



Autorità di Sistema Portuale
del Mare Adriatico Meridionale

Bari, Brindisi, Manfredonia, Barletta, Monopoli

PORTO DI BARLETTA

Lavori di prolungamento dei moli foranei del porto di Barletta,
secondo le previsioni del vigente piano regolatore portuale.
progetto definitivo



titolo

elaborato

Verifica sismica

4

data e aggiornamenti

00 dicembre 2021 emissione

progetto

ing. Francesco Di Leverano
AdSP MAM
Direttore Dip. Tecnico

ing. Eugenio Pagnotta
AdSP MAM
Funzionario Dip. Tecnico

ing. Sabino Di Bartolomeo
studio tecnico
Bari - via Piccinni n. 65

responsabile unico del procedimento

ing. Paolo Iusco

Premessa

Le verifiche riportate di seguito si basano su quanto contenuto nel progetto definitivo del 2007 nel quale è presente una verifica, con le norme dell'epoca, esaminata dalla Commissione relatrice del C.S.LL.PP. ed approvata, unitamente al restante progetto, con Voto n.221 del 15.11.2007.

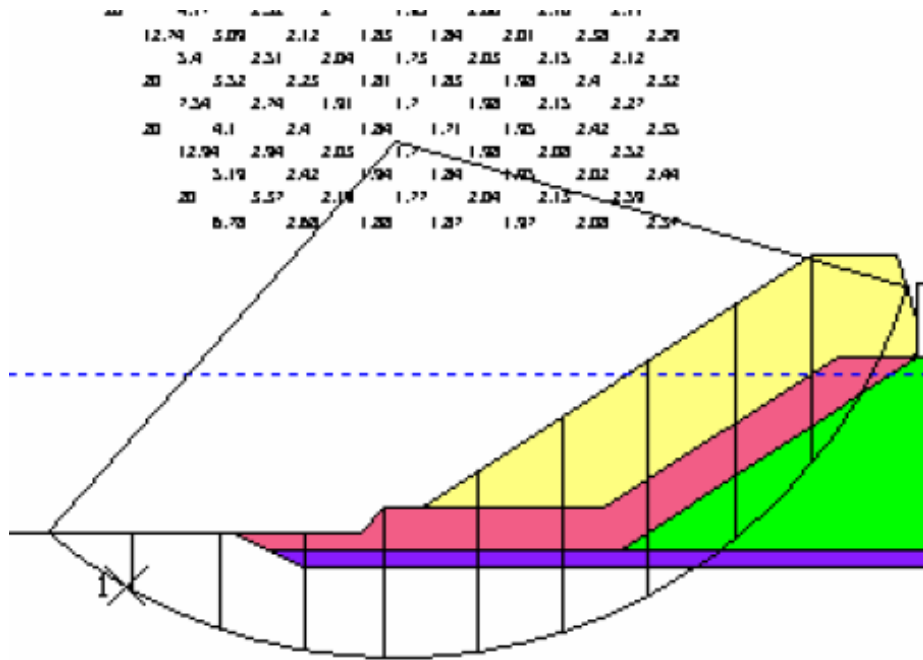
L'incarico in argomento ha richiesto anche un aggiornamento di questa Verifica, onde adeguarla alle intervenute NTC 2018.

A tal fine – come già riportato nelle precedenti pagine – è stato necessario eseguire indagini sui terreni, onde aggiornare i dati alle richieste delle NTC 2018, specie in riferimento alla classificazione sismica del sito e ad altri aspetti correlati (Categoria di suolo C, Categoria topografica T1, Classe III).

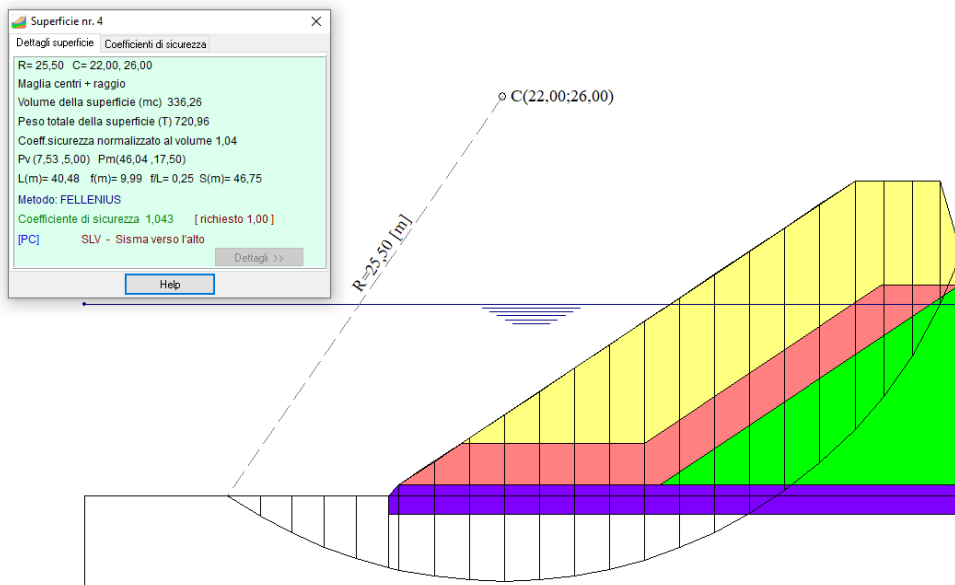
Alla luce di tali approfondimenti è stata prodotta la Verifica sismica delle opere rispetto alle NTC 2018, che utilizza i dati geotecnici dei terreni in situ indicati dal geologo nella sua Relazione Geologica del dicembre 2021, e che determina i coefficienti di sicurezza relativi alla curva di scivolamento definita nel 2007.

Necessita osservare che in sede di un auspicabile affinamento delle conoscenze geologiche e geotecniche oggi disponibili, andranno eseguite adeguate indagini per meglio definire i dati relativi alle varie formazioni in situ, certamente necessari ai fini di un più ampio quadro conoscitivo da utilizzare per la verifica in argomento.

In sintesi quindi le valutazioni e le relative conclusioni descritte nell'elaborato, sono scaturite da calcoli effettuati con specifico riferimento ai dati indicati nella Relazione Geologica, che accompagna le indagini effettuate e commissionate dall'AdSPAMAM.



**Superficie di scivolamento analisi 2007 –
Coefficiente di Sicurezza minimo in condizioni sismiche 1.12**



**Superficie di scivolamento con analisi 2022 –
Coefficiente di Sicurezza minimo in condizioni sismiche 1.014**

Normative di riferimento

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

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

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).

- Circolare nr. 7 del 21/01/2019

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a γ_R .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adatterà la seguente simbologia:

l	lunghezza della base della striscia
α	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
b	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
ϕ	angolo di attrito lungo la base della striscia
c	coesione lungo la base della striscia
γ	peso di volume del terreno
u	pressione neutra
W	peso della striscia
N	sforzo normale alla base della striscia
T	sforzo di taglio alla base della striscia
E_s, E_d	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
X_s, X_d	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
E_a, E_b	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
ΔX	variazione delle forze tangenziali sulla striscia ΔX = X_d - X_s
ΔE	variazione delle forze normali sulla striscia ΔE = E_d - E_s

Metodo di Fellenius (metodo svedese)

Il coefficiente di sicurezza fornito da **Fellenius** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \operatorname{tg} \phi_i \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre u_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = b_i / \cos \alpha_i$).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava **F**. Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza del pendio il minimo dei coefficienti così determinati.

Dati

Descrizione terreno

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
γ_w	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
ϕ	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cmq
ϕ_u	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
c_u	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cmq

n°	Descrizione	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ' [°]	c' [kg/cm ²]
1	Tetrapodi	2000	2200	40.00	0,000
2	Scogli 2^ Categoria	2000	2200	40.00	0,000
3	Pietrame 500/100 kg Tout Venant	1900	2100	38.00	0,000
4	Ghiaia	2000	2200	40.00	0,000
5	Argilla o argilla limosa	1650	1850	23.00	0,150

Profilo del piano campagna

Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	0,00
2	0,00	5,00
3	16,00	5,00
4	16,54	5,57
5	18,04	6,57
6	19,84	7,77
7	40,54	21,57
8	45,04	21,57
9	46,04	18,07
10	46,04	16,57
11	46,04	16,07
12	46,04	5,57
13	46,04	5,00
14	46,04	4,00
15	46,04	0,00

Descrizione stratigrafia

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 5 (Argilla o argilla limosa)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	16,00	5,00
2	0,00	5,00
3	0,00	0,00
4	46,04	0,00
5	46,04	4,00
6	16,00	4,00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Tetrapodi)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	46,04	16,07
2	46,04	16,57
3	46,04	18,07
4	45,04	21,57
5	40,54	21,57
6	19,84	7,77
7	29,45	7,77
8	41,90	16,07

Strato N° **3** costituito da terreno n° 2 (Scogli 2^a Categoria)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	46,04	16,07
2	41,90	16,07
3	29,45	7,77
4	19,84	7,77
5	18,04	6,57
6	16,54	5,57
7	30,29	5,57

Strato N° **4** costituito da terreno n° 3 (Pietrame 500/100 kg Tout Venant)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X [m]	Y [m]
1	46,04	5,57
2	46,04	16,07
3	30,29	5,57

Strato N° **5** costituito da terreno n° 4 (Ghiaia)

Coordinate dei vertici dello strato n° 5

n°	X [m]	Y [m]
1	46,04	5,00
2	46,04	5,57
3	30,29	5,57
4	16,54	5,57
5	16,00	5,00

Strato N° **6** costituito da terreno n° 4 (Ghiaia)

Coordinate dei vertici dello strato n° 6

n°	X [m]	Y [m]
1	46,04	4,00
2	46,04	5,00
3	16,00	5,00
4	16,00	4,00

Descrizione falda

Livello di falda

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	15,07
2	47,04	15,07

Linea piezometrica

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	15,07
2	47,04	15,07

Dati zona sismica

Identificazione del sito

Latitudine	41.319277
Longitudine	16.283990
Comune	Barletta
Provincia	Bari
Regione	Puglia

Punti di interpolazione del reticolo

31011 - 30789 - 30788 - 31010

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose
Vita di riferimento	75 anni

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	1.662	0.584
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.169	0.060
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.520	2.539
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.398	0.325
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		1.444	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		1.000	1.000
Coefficiente riduzione pendio naturale	β_s		0.240	0.240
Coefficiente riduzione fronti di scavo	β_s		0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

Pendio naturale

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (per cento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	5.87	2.14
Coefficiente di intensità sismica verticale (per cento)	$k_v=0.50 * k_h$	2.94	1.07

Fronti di scavo

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (per cento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	9.29	4.20
Coefficiente di intensità sismica verticale (per cento)	$k_v=0.50 * k_h$	4.65	2.10

Dati normativa**Normativa :****Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018****Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:**

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	γ_R	1.00	1.00

Impostazioni delle superfici di rottura**Superfici di rottura circolari**

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 22,00$	$Y_0 = 26,00$
Passo maglia	[m]	$dX = 1,00$	$dY = 1,00$
Numero passi		$N_x = 1$	$N_y = 1$
Raggio	[m]	$R = 25,50$	

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Pendio naturale [PC] - Parametri caratteristici

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate

5

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
FELLENIIUS	5	1,014	1	1.162	5

Caratteristiche delle superfici analizzate

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

C_x ascissa x del centro [m]C_y ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x_v ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in mx_m ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C _x [m]	C _y [m]	R [m]	x _v [m]	x _m [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	22,00	26,00	25,50	7,53	46,04	336,26	1,014 (F)	[PC]	[SLV] H +V
2	C	22,00	26,00	25,50	7,53	46,04	336,26	1,024 (F)	[PC]	[SLV] H -V
3	C	22,00	26,00	25,50	7,53	46,04	336,26	1,046 (F)	[PC]	[SLD] H +V
4	C	22,00	26,00	25,50	7,53	46,04	336,26	1,106 (F)	[PC]	[SLD] H -V
5	C	22,00	26,00	25,50	7,53	46,04	336,26	1,162 (F)	[PC]	--

Analisi della superficie critica

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X_s ascissa sinistra della striscia espressa in mY_{ss} ordinata superiore sinistra della striscia espressa in mY_{si} ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in mX_g ascissa del baricentro della striscia espressa in mY_g ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)

φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

W peso della striscia espresso in kg

Q carico applicato sulla striscia espresso in kg

N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg

T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg

U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg

E_s, E_d forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kgX_s, X_d forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

Analisi della superficie 1 - valori caratteristici e sisma verso l'alto

Numero di strisce	23	
Coordinate del centro	X[m]= 22,00	Y[m]= 26,00
Raggio del cerchio	R[m]= 25,50	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 7,53	Y _v [m]= 5,00
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 46,04	Y _m [m]= 17,50

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	7,53	5,00	5,00	9,23	5,00	3,93	8,66	4,64	2,00	-32,31	23,00	0,20
2	9,23	5,00	3,93	10,92	5,00	3,03	10,16	4,22	1,92	-27,91	23,00	0,20
3	10,92	5,00	3,03	12,61	5,00	2,29	11,81	3,82	1,85	-23,67	23,00	0,20
4	12,61	5,00	2,29	14,31	5,00	1,69	13,49	3,49	1,80	-19,58	23,00	0,20
5	14,31	5,00	1,69	16,00	5,00	1,22	15,17	3,22	1,76	-15,58	23,00	0,20
6	16,00	5,00	1,22	16,54	5,57	1,09	16,28	3,22	0,55	-12,99	23,00	0,20
7	16,54	5,57	1,09	18,39	6,80	0,76	17,51	3,57	1,88	-10,26	23,00	0,20
8	18,39	6,80	0,76	20,23	8,03	0,56	19,34	4,05	1,86	-6,06	23,00	0,20
9	20,23	8,03	0,56	22,08	9,26	0,50	21,18	4,60	1,85	-1,90	23,00	0,20
10	22,08	9,26	0,50	23,92	10,49	0,57	23,02	5,21	1,85	2,25	23,00	0,20
11	23,92	10,49	0,57	25,77	11,72	0,78	24,86	5,90	1,86	6,42	23,00	0,20
12	25,77	11,72	0,78	27,62	12,95	1,13	26,71	6,65	1,88	10,61	23,00	0,20
13	27,62	12,95	1,13	29,46	14,19	1,62	28,55	7,48	1,91	14,87	23,00	0,20
14	29,46	14,19	1,62	31,31	15,42	2,26	30,39	8,37	1,96	19,21	23,00	0,20
15	31,31	15,42	2,26	33,16	16,65	3,07	32,24	9,35	2,02	23,68	23,00	0,20
16	33,16	16,65	3,07	35,00	17,88	4,06	34,08	10,42	2,10	28,30	24,09	0,19
17	35,00	17,88	4,06	36,85	19,11	5,27	35,92	11,58	2,20	33,13	40,00	0,00
18	36,85	19,11	5,27	38,69	20,34	6,72	37,77	12,86	2,35	38,25	38,41	0,00
19	38,69	20,34	6,72	40,54	21,57	8,49	39,61	14,28	2,56	43,77	38,00	0,00
20	40,54	21,57	8,49	42,04	21,57	10,23	41,27	15,46	2,30	49,22	38,00	0,00
21	42,04	21,57	10,23	43,54	21,57	12,35	42,76	16,41	2,60	54,72	38,00	0,00
22	43,54	21,57	12,35	45,04	21,57	15,07	44,25	17,60	3,11	61,13	38,00	0,00
23	45,04	21,57	15,07	46,04	18,07	17,50	45,40	18,13	2,62	67,57	39,62	0,00

Metodo di FELLENIUSCoefficiente di sicurezza $F_s = 1.014$ **Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E _s [kg]	E _d [kg]	X _s [kg]	X _d [kg]	ID
1	1903	17049	-5214	1720	21245	0	0	0	0	
2	5401	17049	-2355	2717	22203	0	0	0	0	
3	8315	17049	262	3653	22939	0	0	0	0	
4	10705	17049	2558	4489	23506	0	0	0	0	
5	12615	17049	4480	5196	23936	0	0	0	0	
6	4754	5284	743	1366	7712	0	0	0	0	
7	20800	16402	7739	6750	26539	0	0	0	0	
8	26826	14130	12362	8595	26754	0	0	0	0	
9	32324	11858	16154	10120	26856	0	0	0	0	
10	37300	9586	19069	11308	26852	0	0	0	0	
11	41756	7314	21075	12145	26740	0	0	0	0	
12	45682	5041	22147	12620	26515	0	0	0	0	
13	49060	2769	22270	12731	26166	0	0	0	0	
14	51808	587	21495	12502	25673	0	0	0	0	
15	53449	0	21246	12517	25007	0	0	0	0	
16	54270	0	20752	12663	24120	0	0	0	0	
17	54202	0	19381	15599	22937	0	0	0	0	
18	53201	0	17287	13149	21332	0	0	0	0	
19	51263	0	14776	11073	19076	0	0	0	0	
20	39579	0	10223	7661	13109	0	0	0	0	
21	33227	0	7222	5412	9813	0	0	0	0	
22	25452	0	6400	4796	4219	0	0	0	0	
23	7069	0	2234	1774	0	0	0	0	0	

Superficie n° 2

Analisi della superficie 2 - valori caratteristici e sisma verso il basso

Numero di strisce 23
 Coordinate del centro X[m]= 22,00 Y[m]= 26,00
 Raggio del cerchio R[m]= 25,50
 Intersezione a valle con il profilo topografico X_v[m]= 7,53 Y_v[m]= 5,00
 Intersezione a monte con il profilo topografico X_m[m]= 46,04 Y_m[m]= 17,50

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	7,53	5,00	5,00	9,23	5,00	3,93	8,66	4,64	2,00	-32,31	23,00	0,20
2	9,23	5,00	3,93	10,92	5,00	3,03	10,16	4,22	1,92	-27,91	23,00	0,20
3	10,92	5,00	3,03	12,61	5,00	2,29	11,81	3,82	1,85	-23,67	23,00	0,20
4	12,61	5,00	2,29	14,31	5,00	1,69	13,49	3,49	1,80	-19,58	23,00	0,20
5	14,31	5,00	1,69	16,00	5,00	1,22	15,17	3,22	1,76	-15,58	23,00	0,20
6	16,00	5,00	1,22	16,54	5,57	1,09	16,28	3,22	0,55	-12,99	23,00	0,20
7	16,54	5,57	1,09	18,39	6,80	0,76	17,51	3,57	1,88	-10,26	23,00	0,20
8	18,39	6,80	0,76	20,23	8,03	0,56	19,34	4,05	1,86	-6,06	23,00	0,20
9	20,23	8,03	0,56	22,08	9,26	0,50	21,18	4,60	1,85	-1,90	23,00	0,20
10	22,08	9,26	0,50	23,92	10,49	0,57	23,02	5,21	1,85	2,25	23,00	0,20
11	23,92	10,49	0,57	25,77	11,72	0,78	24,86	5,90	1,86	6,42	23,00	0,20
12	25,77	11,72	0,78	27,62	12,95	1,13	26,71	6,65	1,88	10,61	23,00	0,20

N°	Xs [m]	Yss [m]	Ysi [m]	Xd [m]	Yds [m]	Ydi [m]	Xg [m]	Yg [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
13	27,62	12,95	1,13	29,46	14,19	1,62	28,55	7,48	1,91	14,87	23,00	0,20
14	29,46	14,19	1,62	31,31	15,42	2,26	30,39	8,37	1,96	19,21	23,00	0,20
15	31,31	15,42	2,26	33,16	16,65	3,07	32,24	9,35	2,02	23,68	23,00	0,20
16	33,16	16,65	3,07	35,00	17,88	4,06	34,08	10,42	2,10	28,30	24,09	0,19
17	35,00	17,88	4,06	36,85	19,11	5,27	35,92	11,58	2,20	33,13	40,00	0,00
18	36,85	19,11	5,27	38,69	20,34	6,72	37,77	12,86	2,35	38,25	38,41	0,00
19	38,69	20,34	6,72	40,54	21,57	8,49	39,61	14,28	2,56	43,77	38,00	0,00
20	40,54	21,57	8,49	42,04	21,57	10,23	41,27	15,46	2,30	49,22	38,00	0,00
21	42,04	21,57	10,23	43,54	21,57	12,35	42,76	16,41	2,60	54,72	38,00	0,00
22	43,54	21,57	12,35	45,04	21,57	15,07	44,25	17,60	3,11	61,13	38,00	0,00
23	45,04	21,57	15,07	46,04	18,07	17,50	45,40	18,13	2,62	67,57	39,62	0,00

Metodo di FELLENIUS

Coefficiente di sicurezza $F_s = 1.024$

Forze applicate sulle strisce

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	Es [kg]	Ed [kg]	Xs [kg]	Xd [kg]	ID
1	1903	17049	-5120	1727	21245	0	0	0	0	0
2	5401	17049	-2075	2780	22203	0	0	0	0	0
3	8315	17049	709	3766	22939	0	0	0	0	0
4	10705	17049	3150	4645	23506	0	0	0	0	0
5	12615	17049	5193	5387	23936	0	0	0	0	0
6	4754	5284	1015	1450	7712	0	0	0	0	0
7	20800	16402	8940	7109	26539	0	0	0	0	0
8	26826	14130	13928	9066	26754	0	0	0	0	0
9	32324	11858	18050	10696	26856	0	0	0	0	0
10	37300	9586	21257	11979	26852	0	0	0	0	0
11	41756	7314	23511	12900	26740	0	0	0	0	0
12	45682	5041	24783	13447	26515	0	0	0	0	0
13	49060	2769	25053	13615	26166	0	0	0	0	0
14	51808	587	24367	13425	25673	0	0	0	0	0
15	53449	0	24120	13441	25007	0	0	0	0	0
16	54270	0	23557	13616	24120	0	0	0	0	0
17	54202	0	22046	17423	22937	0	0	0	0	0
18	53201	0	19740	14744	21332	0	0	0	0	0
19	51263	0	16949	12472	19076	0	0	0	0	0
20	39579	0	11741	8640	13109	0	0	0	0	0
21	33227	0	8348	6143	9813	0	0	0	0	0
22	25452	0	7121	5240	4219	0	0	0	0	0
23	7069	0	2393	1866	0	0	0	0	0	0

Superficie n°3

Analisi della superficie 3 - valori caratteristici e sisma verso l'alto

Numero di strisce 23
 Coordinate del centro X[m]= 22,00 Y[m]= 26,00
 Raggio del cerchio R[m]= 25,50
 Intersezione a valle con il profilo topografico X_v[m]= 7,53 Y_v[m]= 5,00
 Intersezione a monte con il profilo topografico X_m[m]= 46,04 Y_m[m]= 17,50

Geometria e caratteristiche strisce

N°	Xs [m]	Yss [m]	Ysi [m]	Xd [m]	Yds [m]	Ydi [m]	Xg [m]	Yg [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	7,53	5,00	5,00	9,23	5,00	3,93	8,66	4,64	2,00	-32,31	23,00	0,20
2	9,23	5,00	3,93	10,92	5,00	3,03	10,16	4,22	1,92	-27,91	23,00	0,20
3	10,92	5,00	3,03	12,61	5,00	2,29	11,81	3,82	1,85	-23,67	23,00	0,20
4	12,61	5,00	2,29	14,31	5,00	1,69	13,49	3,49	1,80	-19,58	23,00	0,20
5	14,31	5,00	1,69	16,00	5,00	1,22	15,17	3,22	1,76	-15,58	23,00	0,20
6	16,00	5,00	1,22	16,54	5,57	1,09	16,28	3,22	0,55	-12,99	23,00	0,20
7	16,54	5,57	1,09	18,39	6,80	0,76	17,51	3,57	1,88	-10,26	23,00	0,20
8	18,39	6,80	0,76	20,23	8,03	0,56	19,34	4,05	1,86	-6,06	23,00	0,20
9	20,23	8,03	0,56	22,08	9,26	0,50	21,18	4,60	1,85	-1,90	23,00	0,20
10	22,08	9,26	0,50	23,92	10,49	0,57	23,02	5,21	1,85	2,25	23,00	0,20
11	23,92	10,49	0,57	25,77	11,72	0,78	24,86	5,90	1,86	6,42	23,00	0,20
12	25,77	11,72	0,78	27,62	12,95	1,13	26,71	6,65	1,88	10,61	23,00	0,20
13	27,62	12,95	1,13	29,46	14,19	1,62	28,55	7,48	1,91	14,87	23,00	0,20
14	29,46	14,19	1,62	31,31	15,42	2,26	30,39	8,37	1,96	19,21	23,00	0,20
15	31,31	15,42	2,26	33,16	16,65	3,07	32,24	9,35	2,02	23,68	23,00	0,20
16	33,16	16,65	3,07	35,00	17,88	4,06	34,08	10,42	2,10	28,30	24,09	0,19
17	35,00	17,88	4,06	36,85	19,11	5,27	35,92	11,58	2,20	33,13	40,00	0,00
18	36,85	19,11	5,27	38,69	20,34	6,72	37,77	12,86	2,35	38,25	38,41	0,00
19	38,69	20,34	6,72	40,54	21,57	8,49	39,61	14,28	2,56	43,77	38,00	0,00
20	40,54	21,57	8,49	42,04	21,57	10,23	41,27	15,46	2,30	49,22	38,00	0,00
21	42,04	21,57	10,23	43,54	21,57	12,35	42,76	16,41	2,60	54,72	38,00	0,00
22	43,54	21,57	12,35	45,04	21,57	15,07	44,25	17,60	3,11	61,13	38,00	0,00
23	45,04	21,57	15,07	46,04	18,07	17,50	45,40	18,13	2,62	67,57	39,62	0,00

Metodo di FELLENIUS

Coefficiente di sicurezza $F_s = 1.046$ **Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E _s [kg]	E _d [kg]	X _s [kg]	X _d [kg]	ID
1	1903	17049	-5222	1562	21245	0	0	0	0	
2	5401	17049	-2360	2470	22203	0	0	0	0	
3	8315	17049	280	3330	22939	0	0	0	0	
4	10705	17049	2612	4104	23506	0	0	0	0	
5	12615	17049	4580	4765	23936	0	0	0	0	
6	4754	5284	789	1260	7712	0	0	0	0	
7	20800	16402	7982	6232	26539	0	0	0	0	
8	26826	14130	12754	7965	26754	0	0	0	0	
9	32324	11858	16716	9416	26856	0	0	0	0	
10	37300	9586	19819	10567	26852	0	0	0	0	
11	41756	7314	22023	11401	26740	0	0	0	0	
12	45682	5041	23298	11909	26515	0	0	0	0	
13	49060	2769	23623	12085	26166	0	0	0	0	
14	51808	587	23042	11948	25673	0	0	0	0	
15	53449	0	22959	12024	25007	0	0	0	0	
16	54270	0	22601	12243	24120	0	0	0	0	
17	54202	0	21332	15621	22937	0	0	0	0	
18	53201	0	19294	13352	21332	0	0	0	0	
19	51263	0	16788	11447	19076	0	0	0	0	
20	39579	0	11822	8061	13109	0	0	0	0	
21	33227	0	8590	5857	9813	0	0	0	0	
22	25452	0	7460	5086	4219	0	0	0	0	
23	7069	0	2528	1827	0	0	0	0	0	

Superficie n° 4

Analisi della superficie 4 - valori caratteristici e sisma verso il basso

Numero di strisce	23	
Coordinate del centro	X[m]= 22,00	Y[m]= 26,00
Raggio del cerchio	R[m]= 25,50	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 7,53	Y _v [m]= 5,00
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 46,04	Y _m [m]= 17,50

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cm²]
1	7,53	5,00	5,00	9,23	5,00	3,93	8,66	4,64	2,00	-32,31	23,00	0,20
2	9,23	5,00	3,93	10,92	5,00	3,03	10,16	4,22	1,92	-27,91	23,00	0,20
3	10,92	5,00	3,03	12,61	5,00	2,29	11,81	3,82	1,85	-23,67	23,00	0,20
4	12,61	5,00	2,29	14,31	5,00	1,69	13,49	3,49	1,80	-19,58	23,00	0,20
5	14,31	5,00	1,69	16,00	5,00	1,22	15,17	3,22	1,76	-15,58	23,00	0,20
6	16,00	5,00	1,22	16,54	5,57	1,09	16,28	3,22	0,55	-12,99	23,00	0,20
7	16,54	5,57	1,09	18,39	6,80	0,76	17,51	3,57	1,88	-10,26	23,00	0,20
8	18,39	6,80	0,76	20,23	8,03	0,56	19,34	4,05	1,86	-6,06	23,00	0,20
9	20,23	8,03	0,56	22,08	9,26	0,50	21,18	4,60	1,85	-1,90	23,00	0,20
10	22,08	9,26	0,50	23,92	10,49	0,57	23,02	5,21	1,85	2,25	23,00	0,20
11	23,92	10,49	0,57	25,77	11,72	0,78	24,86	5,90	1,86	6,42	23,00	0,20
12	25,77	11,72	0,78	27,62	12,95	1,13	26,71	6,65	1,88	10,61	23,00	0,20
13	27,62	12,95	1,13	29,46	14,19	1,62	28,55	7,48	1,91	14,87	23,00	0,20
14	29,46	14,19	1,62	31,31	15,42	2,26	30,39	8,37	1,96	19,21	23,00	0,20
15	31,31	15,42	2,26	33,16	16,65	3,07	32,24	9,35	2,02	23,68	23,00	0,20
16	33,16	16,65	3,07	35,00	17,88	4,06	34,08	10,42	2,10	28,30	24,09	0,19
17	35,00	17,88	4,06	36,85	19,11	5,27	35,92	11,58	2,20	33,13	40,00	0,00
18	36,85	19,11	5,27	38,69	20,34	6,72	37,77	12,86	2,35	38,25	38,41	0,00
19	38,69	20,34	6,72	40,54	21,57	8,49	39,61	14,28	2,56	43,77	38,00	0,00
20	40,54	21,57	8,49	42,04	21,57	10,23	41,27	15,46	2,30	49,22	38,00	0,00
21	42,04	21,57	10,23	43,54	21,57	12,35	42,76	16,41	2,60	54,72	38,00	0,00
22	43,54	21,57	12,35	45,04	21,57	15,07	44,25	17,60	3,11	61,13	38,00	0,00
23	45,04	21,57	15,07	46,04	18,07	17,50	45,40	18,13	2,62	67,57	39,62	0,00

Metodo di FELLENIUSCoefficiente di sicurezza $F_s = 1.106$ **Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E _s [kg]	E _d [kg]	X _s [kg]	X _d [kg]	ID
1	1903	17049	-5188	1568	21245	0	0	0	0	
2	5401	17049	-2258	2497	22203	0	0	0	0	
3	8315	17049	443	3376	22939	0	0	0	0	
4	10705	17049	2829	4167	23506	0	0	0	0	
5	12615	17049	4840	4840	23936	0	0	0	0	
6	4754	5284	889	1291	7712	0	0	0	0	
7	20800	16402	8421	6367	26539	0	0	0	0	
8	26826	14130	13325	8142	26754	0	0	0	0	
9	32324	11858	17408	9632	26856	0	0	0	0	
10	37300	9586	20617	10816	26852	0	0	0	0	
11	41756	7314	22912	11680	26740	0	0	0	0	
12	45682	5041	24260	12213	26515	0	0	0	0	

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E _s [kg]	E _d [kg]	X _s [kg]	X _d [kg]	ID
13	49060	2769	24639	12408	26166	0	0	0	0	
14	51808	587	24090	12284	25673	0	0	0	0	
15	53449	0	24007	12359	25007	0	0	0	0	
16	54270	0	23625	12589	24120	0	0	0	0	
17	54202	0	22304	16264	22937	0	0	0	0	
18	53201	0	20189	13912	21332	0	0	0	0	
19	51263	0	17581	11936	19076	0	0	0	0	
20	39579	0	12376	8403	13109	0	0	0	0	
21	33227	0	9002	6112	9813	0	0	0	0	
22	25452	0	7723	5243	4219	0	0	0	0	
23	7069	0	2586	1861	0	0	0	0	0	

Superficie n° 5

Analisi della superficie 5 - valori caratteristici

Numero di strisce	23	
Coordinate del centro	X[m]= 22,00	Y[m]= 26,00
Raggio del cerchio	R[m]= 25,50	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 7,53	Y _v [m]= 5,00
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 46,04	Y _m [m]= 17,50

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	7,53	5,00	5,00	9,23	5,00	3,93	8,66	4,64	2,00	-32,31	23,00	0,20
2	9,23	5,00	3,93	10,92	5,00	3,03	10,16	4,22	1,92	-27,91	23,00	0,20
3	10,92	5,00	3,03	12,61	5,00	2,29	11,81	3,82	1,85	-23,67	23,00	0,20
4	12,61	5,00	2,29	14,31	5,00	1,69	13,49	3,49	1,80	-19,58	23,00	0,20
5	14,31	5,00	1,69	16,00	5,00	1,22	15,17	3,22	1,76	-15,58	23,00	0,20
6	16,00	5,00	1,22	16,54	5,57	1,09	16,28	3,22	0,55	-12,99	23,00	0,20
7	16,54	5,57	1,09	18,39	6,80	0,76	17,51	3,57	1,88	-10,26	23,00	0,20
8	18,39	6,80	0,76	20,23	8,03	0,56	19,34	4,05	1,86	-6,06	23,00	0,20
9	20,23	8,03	0,56	22,08	9,26	0,50	21,18	4,60	1,85	-1,90	23,00	0,20
10	22,08	9,26	0,50	23,92	10,49	0,57	23,02	5,21	1,85	2,25	23,00	0,20
11	23,92	10,49	0,57	25,77	11,72	0,78	24,86	5,90	1,86	6,42	23,00	0,20
12	25,77	11,72	0,78	27,62	12,95	1,13	26,71	6,65	1,88	10,61	23,00	0,20
13	27,62	12,95	1,13	29,46	14,19	1,62	28,55	7,48	1,91	14,87	23,00	0,20
14	29,46	14,19	1,62	31,31	15,42	2,26	30,39	8,37	1,96	19,21	23,00	0,20
15	31,31	15,42	2,26	33,16	16,65	3,07	32,24	9,35	2,02	23,68	23,00	0,20
16	33,16	16,65	3,07	35,00	17,88	4,06	34,08	10,42	2,10	28,30	24,09	0,19
17	35,00	17,88	4,06	36,85	19,11	5,27	35,92	11,58	2,20	33,13	40,00	0,00
18	36,85	19,11	5,27	38,69	20,34	6,72	37,77	12,86	2,35	38,25	38,41	0,00
19	38,69	20,34	6,72	40,54	21,57	8,49	39,61	14,28	2,56	43,77	38,00	0,00
20	40,54	21,57	8,49	42,04	21,57	10,23	41,27	15,46	2,30	49,22	38,00	0,00
21	42,04	21,57	10,23	43,54	21,57	12,35	42,76	16,41	2,60	54,72	38,00	0,00
22	43,54	21,57	12,35	45,04	21,57	15,07	44,25	17,60	3,11	61,13	38,00	0,00
23	45,04	21,57	15,07	46,04	18,07	17,50	45,40	18,13	2,62	67,57	39,62	0,00

Metodo di FELLENIUSCoefficiente di sicurezza F_s= 1.162**Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E _s [kg]	E _d [kg]	X _s [kg]	X _d [kg]	ID
1	1903	17049	-5227	1476	21245	0	0	0	0	
2	5401	17049	-2363	2334	22203	0	0	0	0	
3	8315	17049	290	3153	22939	0	0	0	0	
4	10705	17049	2644	3892	23506	0	0	0	0	
5	12615	17049	4637	4526	23936	0	0	0	0	
6	4754	5284	816	1201	7712	0	0	0	0	
7	20800	16402	8122	5942	26539	0	0	0	0	
8	26826	14130	12979	7611	26754	0	0	0	0	
9	32324	11858	17039	9018	26856	0	0	0	0	
10	37300	9586	20249	10143	26852	0	0	0	0	
11	41756	7314	22567	10972	26740	0	0	0	0	
12	45682	5041	23959	11493	26515	0	0	0	0	
13	49060	2769	24401	11700	26166	0	0	0	0	
14	51808	587	23932	11610	25673	0	0	0	0	
15	53449	0	23943	11714	25007	0	0	0	0	
16	54270	0	23664	11970	24120	0	0	0	0	
17	54202	0	22453	15548	22937	0	0	0	0	
18	53201	0	20447	13381	21332	0	0	0	0	
19	51263	0	17944	11570	19076	0	0	0	0	
20	39579	0	12741	8215	13109	0	0	0	0	
21	33227	0	9377	6046	9813	0	0	0	0	
22	25452	0	8069	5202	4219	0	0	0	0	
23	7069	0	2697	1843	0	0	0	0	0	

Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto Ing Di Bartolomeo, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

Tipo di analisi svolta

L'analisi e le verifiche di stabilità sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

I metodi di calcolo implementati sono i classici metodi delle strisce, basati sul concetto dell'equilibrio limite globale. La superficie di rottura è suddivisa in un determinato numero di strisce che consentono di calcolare le grandezze che entrano in gioco nelle equazioni risolutive.

Nel modulo terreni si adotta il criterio di rottura di Mohr-Coulomb. Nel modulo rocce si può adottare il criterio di rottura di Hoek-Brown o di Barton.

Il programma consente di inserire degli interventi di stabilizzazione, che possono intervenire secondo sue modalità diverse: variazione delle forze di interstriscia o resistenza a taglio equivalente.

L'analisi sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	STAP - Stabilità Pendii Terreni e Rocce
Versione	16.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	Marte S.r.l.s.
Licenza	AIU34802G

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

Il progettista
(Ing Di Bartolomeo)
