



REGIONE ABRUZZO

PROVINCIA CHIETI



ORTONA- SAN VITO CHIETINO-ROCCA SAN GIOVANNI-FOSSACESIA-TORINO DI SANGRO-CASALBORDINO-VASTO

REGIONE ABRUZZO PAR FAS - FAS 2007-2013 Obiettivo Specifico IV.2 - Obiettivo Operativo IV.2.2 - Linea di Azione IV.2.2.a Bando di Gara a Procedura aperta Direttiva 2004/18/CE. Lavori per la realizzazione della via Verde della Costa dei Trabocchi del Comune di Ortona, San Vito Chietino, Rocca San Giovanni, Fossacesia, Torino di Sangro, Casalbordino, Vasto.

CUP D91B1300049002

CIG 63262781C2



PROGETTO DEFINITIVO

COD.	DESCRIZIONE	SCALA	DATA
F.2	RELAZIONE DI CALCOLO GABBIONATA		OTTOBRE 2015

PROGETTISTI INCARICATI:

Arch. BANDINI PAOLO (Mandatario)
 Ing. FARINA LUIGI
 Ing. PIETROMARTIRE LORENZO
 Geol. CAVALLUCCI SILVIO
 Ing. TUCCI ALESSANDRO-GEINA SRL
 Arch. BOMBA CRISTIAN
 Geom. D'AMBROSIO ORAZIO
 Arch. ZAVARELLA ANTONIO
 Ing. GALANO ALESSANDRO

IMPRESE CONCORRENTI:

CO.GE.PRI. SRL (Mandataria)
 DI PERSIO COSTRUZIONI SRL
 TENAGLIA SRL
 STRADE E AMBIENTE SRL
 EUROIMPIANTI SRL

Il responsabile del procedimento: Arch. Valerio A. Ursini

Progetto: Stabilizzazione pendio
Ditta:
Comune:
Progettista:
Direttore dei Lavori:
Impresa:

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 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009
Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.10**.

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 adotterà 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 $\Delta X = X_d - X_s$
ΔE	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

Metodo di Janbu (completo)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu completo** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - \Delta X_i - u_i l_i) \operatorname{tg} \phi}{1 + (\tan \alpha_i \tan \phi) / F} \right) (1 + \tan^2 \alpha_i)}{(E_a - E_b) \sum_i (W_i - \Delta X_i) \tan \alpha_i}$$

In questa espressione 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} , c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia, E_a ed E_b rappresentano le eventuali forze orizzontali agli estremi della superficie di scorrimento analizzata, ΔX_i è la variazione delle forze di taglio di interstriscia. La soluzione del problema avviene per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per F da inserire nel secondo membro dell'espressione in modo da determinare un secondo valore dall'espressione. L'iterazione va avanti finquando i valori del coefficiente calcolati in due passi di iterazione successivi risultano coincidenti.

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

Nr.	Descrizione	γ	γ_w	ϕ'	c'	ϕ_u	c_u
1	Arenaria	1900	2050	32.00	0.060	0.00	0.400
2	Coltre di alterazione	1800	1950	26.00	0.030	0.00	0.000

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

Nr.	X [m]	Y [m]
1	0.00	6.00
2	4.00	9.00
3	9.00	9.00
4	24.00	17.00

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° 1 (Arenaria)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

N°	X[m]	Y[m]
1	0.00	3.62
2	0.00	0.00
3	25.00	0.00
4	25.00	13.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (Coltre di alterazione)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

N°	X[m]	Y[m]
1	25.00	13.00
2	25.00	17.00
3	24.00	17.00
4	9.00	9.00
5	4.00	9.00
6	0.00	6.00
7	0.00	3.62

Interventi inseriti

Numero interventi inseriti 1

Gradonatura - Gradoni

Ascissa sul profilo	9.00	m
Grado di sicurezza desiderato a monte	1.30	
Numero gradoni	3	
Allineamento	MONTE	
Base gradone	1.00	m
Altezza gradone	1.00	m
Altezza gradonatura	3.00	m
Altezza fondazione	0.50	m
Altezza totale	3.50	m

Lunghezza fondazione valle	0.20	m
Lunghezza fondazione monte	0.20	m
Lunghezza fondazione totale	3.40	m
Inclinazione	0.000	
Peso di volume	2000	kg/mc
Altezza di scavo	3.00	m

Risultati analisi

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo :
Metodo di JANBU COMPLETO (C)

Impostazioni analisi

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Coefficienti di partecipazione caso statico

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi}$	1.00	1.25
Coesione efficace		γ_c	1.00	1.25
Resistenza non drenata		γ_{cu}	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale		γ_{qu}	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume		γ_γ	1.00	1.00

Coefficienti di partecipazione caso sismico

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
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}	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi}$	1.00	1.25
Coesione efficace		γ_c	1.00	1.25
Resistenza non drenata		γ_{cu}	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale		γ_{qu}	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume		γ_γ	1.00	1.00

Sisma

Accelerazione al suolo a_g =	0.964 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.50
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione (β_s)	0.20
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S) = 3.54$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 1.77$

Coefficiente di sicurezza richiesto 1.10

Le superfici sono state analizzate per i casi: [PC] [A2M2]

Sisma verticale: verso il basso - verso l'alto

Analisi condotta in termini di tensioni efficaci

Impostazioni interventi

Influenza interventi: Variazione forze di interstriscia.

Resistenza interventi calcolata dal programma.

Coefficiente sicurezza resistenza interventi 1.25

Impostazioni delle superfici di rottura

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

Origine maglia [m]:	$X_0 = 4.00$	$Y_0 = 15.00$
Passo maglia [m]:	$dX = 0.50$	$dY = 0.50$
Numero passi :	$Nx = 5$	$Ny = 4$
Raggio [m]:	$R = 10.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo $dR=0.20$ [m] ed un numero di incrementi pari a 20

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

Numero di superfici analizzate	8
Coefficiente di sicurezza minimo	1.285
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
JANBU COMPLETO	8	1.285	1	1.680	8

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

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

R raggio del cerchio espresso in m

x_v, y_v ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in mx_m, y_m ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [cmq]

C_s coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

N°	C _x	C _y	R	x _v	y _v	x _m	y _m	V	C _s	caso
1	6.00	15.50	10.60	1.30	6.00	16.27	12.88	29.30	1.285 (C)	[A2M2]
2	6.00	15.50	10.60	1.30	6.00	16.27	12.88	29.30	1.290 (C)	[A2M2]
3	6.00	15.50	10.80	0.86	6.00	16.51	13.00	33.14	1.332 (C)	[A2M2]
4	6.00	16.00	11.40	0.53	6.00	17.08	13.31	37.27	1.339 (C)	[A2M2]
5	6.00	16.50	12.00	0.19	6.00	17.65	13.61	41.61	1.344 (C)	[A2M2]
6	6.00	15.50	10.60	1.30	6.00	16.27	12.88	29.30	1.612 (C)	[PC]
7	6.00	16.00	11.40	0.53	6.00	17.08	13.31	37.27	1.673 (C)	[PC]
8	6.00	16.50	12.00	0.19	6.00	17.65	13.61	41.61	1.680 (C)	[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 m
Y _{ss}	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y _{si}	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X _g	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y _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	sfuerzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sfuerzo 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 kg
X _s , X _d	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce	20	
Coordinate del centro	X[m]= 6.00	Y[m]= 15.50
Raggio del cerchio	R[m]= 10.60	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 1.30	Y _v [m]= 6.00
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 16.27	Y _m [m]= 12.88

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s	Y _{ss}	Y _{si}	X _d	Y _{ds}	Y _{di}	X _g	Y _g	L	α	φ	c
1	1.30	6.00	6.00	2.07	6.00	5.66	1.81	5.89	0.84	-24.05	21.32	0.02
2	2.07	6.00	5.66	2.84	6.00	5.38	2.49	5.75	0.82	-19.56	21.32	0.02
3	2.84	6.00	5.38	3.61	6.00	5.17	3.24	5.64	0.80	-15.20	21.32	0.02
4	3.61	6.00	5.17	4.38	6.00	5.02	4.01	5.55	0.78	-10.92	24.22	0.04
5	4.38	6.00	5.02	5.15	6.00	4.93	4.77	5.48	0.78	-6.70	26.56	0.05
6	5.15	6.00	4.93	5.92	6.00	4.90	5.54	5.45	0.77	-2.52	26.56	0.05
7	5.92	6.00	4.90	6.69	6.00	4.92	6.30	5.45	0.77	1.65	26.56	0.05
8	6.69	6.00	4.92	7.46	6.00	5.00	7.07	5.48	0.77	5.82	26.56	0.05
9	7.46	6.00	5.00	8.23	6.00	5.14	7.84	5.53	0.78	10.03	26.56	0.05
10	8.23	6.00	5.14	9.00	6.00	5.33	8.60	5.62	0.79	14.29	26.56	0.05
11	9.00	9.00	5.33	9.73	9.39	5.58	9.37	7.30	0.77	18.51	26.56	0.05
12	9.73	9.39	5.58	10.45	9.78	5.88	10.09	7.63	0.79	22.72	26.56	0.05
13	10.45	9.78	5.88	11.18	10.16	6.25	10.82	7.99	0.82	27.05	26.56	0.05
14	11.18	10.16	6.25	11.91	10.55	6.70	11.54	8.39	0.85	31.57	26.56	0.05
15	11.91	10.55	6.70	12.64	10.94	7.23	12.27	8.83	0.90	36.31	26.56	0.05
16	12.64	10.94	7.23	13.36	11.33	7.87	12.99	9.32	0.97	41.37	26.56	0.05
17	13.36	11.33	7.87	14.09	11.71	8.65	13.72	9.87	1.06	46.87	26.56	0.05
18	14.09	11.71	8.65	14.82	12.10	9.62	14.44	10.51	1.21	53.01	23.27	0.03
19	14.82	12.10	9.62	15.54	12.49	10.89	15.15	11.24	1.46	60.24	21.32	0.02
20	15.54	12.49	10.89	16.27	12.88	12.88	15.79	12.08	2.12	69.94	21.32	0.02

Forze applicate sulle strisce [JANBU COMPLETO]

N°	W	Q	N	T	U	E _s	E _d	X _s	X _d	ID
1	238	0	322	255	0	0	356	0	53	
2	666	0	861	414	0	356	1011	53	58	
3	1001	0	1228	522	0	1011	1802	58	28	
4	1254	0	1566	776	0	1802	2817	28	-86	
5	1448	0	1742	968	0	2817	3930	-86	-229	
6	1561	119	1913	1032	0	3930	4987	-229	-385	
7	1590	2149	4350	1981	0	4987	6710	-385	-984	
8	1519	3230	4937	2211	0	6710	8241	-984	-1287	

9	1362	4311	5794	2547	0	8241	9540	-1287	-1663
10	1119	5391	6523	2835	0	9540	10448	-1663	-2058
11	5015	200	7862	3346	0	10448	10941	-2058	-5268
12	5164	0	4599	2084	0	10941	10905	-5268	-5059
13	5225	0	4696	2132	0	10905	10484	-5059	-4894
14	5187	0	4565	2096	0	10484	9697	-4894	-4603
15	5037	0	4396	2048	0	9697	8566	-4603	-4232
16	4752	0	4168	1984	0	8566	7132	-4232	-3835
17	4301	0	3832	1889	0	7132	5476	-3835	-3456
18	3636	0	-1379	-152	0	5476	6357	-3456	1195
19	2676	0	-2244	-408	0	6357	8008	1195	5387
20	1049	0	9680	3336	0	8008	24	5387	0