello stesso, ma al contempo come da sentenza del tribunale si opera la ristrutturazione dello stesso al fine della stabilità del fondo e per evitare pericolose infiltrazioni.



L'opera dallo spiccatto di fondazione si erge di 5 m, di cui solo 1.50 fuori terra. Le pareti sono spesse 25 cm. La fondazione delle pareti è di tipo diretta, con travi di fondazione 40x80. Il solaio è alto 20 cm e lo spessore della soletta è di 4 cm.

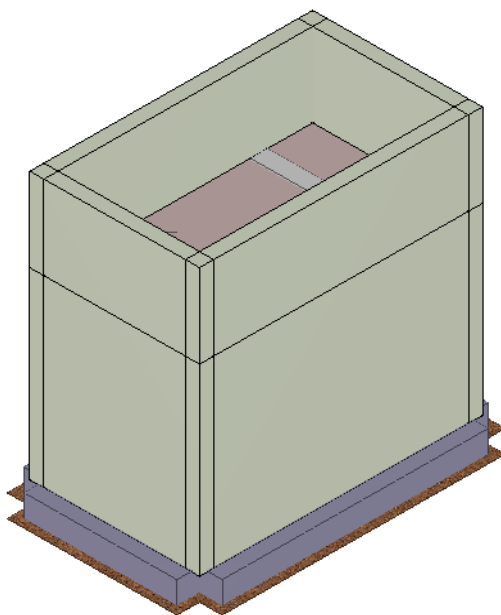
Vengono riportate di seguito due viste assonometriche contrapposte, allo scopo di consentire una migliore comprensione della struttura oggetto della presente relazione:

Vista Anteriore

La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale 0,X,Y, Z, ha versore (1;1;-1)

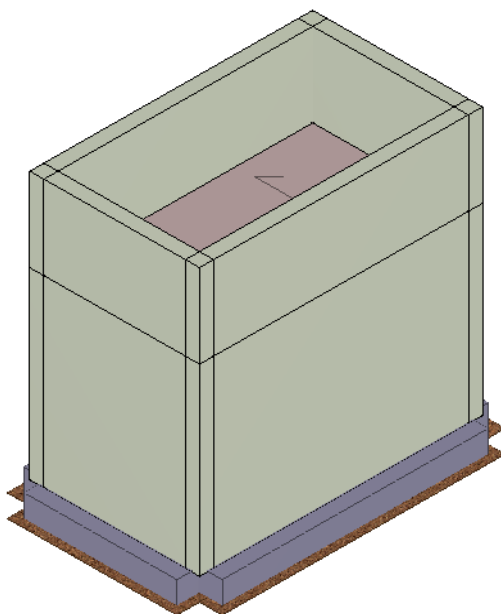


EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO



Vista Posteriore

La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale O, X, Y, Z , ha versore $(-1; -1; -1)$



10.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

R.T.P: Ing. Laura Alfano – Ing. Fabio Mastellone di Castelvetero– Ing. Elena Comentale – Ing. Vincenzo Della Vista – Geol. Giuseppe De Luca pec: laura.alfano@ordingna.it



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".

Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

D. M. Infrastrutture Trasporti 17/01/2018 (G.U. 20/02/2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8)

"Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni".

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nelle seguenti norme:

Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. (G.U. Serie Generale n. 35 del 11/02/2019 - Suppl. Ord. n. 5)

Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

10.2 MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO

Tutti i materiali strutturali impiegati devono essere muniti di marcatura "CE", ed essere conformi alle prescrizioni del "REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2011", in merito ai prodotti da costruzione.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

MATERIALI CALCESTRUZZO ARMATO

Caratteristiche calcestruzzo armato															
N _{id}	γ _k	α _{T,i}	E	G	C _{Erid}	St _z	R _{ck}	R _{cm}	%R _{ck}	γ _c	f _{cd}	f _{ctd}	f _{ctm}	N	n _{Ac}
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]		[N/mm ²]	[N/mm ²]			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
Cls C25/30_B450C - (C25/30)															
001	25.000	0,00001 0	31.447	13.10 3	60	P	30,00	-	0,85	1,50	14,11	1,19	3,07	15	002

LEGENDA:

N _{id}	Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
γ _k	Peso specifico.
α _{T,i}	Coefficiente di dilatazione termica.
E	Modulo elastico normale.
G	Modulo elastico tangenziale.
C _{Erid}	Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E _{sisma} = E · C _{Erid}].
St _z	Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
R _{ck}	Resistenza caratteristica cubica.
R _{cm}	Resistenza media cubica.
%R _{ck}	Percentuale di riduzione della R _{ck} .
γ _c	Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.
f _{cd}	Resistenza di calcolo a compressione.
f _{ctd}	Resistenza di calcolo a trazione.



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

Caratteristiche calcestruzzo armato															
N _{id}	γ _k	α _{T,i}	E	G	C _{Erid}	St _z	R _{ck}	R _{cm}	%R _{ck}	γ _c	f _{cd}	f _{ctd}	f _{ctm}	N	n _{Ac}
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]		[N/mm ²]	[N/mm ²]			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		

f_{ctm} Resistenza media a trazione per flessione.

n_{Ac} Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

MATERIALI ACCIAIO

Caratteristiche acciaio															
N _i d	γ _k	α _{T,i}	E	G	St _z	f _{yk,1} / f _{yk,2}	f _{tk,1} / f _{tk,2}	f _{yd,1} / f _{yd,2}	f _{td}	γ _s	γ _{M1}	γ _{M2}	γ _{M3,SLV}	γ _{M3,SLE}	γ _{M7} NC nt Cnt
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]						
Acciaio B450C - (B450C)															
00 2	78.500	0,00001 0	210.0 00	80.76 9	P	450,0 0	-	391,30	-	1,1 5	-	-	-	-	-
						-		-							

LEGENDA:

N_{id} Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.

γ_k Peso specifico.

α_{T,i} Coefficiente di dilatazione termica.

E Modulo elastico normale.

G Modulo elastico tangenziale.

St_z Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).

f_{tk,1} Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con t ≤ 40 mm).

f_{tk,2} Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).

f_{td} Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).

γ_s Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.

γ_{M1} Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.

γ_{M2} Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.

γ_{M3,SLV} Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).

γ_{M3,SLE} Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).

γ_{M7} Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.

f_{yk,1} Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con t ≤ 40 mm).

f_{yk,2} Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).

f_{yd,1} Resistenza di calcolo (per profili con t ≤ 40 mm).

f_{yd,2} Resistenza di calcolo (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).

NOTE [-] = Parametro non significativo per il materiale.

TENSIONI AMMISSIBILI ALLO SLE DEI VARI MATERIALI

Tensioni ammissibili allo SLE dei vari materiali			
Materiale	SL	Tensione di verifica	σ _{d,amm} [N/mm ²]
Clas C25/30_B450C	Caratteristica(RARA) Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo	14,94
		Compressione Calcestruzzo	11,21
Acciaio B450C	Caratteristica(RARA)	Trazione Acciaio	360,00

LEGENDA:

SL Stato limite di esercizio per cui si esegue la verifica.

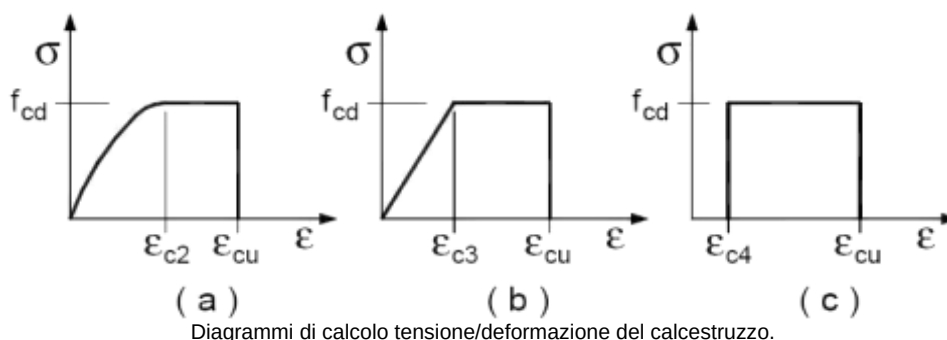
σ_{d,amm} Tensione ammissibile per la verifica.

I valori dei parametri caratteristici dei suddetti materiali sono riportati anche nei “Tabulati di calcolo”, nella relativa sezione.

Tutti i materiali impiegati dovranno essere comunque verificati con opportune prove di laboratorio secondo le prescrizioni della vigente Normativa.

EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

I diagrammi costitutivi degli elementi in calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al §4.1.2.1.2.1 del D.M. 2018; in particolare per le verifiche effettuate a pressoflessione retta e pressoflessione deviata è adottato il modello riportato in fig. (a).

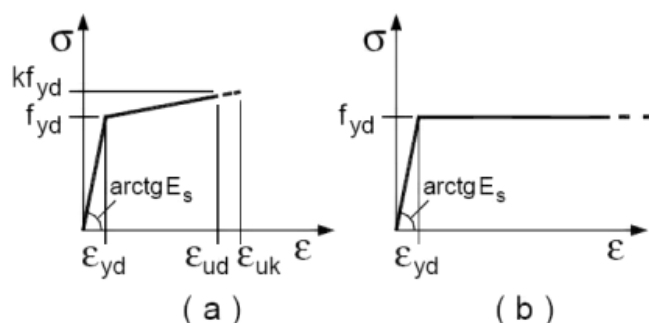


I valori di deformazione assunti sono:

$$\varepsilon_{c2} = 0,0020;$$

$$\varepsilon_{cu2} = 0,0035.$$

I diagrammi costitutivi dell'acciaio sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al §4.1.2.1.2.2 del D.M. 2018; in particolare è adottato il modello elastico perfettamente plastico rappresentato in fig. (b). La resistenza di calcolo è data da f_{yk}/γ_f . Il coefficiente di sicurezza γ_f si assume pari a 1,15.



10.3 TERRENO DI FONDAZIONE

Le proprietà meccaniche dei terreni sono state investigate mediante specifiche prove mirate alla misurazione della velocità delle onde di taglio negli strati del sottosuolo. In particolare, è stata calcolata una velocità di propagazione equivalente delle onde di taglio con la seguente relazione (eq. [3.2.1] D.M. 2018):

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

- h_i è lo spessore dell'i-simo strato;
- $V_{S,i}$ è la velocità delle onde di taglio nell'i-simo strato;
- N è il numero totale di strati investigati;
- H è la profondità del substrato con $V_S \geq 800$ m/s.



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

Le proprietà dei terreni sono, quindi, state ricondotte a quelle individuate nella seguente tabella, ponendo $H = 30$ m nella relazione precedente ed ottenendo il parametro $V_{s,30}$.

Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (Tab. 3.2.II D.M. 2018)

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Le indagini effettuate, mirate alla valutazione della velocità delle onde di taglio ($V_{s,30}$), permettono di classificare il profilo stratigrafico, ai fini della determinazione dell'azione sismica, di categoria **C** [**C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti**].

Le costanti di sottofondo (alla Winkler) del terreno sono state corrette secondo la seguente espressione:

$$K = c \cdot K_1;$$

dove:

K_1 = costante di Winkler del terreno riferita alla piastra standard di lato $b = 30$ cm;

c = coefficiente di correzione, funzione del comportamento del terreno e della particolare geometria degli elementi di fondazione. Nel caso di "Riduzione Automatica" è dato dalle successive espressioni:

$$c = \left[\frac{(B + b)}{2 \cdot B} \right]^2$$

per terreni incoerenti

(Rif. Evaluation of coefficients of subgrade reaction K. Terzaghi, 1955 p.315)

$$c = \left(\frac{L/B + 0,5}{1,5 \cdot L/B} \right) \cdot \frac{b}{B}$$

per terreni coerenti

(Rif. Evaluation of coefficients of subgrade reaction K. Terzaghi, 1955 p.315)

Essendo:

$b = 0,30$ m, dimensione della piastra standard;

L = lato maggiore della fondazione;

B = lato minore della fondazione.

Nel caso di stratigrafia la costante di sottofondo utilizzata nel calcolo delle **sollecitazioni** è quella del terreno a contatto con la fondazione, mentre nel calcolo dei **cedimenti** la costante di sottofondo utilizzata è calcolata come media pesata delle costanti di sottofondo presenti nel volume significativo della fondazione.

Tutti i parametri che caratterizzano i terreni di fondazione sono riportati nei "Tabulati di calcolo", nella relativa sezione. Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni geologica e geotecnica.

10.4 ANALISI DEI CARICHI



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

Un'accurata valutazione dei carichi è un requisito imprescindibile di una corretta progettazione, in particolare per le costruzioni realizzate in zona sismica., infatti, è fondamentale ai fini della determinazione delle forze sismiche, in quanto incide sulla valutazione delle masse e dei periodi propri della struttura dai quali dipendono i valori delle accelerazioni (ordinate degli spettri di progetto).

La valutazione dei carichi e dei sovraccarichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni del punto 3.1 del **D.M. 2018**. In particolare, è stato fatto utile riferimento alle Tabelle 3.1.I e 3.1.II del D.M. 2018, per i pesi propri dei materiali e per la quantificazione e classificazione dei sovraccarichi, rispettivamente.

La valutazione dei carichi permanenti è effettuata sulle dimensioni definitive.

Le analisi effettuate, corredate da dettagliate descrizioni, oltre che nei "Tabulati di calcolo" nella relativa sezione, sono di seguito riportate:

ANALISI CARICHI

N _{id}	T. C.	Descrizione del Carico	Tipologie di Carico	Peso Proprio		Permanente NON Strutturale		Sovraccarico Accidentale		Carico Neve
				Descrizione	PP	Descrizione	PNS	Descrizione	SA	
001	S	LatCem Abitazione H20	Abitazioni	Solaio di tipo tradizionale latero-cementizio di spessore 20 cm (16+4)	2.800	Pavimento e sottofondo, incidenza dei tramezzi e intonaco inferiore	2.360	Civile abitazione (Cat. A – Tab. 3.1.II - DM 17.01.2018)	2.000	0

LEGENDA:

N_{id} Numero identificativo dell'analisi di carico.
T. C. Identificativo del tipo di carico: [S] = Superficiale - [L] = Lineare - [C] = Concentrato.
PP, PNS, Valori, rispettivamente, del Peso Proprio, del Sovraccarico Permanente NON strutturale, del Sovraccarico Accidentale. Secondo il tipo di
SA carico indicato nella colonna "T.C." ("S" - "L" - "C"), i valori riportati nelle colonne "PP", "PNS" e "SA", sono espressi in [N/m²] per carichi Superficiali, [N/m] per carichi Lineari, [N] per carichi Concentrati.

10.5 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al §3.2 del D.M. 2018 "Norme tecniche per le Costruzioni".

In particolare il procedimento per la definizione degli spettri di progetto per i vari Stati Limite per cui sono state effettuate le verifiche è stato il seguente:

- definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del Periodo di Riferimento dell'azione sismica.
- Individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base a_g , F_0 e T_c^* per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC); l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio.
- Determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

- Calcolo del periodo T_c corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerate.

Si riportano di seguito le coordinate geografiche del sito rispetto al Datum ED50:

Latitudine	Longitudine	Altitudine
[°]	[°]	[m]
40.790556	14.367778	43

Verifiche di regolarità

Sia per la scelta del metodo di calcolo, sia per la valutazione del fattore di comportamento adottato, deve essere effettuato il controllo della regolarità della struttura. tabella seguente riepiloga, per la struttura in esame, le condizioni di regolarità in pianta ed in altezza soddisfatte.

REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN PIANTA	
La distribuzione di masse e rigidezze è approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali e la forma in pianta è compatta, ossia il contorno di ogni orizzontamento è convesso; il requisito può ritenersi soddisfatto, anche in presenza di rientranze in pianta, quando esse non influenzano significativamente la rigidezza nel piano dell'orizzontamento e, per ogni rientranza, l'area compresa tra il perimetro dell'orizzontamento e la linea convessa circoscritta all'orizzontamento non supera il 5% dell'area dell'orizzontamento	SI
Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4	SI
Ciascun orizzontamento ha una rigidezza nel proprio piano tanto maggiore della corrispondente rigidezza degli elementi strutturali verticali da potersi assumere che la sua deformazione in pianta influenzi in modo trascurabile la distribuzione delle azioni sismiche tra questi ultimi e ha resistenza sufficiente a garantire l'efficacia di tale distribuzione	SI
REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN ALTEZZA	
Tutti i sistemi resistenti alle azioni orizzontali si estendono per tutta l'altezza della costruzione o, se sono presenti parti aventi differenti altezze, fino alla sommità della rispettiva parte dell'edificio	SI
Massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25 %, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base	SI
Il rapporto tra la capacità e la domanda allo SLV non è significativamente diverso, in termini di resistenza, per orizzontamenti successivi (tale rapporto, calcolato per un generico orizzontamento, non deve differire più del 30% dall'analogo rapporto calcolato per l'orizzontamento adiacente); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti	SI
Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengano con continuità da un orizzontamento al successivo; oppure avvengano in modo che il rientro di un orizzontamento non superi il 10% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante, né il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro orizzontamenti, per il quale non sono previste limitazioni di restringimento	SI

La rigidezza è calcolata come rapporto fra il taglio complessivamente agente al piano e δ , spostamento relativo di piano (il taglio di piano è la sommatoria delle azioni orizzontali agenti al di sopra del piano considerato). i valori calcolati ed utilizzati per le verifiche sono riportati nei *"Tabulati di calcolo"* nella relativa sezione.

La struttura è pertanto:

in pianta	in altezza
REGOLARE	REGOLARE



Classe di duttilità

La classe di duttilità è rappresentativa della capacità dell'edificio di dissipare energia in campo anelastico per azioni cicliche ripetute. deformazioni anelastiche devono essere distribuite nel maggior numero di elementi duttili, in particolare le travi, salvaguardando in tal modo i pilastri e soprattutto i nodi travi pilastro che sono gli elementi più fragili. D.M. 2018 definisce due tipi di comportamento strutturale:

- a) comportamento strutturale non-dissipativo;
- b) comportamento strutturale dissipativo.

Per strutture con comportamento strutturale dissipativo si distinguono due livelli di Capacità Dissipativa o Classi di Duttilità (CD).

- CD "A" (Alta);
- CD "B" (Media).

La differenza tra le due classi risiede nell'entità delle plasticizzazioni cui ci si riconduce in fase di progettazione; per ambedue le classi, onde assicurare alla struttura un comportamento dissipativo e duttile evitando rotture fragili e la formazione di meccanismi instabili impreveduti, si fa ricorso ai procedimenti tipici della gerarchia delle resistenze.

La struttura in esame è stata progettata in classe di duttilità "**MEDIA**" (CD"**B**").

Spettri di Progetto per S.L.U. e S.L.D.

L'edificio è stato progettato per una **Vita Nominale** pari a **50** e per **Classe d'Uso** pari a **2**.

In base alle indagini geognostiche effettuate si è classificato il **suolo** di fondazione di **categoria C**, cui corrispondono i seguenti valori per i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta orizzontale e verticale:

Stato Limite	a_g/g	F_0	T^*_c	C_c	T_B	T_c	Parametri di pericolosità sismica	
							T_D	S_s
			[s]		[s]	[s]	[s]	
SLO	0.0440	2.348	0.281	1.60	0.150	0.449	1.776	1.50
SLD	0.0583	2.343	0.312	1.54	0.160	0.481	1.833	1.50
SLV	0.1625	2.385	0.342	1.50	0.171	0.512	2.250	1.47
SLC	0.2072	2.449	0.343	1.49	0.171	0.513	2.429	1.40

Per la definizione degli spettri di risposta, oltre all'accelerazione (a_g) al suolo (dipendente dalla classificazione sismica del Comune) occorre determinare il Fattore di Comportamento (q).

Il Fattore di comportamento q è un fattore riduttivo delle forze elastiche introdotto per tenere conto delle capacità dissipative della struttura che dipende dal sistema costruttivo adottato, dalla Classe di Duttilità e dalla regolarità in altezza.

Si è inoltre assunto il **Coefficiente di Amplificazione Topografica** (S_T) pari a **1.20**.

Tali succitate caratteristiche sono riportate negli allegati "Tabulati di calcolo" al punto "DATI GENERALI ANALISI SISMICA".



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

Per la struttura in esame sono stati determinati i seguenti valori:

Stato Limite di Danno

Fattore di Comportamento (q_x) per sisma orizzontale in direzione X: **1.00**;
 Fattore di Comportamento (q_y) per sisma orizzontale in direzione Y: **1.00**;
 Fattore di Comportamento (q_z) per sisma verticale: **1.00** (se richiesto).

Stato Limite di salvaguardia della Vita

Fattore di Comportamento (q_x) per sisma orizzontale in direzione X: **1.500** ;
 Fattore di Comportamento (q_y) per sisma orizzontale in direzione Y: **1.500** ;
 Fattore di Comportamento (q_z) per sisma verticale: **1.50** (se richiesto).

Di seguito si esplicita il calcolo del fattore di comportamento utilizzato per il sisma orizzontale:

	Dir. X	Dir. Y
Tipologia (§7.4.3.2 D.M. 2018)	A pareti, miste equivalenti a pareti	A pareti, miste equivalenti a pareti
Tipologia strutturale	con pareti non accoppiate	con pareti non accoppiate
α_u/α_1	1	1
k_w	0.50	0.50
q_0	1.500	1.500
k_R	1.00	

Il fattore di comportamento è calcolato secondo la relazione (7.3.1) del §7.3.1 del D.M. 2018:

$$q = q_0 \cdot k_R;$$

dove:

k_w è il coefficiente che riflette la modalità di collasso prevalente in sistemi strutturali con pareti.

q_0 è il valore massimo del fattore di comportamento che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto α_u/α_1 tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione.
NOTA: il valore proposto di q_0 è già ridotto dell'eventuale coefficiente k_w ;

k_R è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza.

N.B.1: Per le costruzioni **regolari in pianta**, qualora non si proceda ad un'analisi non lineare finalizzata alla valutazione del rapporto α_u/α_1 , per esso possono essere adottati i valori



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

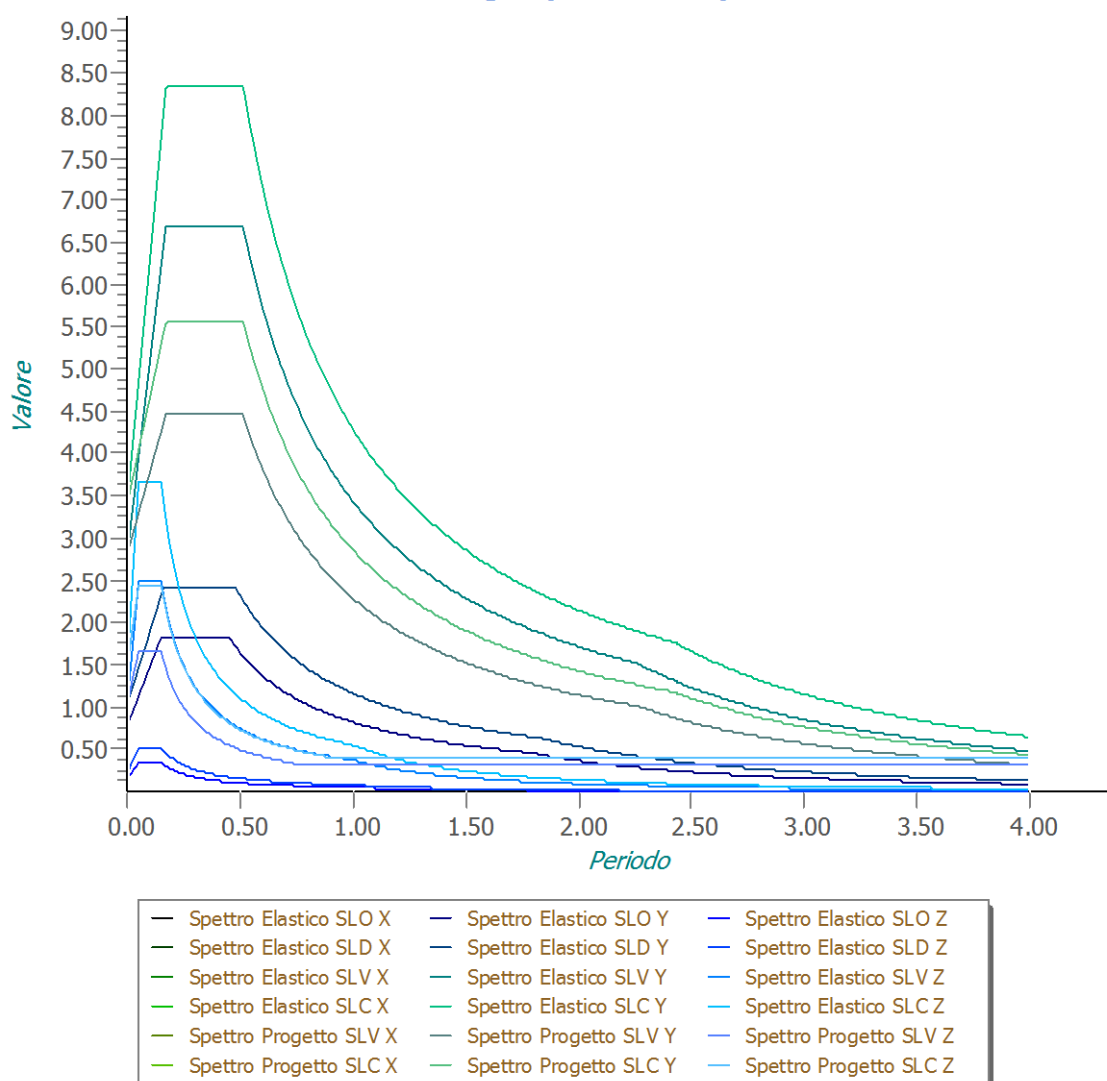
indicati nel §7.4.3.2 del D.M. 2018 per le diverse tipologie costruttive. Per le costruzioni **non regolari in pianta**, si possono adottare valori di α_u/α_1 pari alla media tra 1,0 ed i valori di volta in volta forniti per le diverse tipologie costruttive.

Valori massimi del valore di base q_0 del fattore di comportamento allo SLV per costruzioni di calcestruzzo (§ 7.4.3.2 D.M. 2018)(cfr. Tabella 7.3.II D.M. 2018)

Tipologia strutturale	q_0	
	CD "A"	CD "B"
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste (v. §7.4.3.1)	4,5 α_u/α_1	3,0 α_u/α_1
Strutture a pareti non accoppiate (v. §7.4.3.1)	4,0 α_u/α_1	3,0
Strutture deformabili torsionalmente (v. §7.4.3.1)	3,0	2,0
Strutture a pendolo inverso (v. §7.4.3.1)	2,0	1,5
Strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano (v. §7.4.3.1)	3,5	2,5

Gli spettri utilizzati sono riportati nella successiva figura.

Grafico degli Spettri di Risposta



Metodo di Analisi

Il calcolo delle azioni sismiche è stato eseguito in analisi dinamica modale, considerando il



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

comportamento della struttura in regime elastico lineare.

Il numero di **modi di vibrazione** considerato (15) ha consentito, nelle varie condizioni, di mobilitare le seguenti percentuali delle masse della struttura:

Stato Limite	Direzione Sisma	%
salvaguardia della vita	X	99.8
salvaguardia della vita	Y	99.9
salvaguardia della vita	Z	100.0

Per valutare la risposta massima complessiva di una generica caratteristica E, conseguente alla sovrapposizione dei modi, si è utilizzata una tecnica di combinazione probabilistica definita CQC (*Complete Quadratic Combination - Combinazione Quadratica Completa*):

$$E = \sqrt{\sum_{i,j=1,n} \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j} \quad \rho_{ij} = \frac{8 \cdot \xi^2 \cdot (1 + \beta_{ij}) \cdot \beta_{ij}^{3/2}}{(1 - \beta_{ij}^2)^2 + 4 \cdot \xi^2 \cdot \beta_{ij} \cdot (1 + \beta_{ij})^2} \quad \beta_{ij} = \frac{T_j}{T_i}$$

dove:

- n è il numero di modi di vibrazione considerati;
- ξ è il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente espresso in percentuale;
- β_{ij} è il rapporto tra le frequenze di ciascuna coppia i-j di modi di vibrazione.

Le sollecitazioni derivanti da tali azioni sono state composte poi con quelle derivanti da carichi verticali, orizzontali non sismici secondo le varie combinazioni di carico probabilistiche. Il calcolo è stato effettuato mediante un programma agli elementi finiti le cui caratteristiche verranno descritte nel seguito.

Il calcolo degli effetti dell'azione sismica è stato eseguito con riferimento alla struttura spaziale, tenendo cioè conto degli elementi interagenti fra loro secondo l'effettiva realizzazione escludendo i tamponamenti. Non ci sono approssimazioni su tetti inclinati, piani sfalsati o scale, solette, pareti irrigidenti e nuclei.

Si è tenuto conto delle deformabilità taglianti e flessionali degli elementi monodimensionali; muri, pareti, setti, solette sono stati correttamente schematizzati tramite elementi finiti a tre/quattro nodi con comportamento a guscio (sia a piastra che a lastra).

Sono stati considerati sei gradi di libertà per nodo; in ogni nodo della struttura sono state applicate le forze sismiche derivanti dalle masse circostanti.

Le sollecitazioni derivanti da tali forze sono state poi combinate con quelle derivanti dagli altri carichi come prima specificato.

Valutazione degli spostamenti

Gli spostamenti d_E della struttura sotto l'azione sismica di progetto allo SLV sono stati ottenuti moltiplicando per il fattore μ_d i valori d_{Ee} ottenuti dall'analisi lineare, dinamica o statica, secondo l'espressione seguente:

$$d_E = \pm \mu_d \cdot d_{Ee}$$

dove

$$\begin{aligned} \mu_d &= q & \text{se } T_1 \geq T_C; \\ \mu_d &= 1 + (q-1) \cdot T_C / T_1 & \text{se } T_1 < T_C. \end{aligned}$$

In ogni caso $\mu_d \leq 5q - 4$.



Combinazione delle componenti dell'azione sismica

Le azioni orizzontali dovute al sisma sulla struttura vengono convenzionalmente determinate come agenti separatamente in due direzioni tra loro ortogonali prefissate. In generale, però, le componenti orizzontali del sisma devono essere considerate come agenti simultaneamente. A tale scopo, la combinazione delle componenti orizzontali dell'azione sismica è stata tenuta in conto come segue:

- gli effetti delle azioni dovuti alla combinazione delle componenti orizzontali dell'azione sismica sono stati valutati mediante le seguenti combinazioni:

$$E_{EdX} \pm 0,30E_{EdY}$$

$$E_{EdY} \pm 0,30E_{EdX}$$

dove:

E_{EdX} rappresenta gli effetti dell'azione dovuti all'applicazione dell'azione sismica lungo l'asse orizzontale X scelto della struttura;

E_{EdY} rappresenta gli effetti dell'azione dovuti all'applicazione dell'azione sismica lungo l'asse orizzontale Y scelto della struttura.

L'azione sismica verticale deve essere considerata in presenza di: elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m, elementi pressoché orizzontali precompressi, elementi a sbalzo pressoché orizzontali con luce maggiore di 5 m, travi che sostengono colonne, strutture isolate.

La combinazione della componente verticale del sisma, qualora portata in conto, con quelle orizzontali è stata tenuta in conto come segue:

- gli effetti delle azioni dovuti alla combinazione delle componenti orizzontali e verticali del sisma sono stati valutati mediante le seguenti combinazioni:

$$E_{EdX} \pm 0,30E_{EdY} \pm 0,30E_{EdZ}$$

$$E_{EdY} \pm 0,30E_{EdX} \pm 0,30E_{EdZ}$$

$$E_{EdZ} \pm 0,30E_{EdX} \pm 0,30E_{EdY}$$

dove:

E_{EdX} e E_{EdY} sono gli effetti dell'azione sismica nelle direzioni orizzontali prima definite;

E_{EdZ} rappresenta gli effetti dell'azione dovuti all'applicazione della componente verticale dell'azione sismica di progetto.

Eccentricità accidentali

Per valutare le eccentricità accidentali, previste in aggiunta all'eccentricità effettiva sono state considerate condizioni di carico aggiuntive ottenute applicando l'azione sismica nelle posizioni del centro di massa di ogni piano ottenute traslando gli stessi, in ogni direzione considerata, di una distanza pari a +/- 5% della dimensione massima del piano in direzione perpendicolare all'azione sismica. Si noti che la distanza precedente, nel caso di distribuzione degli elementi non strutturali fortemente irregolare in pianta, viene raddoppiata ai sensi del § 7.2.3 del D.M. 2018.



10.6 AZIONI SULLA STRUTTURA

I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 2018. I carichi agenti sui solai, derivanti dall'analisi dei carichi, vengono ripartiti dal programma di calcolo in modo automatico sulle membrature (travi, pilastri, pareti, solette, platee, ecc.).

I carichi dovuti ai tamponamenti, sia sulle travi di fondazione che su quelle di piano, sono schematizzati come carichi lineari agenti esclusivamente sulle aste.

Su tutti gli elementi strutturali è inoltre possibile applicare direttamente ulteriori azioni concentrate e/o distribuite (variabili con legge lineare ed agenti lungo tutta l'asta o su tratti limitati di essa).

Le azioni introdotte direttamente sono combinate con le altre (carichi permanenti, accidentali e sisma) mediante le combinazioni di carico di seguito descritte; da esse si ottengono i valori probabilistici da impiegare successivamente nelle verifiche.

Stato Limite di Salvaguardia della Vita

Le azioni sulla costruzione sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle norme vigenti.

Per gli stati limite ultimi sono state adottate le combinazioni del tipo:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{K1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{K2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{K3} + \dots \dots \quad (1)$$

dove:

- G_1 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);
- G_2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P rappresenta l'azione di pretensione e/o precompressione;
- Q azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:
 - di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;
 - di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;
- Q_{ki} rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- $\gamma_{gr}, \gamma_{qr}, \gamma_p$ coefficienti parziali come definiti nella Tab. 2.6.I del D.M. 2018;
- ψ_{0i} sono i coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici.

Le **26 combinazioni** risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico elementare: ciascuna condizione di carico accidentale, a rotazione, è stata considerata sollecitazione di base (Q_{k1} nella formula



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

precedente).

I coefficienti relativi a tali combinazioni di carico sono riportati negli allegati "Tabulati di calcolo".

In zona sismica, oltre alle sollecitazioni derivanti dalle generiche condizioni di carico statiche, devono essere considerate anche le sollecitazioni derivanti dal sisma. L'azione sismica è stata combinata con le altre azioni secondo la seguente relazione:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

dove:

- E rappresenta l'azione sismica per lo stato limite in esame;
- G_1 rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G_2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P rappresenta l'azione di pretensione e/o precompressione;
- ψ_{2i} coefficiente di combinazione delle azioni variabili Q_i ;
- Q_{ki} valore caratteristico dell'azione variabile Q_i .

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_K + \sum_i (\psi_{2i} \cdot Q_{ki}).$$

I valori dei coefficienti ψ_{2i} sono riportati nella seguente tabella:

Categoria/Azione	ψ_{2i}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,3
Categoria B - Uffici	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,6
Categoria E - Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	0,8
Categoria F - Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,6
Categoria G - Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,3
Categoria H - Coperture	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	*
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)	*
Vento	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,2
Variazioni termiche	0,0
* "Da valutarsi caso per caso"	

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni, sono state effettuate con l'**Approccio 2** come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione **A1+M1+R3**. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 definiti nella Tab. 6.2.I del D.M. 2018.

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella Tab. 6.2.II del D.M. 2018.

I valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della Tab. 6.4.I del D.M. 2018 per le fondazioni superficiali.

Si è quindi provveduto a progettare le armature di ogni elemento strutturale per ciascuno dei valori ottenuti secondo le modalità precedentemente illustrate. Nella sezione relativa alle



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

verifiche dei “*Tabulati di calcolo*” in allegato sono riportati, per brevità, i valori della sollecitazione relativi alla combinazione cui corrisponde il minimo valore del coefficiente di sicurezza.

Stato Limite di Danno

L'azione sismica, ottenuta dallo spettro di progetto per lo Stato Limite di Danno, è stata combinata con le altre azioni mediante una relazione del tutto analoga alla precedente:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki};$$

dove:

- E rappresenta l'azione sismica per lo stato limite in esame;
- G₁ rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G₂ rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P rappresenta l'azione di pretensione e/o precompressione;
- ψ_{2i} coefficiente di combinazione delle azioni variabili Q_i;
- Q_{ki} valore caratteristico dell'azione variabile Q_i.

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_K + \sum_i (\psi_{2i} \cdot Q_{ki}).$$

I valori dei coefficienti ψ_{2i} sono riportati nella tabella di cui allo SLV.

Stati Limite di Esercizio

Allo Stato Limite di Esercizio le sollecitazioni con cui sono state semiprogettate le aste in c.a. sono state ricavate applicando le formule riportate nel D.M. 2018 al §2.5.3. Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

rara	frequente	quasi permanente
$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

dove:

- G_{kj}: valore caratteristico della j-esima azione permanente;
- P_{kh}: valore caratteristico della h-esima deformazione impressa;
- Q_{kl}: valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
- Q_{ki}: valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- ψ_{0i}: coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;
- ψ_{1i}: coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
- ψ_{2i}: coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

Ai coefficienti ψ_{0i} , ψ_{1i} , ψ_{2i} sono attribuiti i seguenti valori:

Azione	ψ_{0i}	ψ_{1i}	ψ_{2i}
Categoria A – Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B – Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C – Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D – Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H – Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

In maniera analoga a quanto illustrato nel caso dello SLU le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico; a turno ogni condizione di carico accidentale è stata considerata sollecitazione di base [Q_{k1} nella formula (1)], con ciò dando origine a tanti valori combinati. Per ognuna delle combinazioni ottenute, in funzione dell'elemento (trave, pilastro, etc...) sono state effettuate le verifiche allo SLE (tensioni, deformazioni e fessurazione).

Negli allegati "Tabulati Di Calcolo" sono riportati i coefficienti relativi alle combinazioni di calcolo generate relativamente alle combinazioni di azioni "**Quasi Permanente**" (1), "**Frequente**" (2) e "**Rara**" (2).

Nelle sezioni relative alle verifiche allo SLE dei citati tabulati, inoltre, sono riportati i valori delle sollecitazioni relativi alle combinazioni che hanno originato i risultati più gravosi.

10.7 CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO

Denominazione

Nome del Software	EdiLus
Versione	BIM ONE(a)
Caratteristiche del Software	Software per il calcolo di strutture agli elementi finiti per Windows
Produzione e Distribuzione	ACCA software S.p.A. Contrada Rosole 13 83043 BAGNOLI IRPINO (AV) - Italy Tel. 0827/69504 r.a. - Fax 0827/601235 e-mail: info@acca.it - Internet: www.acca.it

Sintesi delle funzionalità generali

Il pacchetto consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali e di generare gli elaborati grafici esecutivi.

È una procedura integrata dotata di tutte le funzionalità necessarie per consentire il calcolo completo di una struttura mediante il metodo degli elementi finiti (FEM); la modellazione



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

della struttura è realizzata tramite elementi Beam (travi e pilastri) e Shell (platee, pareti, solette, setti, travi-parete).

L'input della struttura avviene per oggetti (travi, pilastri, solai, solette, pareti, etc.) in un ambiente grafico integrato; il modello di calcolo agli elementi finiti, che può essere visualizzato in qualsiasi momento in una apposita finestra, viene generato dinamicamente dal software.

Apposite funzioni consentono la creazione e la manutenzione di archivi Sezioni, Materiali e Carichi; tali archivi sono generali, nel senso che sono creati una tantum e sono pronti per ogni calcolo, potendoli comunque integrare/modificare in ogni momento.

L'utente non può modificare il codice ma soltanto eseguire delle scelte come:

- definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);
- modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;
- definire condizioni di carico;
- definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il programma è dotato di un manuale tecnico ed operativo. L'assistenza è effettuata direttamente dalla casa produttrice, mediante linea telefonica o e-mail.

Il calcolo si basa sul solutore agli elementi finiti **MICROSAP** prodotto dalla società **TESYS srl**. La scelta di tale codice è motivata dall'elevata affidabilità dimostrata e dall'ampia documentazione a disposizione, dalla quale risulta la sostanziale uniformità dei risultati ottenuti su strutture standard con i risultati internazionalmente accettati ed utilizzati come riferimento.

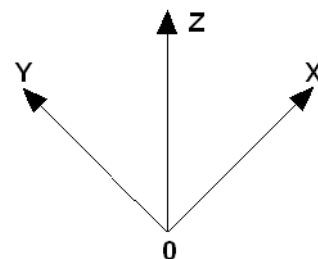
Tutti i risultati del calcolo sono forniti, oltre che in formato numerico, anche in formato grafico permettendo così di evidenziare agevolmente eventuali incongruenze.

Il programma consente la stampa di tutti i dati di input, dei dati del modello strutturale utilizzato, dei risultati del calcolo e delle verifiche dei diagrammi delle sollecitazioni e delle deformate.

Sistemi di Riferimento

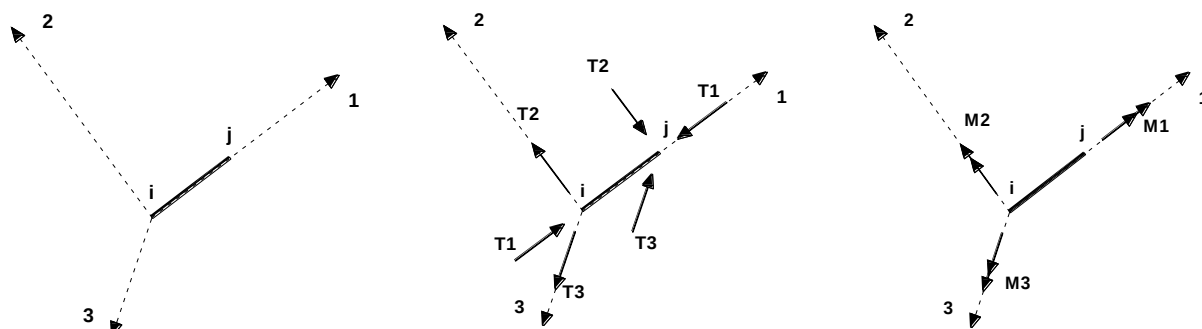
Riferimento globale

Il sistema di riferimento globale, rispetto al quale va riferita l'intera struttura, è costituito da una terna di assi cartesiani sinistrorsa O, X, Y, Z (X, Y, e Z sono disposti e orientati rispettivamente secondo il pollice, l'indice ed il medio della mano destra, una volta posizionati questi ultimi a 90° tra loro).



Riferimento locale per travi

EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO



L'elemento Trave è un classico elemento strutturale in grado di ricevere Carichi distribuiti e Carichi Nodali applicati ai due nodi di estremità; per effetto di tali carichi nascono, negli estremi, sollecitazioni di taglio, sforzo normale, momenti flettenti e torcenti.

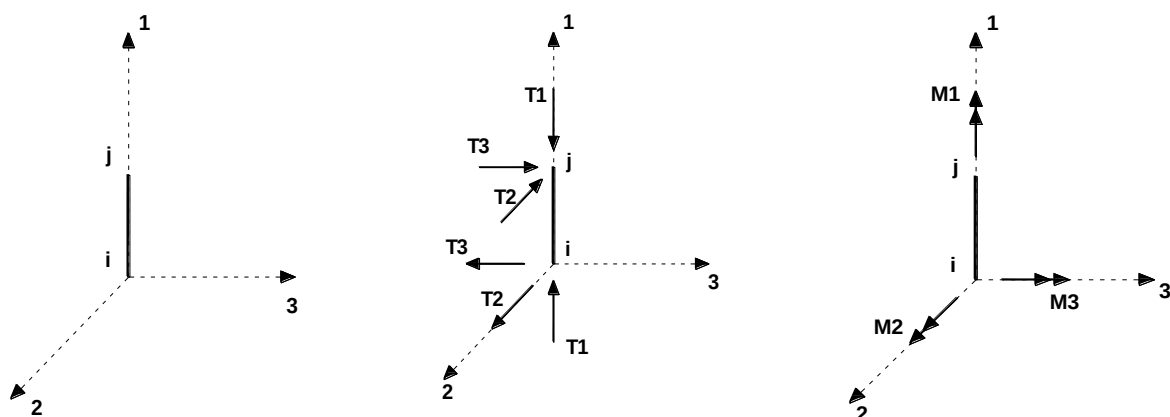
Definiti i e j (nodi iniziale e finale della Trave) viene individuato un sistema di assi cartesiani 1-2-3 locale all'elemento, con origine nel Nodo i così composto:

- asse 1 orientato dal nodo i al nodo j;
- assi 2 e 3 appartenenti alla sezione dell'elemento e coincidenti con gli assi principali d'inerzia della sezione stessa.

Le sollecitazioni verranno fornite in riferimento a tale sistema di riferimento:

1. Sollecitazione di Trazione o Compressione T_1 (agente nella direzione i-j);
2. Sollecitazioni taglienti T_2 e T_3 , agenti nei due piani 1-2 e 1-3, rispettivamente secondo l'asse 2 e l'asse 3;
3. Sollecitazioni che inducono flessione nei piani 1-3 e 1-2 (M_2 e M_3);
4. Sollecitazione torcente M_1 .

Riferimento locale per pilastri



Definiti i e j come i due nodi iniziale e finale del pilastro, viene individuato un sistema di assi cartesiani 1-2-3 locale all'elemento, con origine nel Nodo i così composto:

- asse 1 orientato dal nodo i al nodo j;
- asse 2 perpendicolare all' asse 1, parallelo e discorde all'asse globale Y;
- asse 3 che completa la terna destrorsa, parallelo e concorde all'asse globale X.

EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

Tale sistema di riferimento è valido per Pilastri con angolo di rotazione pari a '0' gradi; una rotazione del pilastro nel piano XY ha l'effetto di ruotare anche tale sistema (ad es. una rotazione di '90' gradi porterebbe l'asse 2 a essere parallelo e concorde all'asse X, mentre l'asse 3 sarebbe parallelo e concorde all'asse globale Y). La rotazione non ha alcun effetto sull'asse 1 che coinciderà sempre e comunque con l'asse globale Z.

Per quanto riguarda le sollecitazioni si ha:

- una forza di trazione o compressione T_1 , agente lungo l'asse locale 1;
- due forze taglianti T_2 e T_3 agenti lungo i due assi locali 2 e 3;
- due vettori momento (flettente) M_2 e M_3 agenti lungo i due assi locali 2 e 3;
- un vettore momento (torcente) M_1 agente lungo l'asse locale nel piano 1.

Riferimento locale per pareti

Una parete è costituita da una sequenza di setti; ciascun setto è caratterizzato da un sistema di riferimento locale 1-2-3 così individuato:

- asse 1, coincidente con l'asse globale Z;
- asse 2, parallelo e discorde alla linea d'asse della traccia del setto in pianta;
- asse 3, ortogonale al piano della parete, che completa la terna levogira.

Su ciascun setto l'utente ha la possibilità di applicare uno o più carichi uniformemente distribuiti comunque orientati nello spazio; le componenti di tali carichi possono essere fornite, a discrezione dell'utente, rispetto al riferimento globale X,Y,Z oppure rispetto al riferimento locale 1,2,3 appena definito.

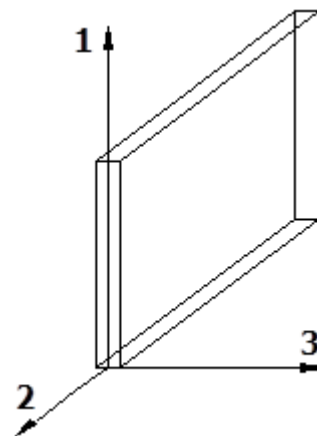
Si rende necessario, a questo punto, meglio precisare le modalità con cui EdiLus restituisce i risultati di calcolo.

Nel modello di calcolo agli elementi finiti ciascun setto è discretizzato in una serie di elementi tipo "shell" interconnessi; il solutore agli elementi finiti integrato nel programma EdiLus, definisce un riferimento locale per ciascun elemento shell e restituisce i valori delle tensioni esclusivamente rispetto a tali riferimenti.

Il software EdiLus provvede ad omogeneizzare tutti i valori riferendoli alla terna 1-2-3. Tale operazione consente, in fase di input, di ridurre al minimo gli errori dovuti alla complessità d'immissione dei dati stessi ed allo stesso tempo di restituire all'utente dei risultati facilmente interpretabili.

Tutti i dati cioè, sia in fase di input che in fase di output, sono organizzati secondo un criterio razionale vicino al modo di operare del tecnico e svincolato dal procedimento seguito dall'elaboratore elettronico.

In tal modo ad esempio, il significato dei valori delle tensioni può essere compreso con immediatezza non solo dal progettista che ha operato con il programma ma anche da un tecnico terzo non coinvolto nell'elaborazione; entrambi, così, potranno controllare con



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

facilità dal tabulato di calcolo, la congruità dei valori riportati.

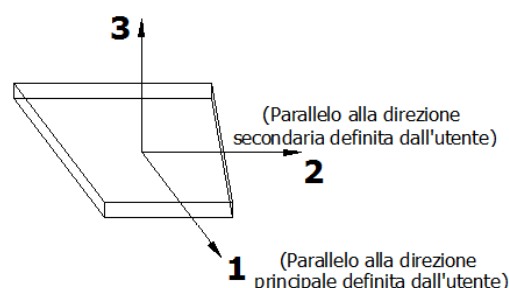
Un'ultima notazione deve essere riservata alla modalità con cui il programma fornisce le armature delle pareti, con riferimento alla faccia anteriore e posteriore.

La faccia anteriore è quella di normale uscente concorde all'asse 3 come prima definito o, identicamente, quella posta alla destra dell'osservatore che percorresse il bordo superiore della parete concordemente al verso di tracciamento.

Riferimento locale per solette e platee

Ciascuna soletta e platea è caratterizzata da un sistema di riferimento locale 1,2,3 così definito:

- asse 1, coincidente con la direzione principale di armatura;
- asse 2, coincidente con la direzione secondaria di armatura;
- asse 3, ortogonale al piano della parete, che completa la terna levogira.



Modello di Calcolo

Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche.

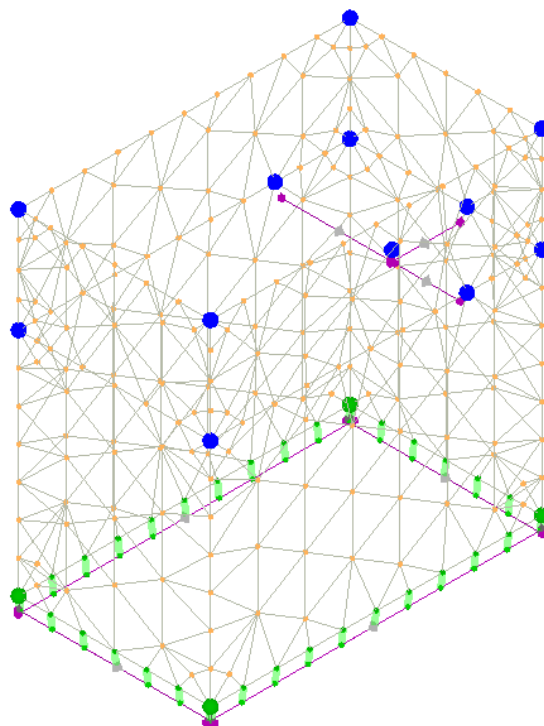
Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare celermente ed univocamente ciascun elemento nei "Tabulati di calcolo".

Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica dettagliata della discretizzazione operata con evidenziazione dei nodi e degli elementi.

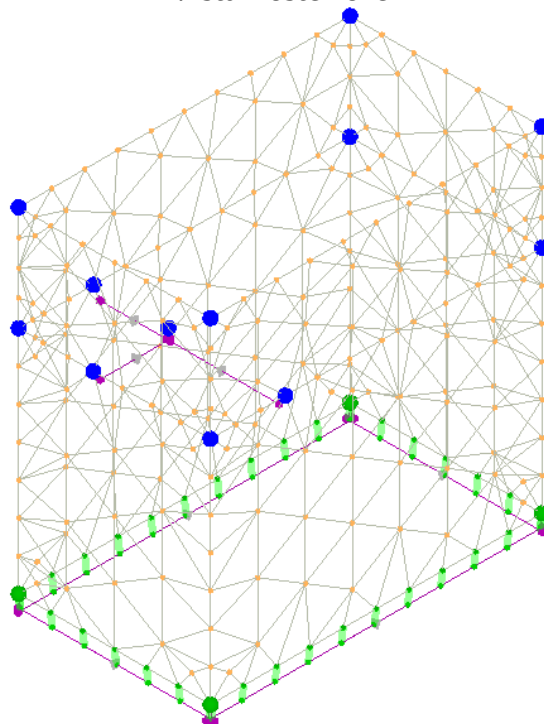
Vista Anteriore



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO



Vista Posteriore



Dalle illustrazioni precedenti si evince come le aste, sia travi che pilastri, siano schematizzate con un tratto flessibile centrale e da due tratti (braccetti) rigidi alle estremità. I



nodi vengono posizionati sull'asse verticale dei pilastri, in corrispondenza dell'estradosso della trave più alta che in esso si collega. Tramite i braccetti i tratti flessibili sono quindi collegati ad esso.

In questa maniera il nodo risulta perfettamente aderente alla realtà poiché vengono presi in conto tutti gli eventuali disassamenti degli elementi con gli effetti che si possono determinare, quali momenti flettenti/torcenti aggiuntivi.

Le sollecitazioni vengono determinate, com'è corretto, solo per il tratto flessibile. Sui tratti rigidi, infatti, essendo (teoricamente) nulle le deformazioni le sollecitazioni risultano indeterminate.

Questa schematizzazione dei nodi viene automaticamente realizzata dal programma anche quando il nodo sia determinato dall'incontro di più travi senza il pilastro, o all'attacco di travi/pilastri con elementi shell.

10.8 PROGETTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

La verifica degli elementi allo SLU avviene col seguente procedimento:

- si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 2018, ottenendo un insieme di sollecitazioni;
- si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'azione del sisma secondo quanto indicato nel §2.5.3, relazione (2.5.5) del D.M. 2018;
- per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

Verifiche di Resistenza

Elementi in C.A.

Illustriamo, in dettaglio, il procedimento seguito in presenza di pressoflessione deviata (pilastri e trave di sezione generica):

- per tutte le terne M_x , M_y , N , individuate secondo la modalità precedentemente illustrata, si calcola il coefficiente di sicurezza in base alla formula 4.1.19 del D.M. 2018, effettuando due verifiche a pressoflessione retta con la seguente formula:

$$\left(\frac{M_{Ex}}{M_{Rx}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{Ey}}{M_{Ry}} \right)^\alpha \leq 1$$

dove:

M_{Ex} , M_{Ey} sono i valori di calcolo delle due componenti di flessione retta dell'azione attorno agli assi di flessione X ed Y del sistema di riferimento locale;



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

M_{Rx} , M_{Ry} sono i valori di calcolo dei momenti resistenti di pressoflessione retta corrispondenti allo sforzo assiale N_{Ed} valutati separatamente attorno agli assi di flessione.

L'esponente α può dedursi in funzione della geometria della sezione, della percentuale meccanica dell'armatura e della sollecitazione di sforzo normale agente.

- se per almeno una di queste terne la relazione 4.1.19 non è rispettata, si incrementa l'armatura variando il diametro delle barre utilizzate e/o il numero delle stesse in maniera iterativa fino a quando la suddetta relazione è rispettata per tutte le terne considerate.

Sempre quanto concerne il progetto degli elementi in c.a. illustriamo in dettaglio il procedimento seguito per le travi verificate/semiprogettate a pressoflessione retta:

- per tutte le coppie M_x , N , individuate secondo la modalità precedentemente illustrata, si calcola il coefficiente di sicurezza in base all'armatura adottata;
- se per almeno una di queste coppie esso è inferiore all'unità, si incrementa l'armatura variando il diametro delle barre utilizzate e/o il numero delle stesse in maniera iterativa fino a quando il coefficiente di sicurezza risulta maggiore o al più uguale all'unità per tutte le coppie considerate.

Nei "*Tabulati di calcolo*", per brevità, non potendo riportare una così grossa mole di dati, si riporta la terna M_x , M_y , N , o la coppia M_x , N che ha dato luogo al minimo coefficiente di sicurezza.

Una volta semiprogettate le armature allo SLU, si procede alla verifica delle sezioni allo Stato Limite di Esercizio con le sollecitazioni derivanti dalle combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti; se necessario, le armature vengono integrate per far rientrare le tensioni entro i massimi valori previsti. si procede alle verifiche alla deformazione, quando richiesto, ed alla fessurazione che, come è noto, sono tese ad assicurare la durabilità dell'opera nel tempo.

Fondazioni superficiali

Le metodologie, i modelli usati ed i risultati del calcolo del carico limite sono esposti nella relazione GEOTECNICA.

Gerarchia delle Resistenze

Elementi in C.A.

Relativamente agli elementi in c.a., sono state applicate le disposizioni contenute al §7.4.4 del D.M. 2018. Più in particolare:

- per le **travi**, al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al **taglio**, le sollecitazioni di calcolo si ottengono sommando il contributo dovuto ai carichi gravitazionali agenti sulla trave, considerata incernierata agli estremi, alle sollecitazioni di



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

taglio corrispondenti alla formazione delle cerniere plastiche nella trave e prodotte dai momenti resistenti delle due sezioni di estremità, amplificati del fattore di sovrarresistenza γ_{Rd} assunto pari, rispettivamente, ad 1,20 per strutture in CD“A”, ad 1,10 per strutture in CD“B”. La verifica di resistenza è eseguita secondo le indicazioni del par. 7.4.4.1.1 D.M. 2018.

- per i **pilastri**, al fine di scongiurare l'attivazione di meccanismi fragili globali, come il meccanismo di “piano debole” che comporta la plasticizzazione, anticipata rispetto alle travi, di gran parte dei pilastri di un piano, il progetto a **flessione** delle zone dissipative dei pilastri è effettuato considerando le sollecitazioni corrispondenti alla resistenza delle zone dissipative delle travi amplificata mediante il coefficiente γ_{Rd} che vale 1,3 in CD“A” e 1,3 per CD“B”. In tali casi, generalmente, il meccanismo dissipativo prevede la localizzazione delle cerniere alle estremità delle travi e le sollecitazioni di progetto dei pilastri possono essere ottenute a partire dalle resistenze d'estremità delle travi che su di essi convergono, facendo in modo che, per ogni nodo trave-pilastro ed ogni direzione e verso dell'azione sismica, la resistenza complessiva dei pilastri sia maggiore della resistenza complessiva delle travi amplificata del coefficiente γ_{Rd} , in accordo con la formula (7.4.4) del D.M. 2018. Le verifiche di resistenza sono eseguite secondo le indicazioni del par. 7.4.4.2.1 D.M. 2018.

Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al **taglio**, le sollecitazioni di calcolo da utilizzare per le verifiche ed il dimensionamento delle armature si ottengono dalla condizione di equilibrio del pilastro soggetto all'azione dei momenti resistenti nelle sezioni di estremità superiore ed inferiore secondo l'espressione (7.4.5). Le verifiche di resistenza sono eseguite secondo le indicazioni del par. 7.4.4.2.1.

- per i **nodi trave-pilastro**, si deve verificare che la resistenza del nodo sia tale da assicurare che non pervenga a rottura prima delle zone della trave e del pilastro ad esso adiacente. L'azione di taglio, agente in direzione orizzontale per le varie direzioni del sisma, nel nucleo di calcestruzzo del nodo è calcolata secondo l'espressione (7.4.6) per i nodi interni e (7.4.7) per quelli esterni. Le verifiche di resistenza sono eseguite invece secondo le indicazioni del §7.4.4.3.1 D.M. 2018.
- per i **setti** sismo resistenti, le sollecitazioni di calcolo sono determinate secondo quanto indicato nel par. 7.4.4.5 D.M. 2018 Le verifiche di resistenza sono eseguite invece secondo le indicazioni del par. 7.4.4.5.1 D.M. 2018.

Fondazioni

Per quanto riguarda la struttura di fondazione sono applicate le disposizioni contenute al §7.2.5 del D.M. 2018. Più in particolare:

- le azioni trasmesse in fondazione derivano dall'analisi del comportamento dell'intera struttura, condotta esaminando la sola struttura in elevazione alla quale sono applicate le azioni statiche e sismiche;
- il dimensionamento della struttura di fondazione e la verifica di sicurezza del complesso fondazione-terreno sono eseguite, nell'ipotesi di comportamento strutturale dissipativo, assumendo come azioni in fondazione quelle trasferite dagli elementi soprastanti amplificate di un coefficiente γ_{Rd} pari a 1,1 in CD“B” e 1,3 in CD“A”.



I risultati delle suddette verifiche sono riportate nei "Tabulati di calcolo".

10.9 DETTAGLI STRUTTURALI

Il progetto delle strutture è stato condotto rispettando i dettagli strutturali previsti dal D.M. 2018, nel seguito illustrati. Il rispetto dei dettagli può essere evinto, oltreché dagli elaborati grafici, anche dalle verifiche riportate nei tabulati allegati alla presente relazione.

9.3.1 Travi in c.a.

Le armature degli elementi trave sono state dimensionati seguendo i dettagli strutturali previsti al punto 4.1.6.1.1 del D.M. 2018:

$$A_s \geq A_{s,min} = \max \left\{ 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d; 0,0013 b_t d \right\} \quad [\text{TR-C4-A}]$$

$$\max \{ A_s; A'_s \} \leq A_{s,max} = 0,04 A_c \quad [\text{TR-C4-B}]$$

$$A_{st} \geq A_{st,min} = 1,5 b \text{ mm}^2 / m \quad [\text{TR-C4-C}]$$

$$p_{st} \geq p_{st,min} = \min \{ 33,3 \text{ cm}; 0,8 d \} \quad [\text{TR-C4-D}]$$

$$A_{st} \geq 0,5 A_{sw} \quad [\text{TR-C4-E}]$$

$$p_{st} \geq 15 \Phi \quad [\text{TR-C4-F}]$$

dove:

- A_s e A'_s sono le aree di armature tese e compresse;
- f_{ctm} è la resistenza a trazione media del cls;
- f_{yk} è la resistenza caratteristica allo snervamento;
- b_t è la larghezza media della zona tesa della trave (pari alla larghezza della trave o dell'anima nel caso di sezioni a T);
- d è l'altezza utile della trave;
- b è lo spessore minimo dell'anima in mm;
- p_{st} è il passo delle staffe;
- A_c è l'area della sezione di cls;
- A_{st} è l'area delle staffe;
- A_{sw} è l'area totale delle armature a taglio (area delle staffe più area dei ferri piegati);
- dove Φ è il diametro delle armature longitudinali compresse.

Ai fini di un buon comportamento sismico, sono rispettate le seguenti limitazioni geometriche, ai sensi del § 7.4.6.1.1 del D.M. 2018:

$$b_t \geq b_{t,min} = 20 \text{ cm} \quad [\text{TR-LG-A}]$$

$$b_t \leq b_{t,max} = \min \{ b_c + h_t; b_c \} \quad [\text{TR-LG-B}]$$

$$b_t/h_t \geq (b_t/h_t)_{min} = 0,25 \quad [\text{TR-LG-C}]$$

$$L_{zc} = 1,5 h_t \text{ (CD-A)}; L_{zc} = 1,0 h_t \text{ (CD-B)} \quad [\text{TR-LG-D}]$$

dove:

- b_t e h_t sono la base e l'altezza delle travi, rispettivamente;



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

- b_c è la larghezza della colonna;
- L_{zc} è la larghezza della zona dissipativa.

Inoltre, per il dimensionamento delle armature, vengono rispettate le prescrizioni del § 7.4.6.2.1 del D.M. 2018, illustrate nel seguito.

Armature longitudinali

$$\begin{aligned} n_{\phi l} &> n_{\phi l, \min} = 2 && [\text{TR-AL-A}] \\ \rho_{\min} = \frac{1,4}{f_{yk}} < \rho = \frac{A_s}{bh} < \rho_{\max} = \rho_{cmp} + \frac{3,5}{f_{yk}} && [\text{TR-AL-B}] \\ \rho_{cmp} &\geq \rho_{cmp, \min} && [\text{TR-AL-C}] \end{aligned}$$

dove:

- $n_{\phi l}$ è il numero di barre al lembo inferiore o superiore, di diametro almeno pari a 14 mm;
- $n_{\phi l, \min}$ è il minimo numero possibile di barre al lembo inferiore o superiore, di diametro almeno pari a 14 mm;
- ρ è il rapporto geometrico relativo all'armatura tesa (rapporto tra le aree delle armature, A_s , e l'area della sezione rettangolare, $b \times h$);
- ρ_{cmp} è il rapporto geometrico relativo all'armatura compressa;
- $\rho_{cmp, \min} = 0,25 \rho$ per zone non dissipative, oppure $\frac{1}{2} \rho$ per zone dissipative.
- f_{yk} è la resistenza di snervamento caratteristica dell'acciaio in MPa.

Armature trasversali

$$\begin{aligned} p_{st} \leq p_{st, \max} = \min \left\{ \begin{aligned} &\left[\frac{d}{4}; 175 \text{ mm}; 6\Phi_l; 24\Phi_{st} \right] (CD-A) \\ &\left[\frac{d}{4}; 225 \text{ mm}; 8\Phi_l; 24\Phi_{st} \right] (CD-B) \end{aligned} \right. && [\text{TR-AT-A}] \\ \Phi_{st} &\geq \Phi_{st, \min} = 6 \text{ mm} && [\text{TR-AT-B}] \end{aligned}$$

dove:

- d è l'altezza utile della sezione;
- Φ_l è il diametro più piccolo delle barre longitudinali utilizzate;
- Φ_{st} è il diametro più piccolo delle armature trasversali utilizzate;
- $\Phi_{st, \min}$ è il minimo diametro delle staffe da normativa.

9.3.2 Pilastri in c.a.

Le armature degli elementi pilastri sono state dimensionati seguendo i dettagli strutturali previsti al punto 4.1.6.1.2 del D.M. 2018, nel seguito indicati:

$$\begin{aligned} \Phi_l &\geq \Phi_{l, \min} = 12 \text{ mm} && [\text{PL-C4-A}] \\ i &\leq i_{\max} = 300 \text{ mm} && [\text{PL-C4-B}] \end{aligned}$$



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

$$A_{sl} \geq A_{sl,min} = \max \left\{ 0,10 \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}; 0,003 A_c \right\} \quad [PL-C4-C]$$

$$p_{st} \leq p_{st,max} = \min \{ 12 \Phi_l, 250 \text{ mm} \} \quad [PL-C4-D]$$

$$\Phi_{st} \geq \Phi_{st,min} = \max \left\{ 6 \text{ mm}; \frac{\Phi_{l,max}}{4} \right\} \quad [PL-C4-E]$$

$$A_{sl} \leq A_{sl,max} = 0,04 A_c \quad [PL-C4-F]$$

dove:

- Φ_l e $\Phi_{l,min}$ sono, rispettivamente, il diametro più piccolo utilizzato ed il diametro minimo da norma delle barre longitudinali;
- i e i_{max} sono, rispettivamente, l'interasse massimo utilizzato e l'interasse massimo consentito da norma delle barre longitudinali;
- A_{sl} è l'area totale delle armature longitudinali;
- N_{Ed} è la forza di compressione di progetto;
- f_{yd} è la tensione di calcolo dell'acciaio;
- A_c è l'area di cls;
- p_{st} e $p_{st,max}$ sono, rispettivamente, il passo massimo utilizzato ed il passo massimo consentito da norma per le staffe;
- Φ_{st} e $\Phi_{st,min}$ sono, rispettivamente, il diametro minimo utilizzato ed il diametro minimo consentito da norma delle staffe;
- $\Phi_{l,max}$ è il diametro massimo delle armature longitudinali utilizzate;
- $A_{sl,max}$ è l'area massima da norma dei ferri longitudinali;
- A_c è l'area di cls.

Ai fini di un buon comportamento sismico, sono rispettate le seguenti limitazioni geometriche, ai sensi del § 7.4.6.1.2 del D.M. 2018:

$$b_c \geq b_{c,min} = 25 \text{ cm} \quad [PL-LG-A]$$

$$L_{zc} \geq L_{zc,min} = \max \{ h_c, 1/6 L_l, 45 \text{ cm} \} \text{ se } L_l \geq 3 h_{czc} \geq L_{zc,min} = \max \{ h_c, L_l, 45 \text{ cm} \} \text{ se } L_l < 3 h_c \quad [PL-LG-B]$$

dove:

- b_c è la dimensione minima della sezione trasversale del pilastro;
- $b_{c,min}$ è la dimensione minima consentita della sezione trasversale del pilastro;
- L_{zc} è la lunghezza della zona critica;
- $L_{zc,min}$ è la lunghezza minima consentita della zona critica;
- h_c è l'altezza del pilastro;
- L_l è la luce libera del pilastro.

Inoltre, per il dimensionamento delle armature, vengono rispettate le prescrizioni del § 7.4.6.2.2 del D.M. 2018:

Armature longitudinali

$$i \leq i_{max} = 25 \text{ cm} \quad [PL-AL-A]$$

$$\rho_{min} = 1\% \leq \rho \leq \rho_{max} = 4\% \quad [PL-AL-B]$$

dove:



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

- i e $i_{\max}$ sono, rispettivamente, l'interasse massimo utilizzato e l'interasse massimo consentito da norma delle barre longitudinali;
- ρ è il rapporto tra l'area totale di armatura longitudinale e l'area della sezione retta.

Armature trasversali

$$\Phi_{st} > \Phi_{st,\min} = \begin{cases} \max \left[6mm; \left(0,4\Phi_{l,\max} \sqrt{\frac{f_{yd,l}}{f_{yd,st}}} \right) \right] & \text{CD-A} \\ 6mm & \text{CD-B} \end{cases} \quad [\text{PL-AT-A}]$$

$$p_{st} \leq p_{st,\max} = \begin{cases} \left[1/3b_{c,\min}; 12,5cm; 6d_{bl,\min} \right] & \text{CD-A} \\ \left[1/2b_{c,\min}; 17,5cm; 8d_{bl,\min} \right] & \text{CD-B} \end{cases} \quad [\text{PL-AT-B}]$$

dove:

- Φ_{st} è il più piccolo diametro delle staffe utilizzato;
- $\Phi_{st,\min}$ è il minimo diametro delle staffe utilizzabile;
- $\Phi_{l,\max}$ è il diametro massimo delle barre longitudinali utilizzate;
- $f_{yd,l}$ e $f_{yd,st}$ sono le tensioni di snervamento di progetto delle barre longitudinali e delle staffe.
- p_{st} e $p_{st,\max}$ sono, rispettivamente, il passo massimo utilizzato ed il passo massimo consentito da norma per le staffe;
- $b_{c,\min}$ è la dimensione minore del pilastro;
- $d_{bl,\min}$ è il diametro minimo delle armature longitudinali.

Inoltre, è stato effettuato il seguente controllo sulla duttilità minima dei pilastri:

$$\omega_{wd} = \frac{V_{st}}{V_{nc}} \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \geq \omega_{wd,\min} = 0,08 \quad [\text{PL-AT-C}]$$

dove:

- $V_{st} = A_{st} L_{st}$ è il volume delle staffe di contenimento;
- V_{nc} è il volume del nucleo confinato ($= b_0 h_0 s$ per sezioni rettangolari; $= \pi(D_0/2)^2$ nel caso di sezioni circolari);
- A_{st} è l'area delle staffe;
- L_{st} è il perimetro delle staffe;
- b_0 e h_0 sono le dimensioni del nucleo confinato, misurate con riferimento agli assi delle staffe;
- D_0 è il diametro del nucleo confinato misurato rispetto all'asse delle staffe;
- s è il passo delle staffe;
- f_{yd} è la tensione di snervamento di progetto delle staffe;
- f_{cd} è la tensione di progetto a compressione del cls.

Nodi in c.a.

Il dimensionamento degli elementi trave e pilastro confluenti nel nodo è stato effettuato assicurando che le eccentricità delle travi rispetto ai pilastri siano inferiori ad 1/4 della



larghezza del pilastro, per la direzione considerata (§ 7.4.6.1.3 D.M. 2018).staffe progettate nel nodo sono almeno pari alle staffe presenti nelle zone adiacenti al nodo del pilastro inferiore e superiore. Nel caso di nodi interamente confinati il passo minimo delle staffe nel nodo è pari al doppio di quello nelle zone adiacenti al nodo del pilastro inferiore e superiore, fino ad un massimo di 15 cm.

10.10 PROGETTAZIONE DEI SOLAI

Il solaio è un elemento strutturale fondamentale la cui funzione principale è quella di trasferire i carichi e i sovraccarichi verticali alla struttura portante. In zona sismica il solaio assume anche la funzione di trasferire le forze inerziali di piano alla struttura principale, nell'ipotesi che esso sia dotato di sufficiente rigidità nel proprio piano. La vigente normativa per le costruzioni in cemento armato individua le seguenti tipologie di solaio:

- Solai in getto pieno (Tipo I);
- Solai misti in c.a. e c.a.p. con elementi di alleggerimento (Tipo II);
- Solai con elementi prefabbricati in c.a. e c.a.p. (Tipo III).

Nella struttura oggetto della presente relazione, in considerazione delle caratteristiche geometriche e dei sovraccarichi, si è deciso di adottare solai di tipo:

Solai latero-cementizi gettati in opera

I solai latero-cementizi *gettati in opera* sono costituiti da blocchi di laterizio, muniti di alette laterali o accompagnati da fondelli sempre in laterizio, che vengono posizionati su un impalcato di sostegno provvisorio. Quest'ultimo viene smontato non appena il conglomerato ha raggiunto una resistenza meccanica sufficiente. Dopo aver sistemato tutti i blocchi e prima di procedere con il getto dei travetti e della soletta in calcestruzzo, si posizionano i ferri di armatura ricorrendo all'uso di distanziatori o di sistemi equivalenti in modo da assicurare che, nella fase di getto, i ferri mantengano una corretta disposizione.

Modello di calcolo

Il solaio è composto da un'alternanza di travetti in cemento armato (precompresso o non) con elementi di alleggerimento in laterizio e da una soletta di completamento in cemento armato che, coprendone tutta la superficie ed inglobando una opportuna armatura di ripartizione, rende i vari elementi tra loro solidali.

La presenza della soletta fa sì che il solaio sia per certi versi assimilabile ad una piastra caricata in direzione perpendicolare al piano stesso (ricordiamo che una piastra è in grado di trasferire i carichi alle strutture portanti perimetrali diffondendoli lungo la propria superficie).

Questa marcata eterogeneità consente, nel calcolo, di approssimare il comportamento del solaio con quello di una trave, quindi con una *struttura monodimensionale* trascurando le sollecitazioni che si sviluppano in direzione ortogonale ai travetti.

Grazie a quest'assunzione, un solaio su una o più campate può essere modellato, in linea



generale, come una *trave continua su appoggi (o incastri cedevoli)*.

Le luci delle singole campate sono assunte pari alla distanza tra gli interassi degli appoggi. I carichi distribuiti linearmente sulla trave sono ottenuti moltiplicando i carichi per unità di superficie determinati nell'analisi dei carichi per l'ampiezza della fascia di solaio considerata. Le caratteristiche dei vincoli adottati sono riportate in dettaglio, per ciascun appoggio, negli allegati "Tabulati di calcolo".

Per quanto non espressamente riportato in questo paragrafo, ed in particolare per le analisi dei carichi, la determinazione delle azioni agenti sulla struttura, la definizione del modello strutturale agli elementi finiti e le verifiche, può farsi riferimento a quanto illustrato nella restante parte della presente relazione e negli allegati "Tabulati di calcolo".

11 - SPINTA DEL TERRENO

Il calcolo della spinta del terrapieno, in condizioni statiche, viene effettuato con:

$$E_d = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot K \cdot H^2;$$

in cui:

γ : peso unità di volume del terreno;

H: altezza del terrapieno;

K: coefficiente di spinta.

In condizioni sismiche la formula precedente diventa:

$$E_d = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot K \cdot H^2;$$

con:

$K_v = \pm 0,5 \cdot k_h$ = coefficiente di intensità sismico verticale;

$K_h = \beta_m \cdot S_T \cdot S_S \cdot a_g / g$ = coefficiente di intensità sismico orizzontale;

β_m = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

S_T = coefficiente di amplificazione topografico;

S_S = coefficiente di amplificazione stratigrafico;

a_g / g = coefficiente di accelerazione al suolo.

Nel caso di muri liberi di traslare o di ruotare intorno al piede (*spostamenti consentiti*), si assume che la spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica (andamento triangolare delle tensioni). In questo caso il coefficiente β_m assume i valori indicati al §7.11.6.2.1 del D.M. 2018.

Per muri che non sono in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno (*spostamenti non consentiti*), il coefficiente β_m assume valore unitario. In questo caso si assume che la spinta sia applicata a metà altezza del muro (andamento costante delle tensioni).

Il calcolo del coefficiente di spinta K può essere effettuato, a scelta dell'utente, nei seguenti modi:



EA-RTGC_RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO

Condizioni statiche	CONDIZIONI SISMICHE
Attiva Passiva	Attiva

SPINTA ATTIVA

VIENE CALCOLATO SECONDO LA FORMULAZIONE DI MONONOBE-OKABE [OPCM 3274 PAR. 4.4.3 - EN 1998-5 (EC8) APPENDICE E]:

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \cdot \sin(\psi + \beta)}} \right]^2} \quad (\text{per } \beta \leq \phi - \theta);$$

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta)} \quad (\text{per } \beta > \phi - \theta);$$

dove:

ϕ = angolo di attrito del terreno;

ψ = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete del muro rivolta a monte (assunto pari a 90°);

β = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno (assunto pari a zero);

δ = valore di calcolo dell'angolo di resistenza a taglio tra terreno e muro (assunto pari a zero);

θ = angolo definito dalla seguente espressione (pari a zero in condizioni **statiche**):

$$\tan \theta = \frac{k_h}{1 \pm k_v}.$$

SPINTA PASSIVA

Viene calcolato secondo la formulazione di Mononobe-Okabe [OPCM 3274 par. 4.4.3 - EN 1998-5 (EC8) App. E]:

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi + \theta) \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{\sin \phi \cdot \sin(\phi + \beta - \theta)}{\sin(\psi + \beta) \cdot \sin(\psi + \theta)}} \right]^2}.$$



SPINTA A RIPOSO

Viene calcolato secondo la formulazione:

$$K = 1 - \sin \phi.$$

SPINTA UTENTE

Va infine ricordato che il coefficiente di spinta K può essere altresì liberamente indicato dall'utente.

- **Terreno con Sovraccarico**

In caso di terreno in cui a tergo della parete agisce un sovraccarico (Q), viene calcolato il contributo:

$$\Delta \sigma_Q = K \cdot Q.$$

- **Terreno con Coesione**

In caso di terreno dotato di coesione (c), viene calcolato il contributo:

$$\Delta \sigma_c = 2 \cdot c \cdot \sqrt{K}.$$

che può essere additivo (spinta passiva) o sottrattivo (spinta attiva/a riposo).

11.TABULATI DI CALCOLO

Per quanto non espressamente di seguito riportato, ed in particolar modo per ciò che concerne i dati numerici di calcolo, si rimanda all'allegato "Tabulati di Calcolo" costituente parte integrante della presente relazione.



12.CONCLUSIONI

Le verifiche eseguite in merito alla stabilità globale e locale dell'opera hanno dato esito positivo per l'opera di progetto, pertanto la struttura risulta verificata rispetto alla crisi locale e globale in ogni sua parte sia per forze statiche che per sollecitazione sismica nel rispetto deL D.M. Min. LL. PP. 17 Gennaio 2018.