



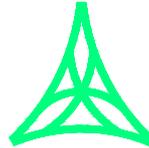
REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA

DIREZIONE CENTRALE
INFRASTRUTTURE, MOBILITA', PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E LAVORI PUBBLICI

SOGGETTO DELEGATARIO:



PROGETTAZIONE:



S.p.A. AUTOVIE VENETE

34123 TRIESTE - Via V. Locchi, 19 - tel. 040/3189111
 Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento da parte di
 Friulia S.p.A. - Finanziaria Regionale Friuli-Venezia Giulia

CONCESSIONARIA AUTOSTRADE
 A4 VENEZIA - TRIESTE
 A23 PALMANOVA - UDINE
 A28 PORTOGRUARO - CONEGLIANO

COLLEGAMENTO TRA LA S.S. 13 PONTEBBANA E LA A23 TANGENZIALE SUD DI UDINE (II LOTTO)

AGGIORNAMENTO PROGETTO DEFINITIVO dd.14.12.2006

SEGNALETICA STRADALE

PORTALI
 RELAZIONE ILLUSTRATIVA, SUI MATERIALI E SULLE FONDAZIONI

TEMATICA

0

N. ALLEGATO e SUB.ALL.

03.01 .0.0

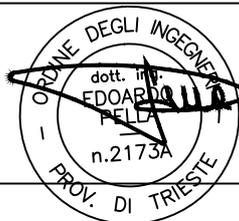
REV.	DATA	DESCRIZIONE	LV	EP	EP
REV.	DATA		REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
3					
2					
1					
0	30.08.2012	EMISSIONE			

COORDINAMENTO E PROGETTAZIONE GENERALE:

S.p.A. AUTOVIE VENETE :

dott. ing. Edoardo PELLA

dott. ing. Stefano DI SANTOLO



IL CAPO COMMESSA:

dott. ing. Edoardo PELLA

IL DIRETTORE DELL'AREA OPERATIVA:

dott. ing. Enrico RAZZINI

PROGETTAZIONE SPECIALISTICA:

Tematica :

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:

NOME FILE:
120700301000.pdf

DATA PROGETTO:
30.08.2012

312TN

CODICE MASTRO

12

ANNO

07

N.PROGETTO

0

REVISIONE

**COLLEGAMENTO TRA LA S.S. 13 PONTEBBANA E LA A23
TANGENZIALE SUD DI UDINE (II LOTTO)**

Aggiornamento Progetto Definitivo d.d. 14.12.2006

STRUTTURE DI SOSTEGNO SEGNALETICA VERTICALE

Relazione illustrativa, sui materiali e sulle fondazioni

Trieste, 30 agosto 2012

INDICE

	Pag.
1 GENERALITÀ	3
2 NORMATIVA.....	4
3 MATERIALI.....	5
3.1 CALCESTRUZZI.....	5
3.1.1 Calcestruzzo C12/15 per strutture di sottofondazione.....	5
3.1.2 Calcestruzzo C25/30 per strutture di fondazione.....	5
3.2 ACCIAIO D'ARMATURA	6
3.3 ACCIAIO DA CARPENTERIA	7
4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	8
5 AZIONI SULLE STRUTTURE	9
5.1 ANALISI DEI CARICHI	9
5.2 COMBINAZIONI DI CARICO	21
6 METODI DI ANALISI	26

1 GENERALITÀ

Oggetto della presente relazione illustrativa è il dimensionamento preliminare dei portali in struttura metallica che sostengono le targhe della segnaletica verticale del collegamento tra la S.S. 13 Pontebbana e la A23 Tangenziale Sud di Udine (II lotto). Trattasi di strutture in carpenteria metallica **zincata** fondate su plinti di fondazione delle seguenti tipologie:

- a bandiera laterale (di tipo BL1 e BL2) e a bandiera alta (di tipo BA)
- a cavalletto (per carreggiata e semicarreggiata)
- a farfalla.

Le opere ricadono nei comuni di Basiliano, Campoformido, Lestizza e Pozzuolo del Friuli in provincia di Udine.

Di seguito si riportano i calcoli preliminari delle strutture di cui trattasi, svolti secondo i criteri della scienza delle costruzioni e sulla cui base dovrà venire redatto il progetto esecutivo.

Le verifiche tensionali sono state effettuate con il metodo degli stati limite.

Le unità di misura utilizzate sono quelle prescritte dal Sistema Internazionale.

Alla presente relazione sono allegate le tavole di progetto della serie 1207O03, alle quali si rimanda per una descrizione più completa e dettagliata delle opere.

2 *NORMATIVA*

I calcoli statici sono stati svolti secondo la normativa in vigore, in particolare si è fatto riferimento a:

LEGGE 5 NOVEMBRE 1971 n. 1086 e RELATIVE ISTRUZIONI EMANATE CON CIRC. n. 11951 DEL 14/02/1974: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso e per le strutture metalliche"

LEGGE 2 FEBBRAIO 1974 n. 64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"

DECRETO MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE 14/01/2008: "Norme tecniche per le costruzioni"

CIRCOLARE MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE n. 617 02/02/2009: "Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme tecniche per le costruzioni'"

3 MATERIALI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali adottati.

3.1 CALCESTRUZZI

3.1.1 Calcestruzzo C12/15 per strutture di sottofondazione

classe di esposizione: classe X0 Prospetto 4 norma UNI 11104
diametro massimo inerte: 25 mm
cemento: Portland composito TIPO II 32,5 UNI ENV 450
resistenza caratteristica: $R'_{ck} \geq 15 \text{ MPa}$ su provino cubico

resistenza caratteristica cubica: $R'_{ck} \geq 15 \text{ MPa}$ su provino cubico

3.1.2 Calcestruzzo C25/30 per strutture di fondazione

ambiente: bagnato, raramente asciutto
classe di esposizione: classe XC2 O Prospetto 4 norma UNI 11104
copri ferro minimo: 40 mm
inerte: non gelivo
diametro massimo inerte: 25 mm
contenuto minimo d'aria aggiunta nel calcestruzzo fresco: 5 %
rapporto A/C: $\leq 0,60$
dosaggio di cemento: non minore a 300 kg per mc d'impasto
consistenza del calcestruzzo: "fluida" di classe S4 (abbassamento del cono maggiore di 160 mm)
cemento: Portland composito TIPO II 32,5 UNI ENV 450
resistenza caratteristica: $R'_{ck} \geq 30 \text{ MPa}$ su provino cubico

resistenza media a trazione semplice: $f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3} = 2,56 \text{ MPa}$

resistenza media a flessione: $f_{ctfm} = 1,2 * f_{ctm} = 3,07 \text{ MPa}$

resistenza caratteristica a trazione semplice (5%): $f_{ctk} = 0,7 * f_{ctm} = 1,79 \text{ MPa}$

resistenza caratteristica a trazione semplice (95%): $f_{ctk} = 1,3 * f_{ctm} = 3,33 \text{ MPa}$

modulo di Young: $E_c = 5700 * R_{ck}^{1/2} = 31220 \text{ MPa}$

coefficiente di sicurezza del calcestruzzo – SLU: $\gamma_c = 1,50$

resistenza di calcolo a compressione – SLU: $f_{cd} = 0,85 * f_{ck} / \gamma_c = 14,11 \text{ MPa}$

resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) – SLU: $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1,19 \text{ MPa}$

coefficiente di sicurezza del calcestruzzo – SLE: $\gamma_c = 1,00$

resistenza di calcolo a compressione – SLE: $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 24,90 \text{ MPa}$

resistenza di calcolo a trazione semplice – SLE: $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1,79 \text{ MPa}$

massima tensione di compressione in ESERCIZIO

comb. rara: $\sigma_c = 0,60 * f_{ck} = 14,94 \text{ MPa}$

comb. quasi permanente: $\sigma_c = 0,45 * f_{ck} = 11,21 \text{ MPa}$

peso specifico: $\gamma_s = 25 \text{ kN/m}^3$

3.2 ACCIAIO D'ARMATURA

Acciaio d'armatura del tipo B 450C **controllato in stabilimento.**

$E_s = 206.000 \text{ Mpa}$ modulo elastico

$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$ tensione caratt. di snervamento

$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$ tensione caratt. di rottura

$f_{y, \text{eff}} / f_{y, \text{nom}} \leq 1,25$ (frattile 10%)

$1,15 \leq (f_t / f_y)_k < 1,35$ (frattile 10%)

$(A_{gt})_k \geq 7,5\%$ (frattile 10%)

$f_{tk} > f_{t \text{ nom}}$ (frattile 5%)

$f_y > f_{y \text{ nom}}$ (frattile 5%)

coefficiente di sicurezza dell'acciaio – SLU: $\gamma_p = 1,15$

resistenza di calcolo – SLU: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_p = 391,30 \text{ MPa}$

coefficiente di sicurezza dell'acciaio – SLE: $\gamma_p = 1,00$

resistenza di calcolo – SLE: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_p = 450 \text{ MPa}$

massima tensione in ESERCIZIO:

$$\sigma_s = 0,80 * f_{yk} = 360 \text{ MPa}$$

3.3 ACCIAIO DA CARPENTERIA

Acciaio da carpenteria tipo **S235J2** per elementi saldati, piastre, profili laminati.

tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} \geq 235 \text{ MPa}$
tensione caratteristica a rottura:	$f_{tk} \geq 360 \text{ MPa}$
modulo di Young:	$E_s = 206.000 \text{ MPa}$
resilienza a -20° C	$\geq 27\text{J}$

Bulloni-viti-dadi classe 8.8 (alta resistenza - UNI 3740)

tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} \geq 649 \text{ MPa}$
tensione caratteristica a rottura:	$f_{tk} \geq 800 \text{ MPa}$

Tirafondi classe 5.6 (normali - UNI 3740)

tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} \geq 300 \text{ MPa}$
tensione caratteristica a rottura:	$f_{tk} \geq 500 \text{ MPa}$

Saldature I Classe a completa penetrazione (UNI 5132)

4 *INQUADRAMENTO GEOTECNICO*

Per l'inquadramento geotecnico dell'Area oggetto di intervento vedasi quanto riportato nell'elaborato 1207C0100000 "Relazione geologico-geotecnica".

I plinti di fondazioni poggeranno all'interno del rilevato autostradale: ne consegue che per il calcolo della capacità portante delle fondazioni, si può far riferimento ai parametri caratteristici assunti per il rilevato stradale (Par. 7.1 Relazione geologico-geotecnica) in condizioni di lungo termine (parametri drenati):

- $\gamma_k = 19 \text{ kN/m}^3$, peso di volume;
- $\phi'_k = 33^\circ$, angolo di resistenza al taglio;
- $c'_k = 0$, coesione efficace.

5 AZIONI SULLE STRUTTURE

5.1 ANALISI DEI CARICHI

CARICHI PERMANENTI

$$\gamma_s \text{ acciaio} = 78,50 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_s \text{ alluminio} = 28,00 \text{ kN/m}^3$$

- Strutture a bandiera laterale (BL1 e BL2):

$$\text{targa di dimensioni } 4,00 * 3,50 \quad \text{p.p.} = 4,00 * 3,50 * 28 * 0,003 = 1,18 \text{ kN}$$

$$\text{targa di dimensioni } 3,00 * 2,25 \quad \text{p.p.} = 3,00 * 2,25 * 28 * 0,003 = 0,57 \text{ kN}$$

- Strutture a bandiera alta (BA):

$$\text{targa di dimensioni } 3,00 * 2,00 \quad \text{p.p.} = 3,00 * 2,00 * 28 * 0,003 = 0,50 \text{ kN}$$

- Strutture a farfalla:

$$\text{targa di dimensioni } 3,50 * 2,00 \quad \text{p.p.} = 3,50 * 2,00 * 28 * 0,003 = 0,59 \text{ kN}$$

- Strutture a cavalletto:

$$\text{targa di dimensioni } 3,00 * 2,00 \quad \text{p.p.} = 3,00 * 2,00 * 28 * 0,003 = 0,50 \text{ kN}$$

$$\text{targa di dimensioni } 3,50 * 3,00 \quad \text{p.p.} = 3,50 * 3,00 * 28 * 0,003 = 0,88 \text{ kN}$$

AZIONI DA TEMPERATURA

Per le strutture iperstatiche (portali), in riferimento alla tab. 3.5.II delle N.T.C. 2008, si assume un valore della variazione termica $\Delta t = \pm 25 \text{ }^\circ\text{C}$

AZIONE DEL VENTO q_s

$$p = q_b * c_e * c_p * c_d$$

dove:

q_b pressione cinetica di riferimento (§ 3.3.6 D.M. 14.01.2008)

c_e coefficiente di esposizione (§ 3.3.7 D.M. 14.01.2008)

c_p coefficiente di forma

c_d coefficiente dinamico (§ 3.3. D.M. 14.01.2008)

Dalla tabella 3.1.1 riportata nelle N.T.C., risulta che la velocità di riferimento è pari al valore di $v_{b,0}$ in quanto l'altitudine a_s è inferiore a quella di riferimento a_0 fissata in 1000 metri sul livello del mare.

Risulta quindi:

$$v_b = v_{b,0} = 25 \text{ m/s (Tr=50 anni)}$$

$$q_b = 1/2 * \rho * v_b^2 = 0,39 \text{ kN/mq}$$

- il coefficiente di esposizione c_e è dato dalla seguente espressione:

$$c_e(z) = k_r^2 * c_t * \ln(z/z_0) * [7 + c_t * \ln(z/z_0)]$$

L'altezza del portale dal suolo z è assunta pari a 8,65 m (altezza massima dal suolo di tutta la cartellonistica). Secondo la Tabella 3.3.2 e la Figura 3.3.1 i manufatti ricadono in classe di rugosità B ed in categoria di esposizione III.

Dalla Tabella 3.3.II risulta quindi:

$$k_r = 0,20$$

$$z_0 = 0,10 \text{ m}$$

$$z_{\min} = 5,00 \text{ m}$$

$$z = 8,40 \text{ m}$$

assumendo il coefficiente di topografia c_t pari a 1,00 il coefficiente di esposizione c_e risulta:

$$c_e(z) = \mathbf{2,04}$$

- il coefficiente di forma c_p ed il coefficiente dinamico c_d vanno determinati in maniera specifica per il montante e per il cartello:

MONTANTE TUBOLARE: in riferimento al punto C.3.3.10.5 della Circolare 2 febbraio 2009 si assume $c_p = \mathbf{2,80}$

Il coefficiente dinamico viene assunto pari a $c_d = \mathbf{1,00}$.

TARGA SEGNALETICA: in riferimento al punto C.3.3.10.4.1 della Circolare 2 febbraio 2009 si assume:

$$c_p = 2,4 - \varphi = \mathbf{1,40}$$

$$\text{dove: } \varphi = S_p / S = 1,00$$

S = superficie trasversale

S_p = superficie della parete piena

Il coefficiente dinamico viene assunto pari a $c_d = \mathbf{1,00}$.

La pressione del vento risulta quindi pari a:

MONTANTE TUBOLARE:

$$p_{v \text{ MONTANTE}} = \mathbf{2,23} \text{ kN/m}^2$$

TARGA SEGNALETICA

$$p_{v \text{ TARGA SEGNALETICA}} = \mathbf{1,11} \text{ kN/m}^2$$

AZIONE SISMICA q_6

Coefficienti sismici

Gli spettri di risposta di progetto da utilizzare nelle analisi strutturali sono stati definiti secondo i dettami del punto 3.2 del D.M. 14.01.2008 sulla base dei dati riportati di seguito (per il calcolo è stato utilizzato il foglio excel allegato alle NTC).

Coordinate geografiche

I manufatti si trovano nei comuni di Basiliano, Campoformido, Lestizza e Pozzuolo del Friuli in provincia di Udine: i calcoli seguenti, in favore di sicurezza, sono stati eseguiti assumendo i parametri relativi al comune per il quale il valore dell'accelerazione a_g (calcolato in base al foglio di calcolo Spettri di Risposta vers. 1.0.3., del quale si riporta la schermata in fig. 3) è maggiore, ovvero nel comune di Campoformido.

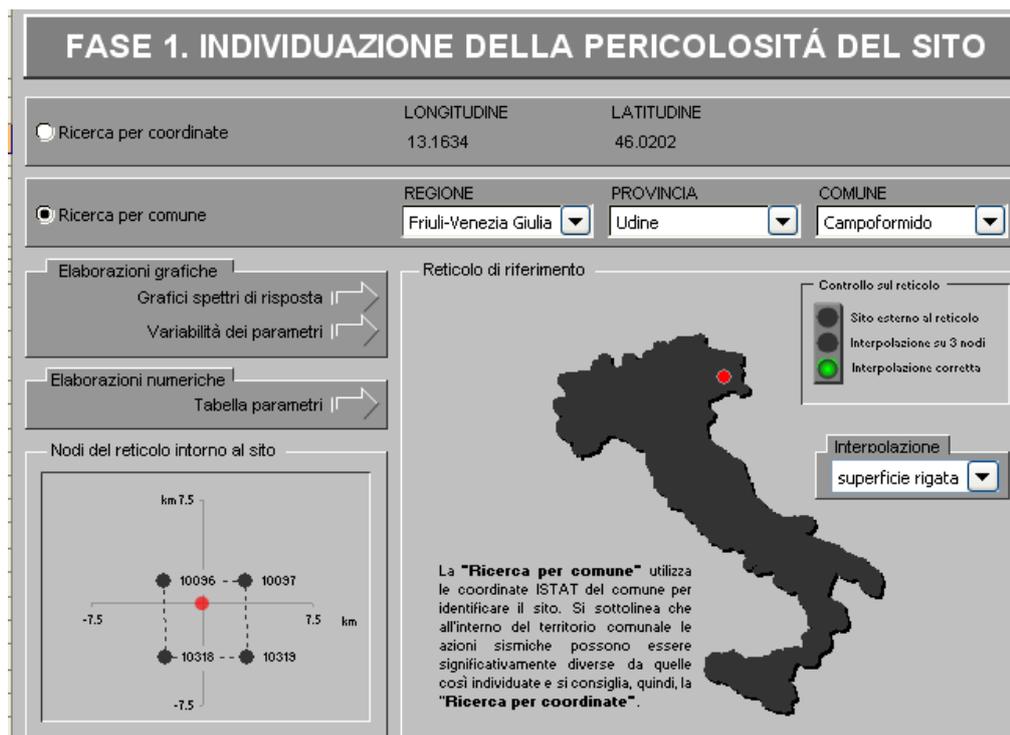


Figura 1: schermata foglio excel allegato alle N.T.C.

Vita nominale costruzione: $V_N = 50$ anni

Tipo di costruzione: opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale;

Classe d'uso costruzione: $C_U = 1,5$

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Periodi di riferimento per l'azione sismica: $V_R = V_N \times C_U = 75$ anni.

Periodi di ritorno

Sulla base delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , vengono definiti i periodi di riferimento per i singoli stati limite ($T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR})$):

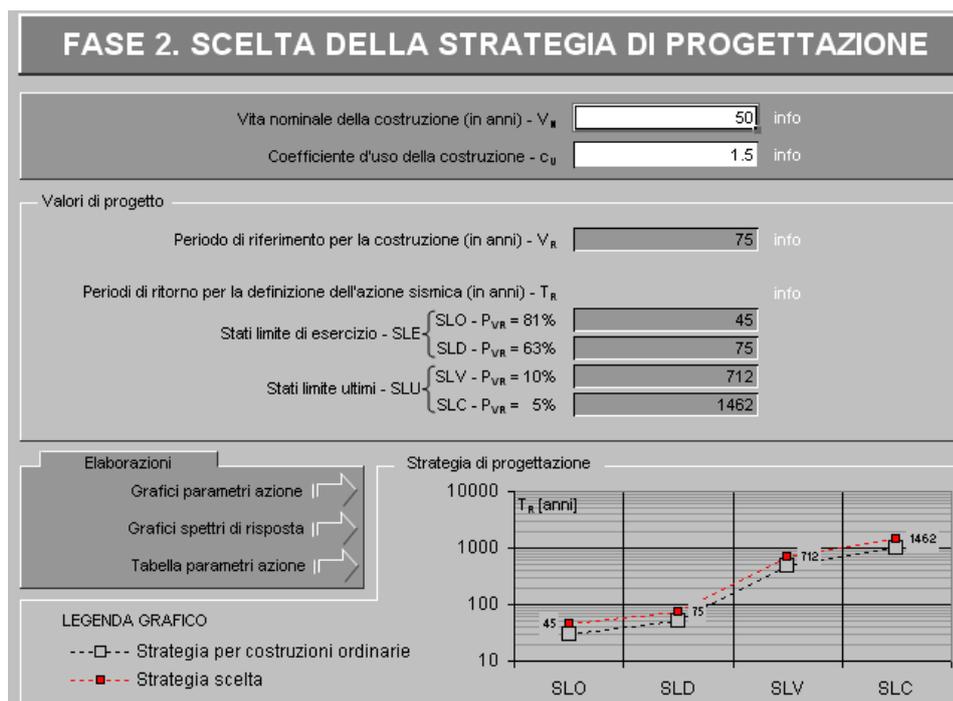


Figura 2: schermata foglio excel allegato alle N.T.C.

Sulla base delle coordinate geografiche e dei periodi di ritorno per i singoli stati limite, si ottengono i seguenti valori:

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	45	0.063	2.469	0.261
SLD	75	0.080	2.458	0.280
SLV	712	0.208	2.517	0.345
SLC	1462	0.272	2.539	0.360

dove:

- a_g , è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido (espressa in g/10);
- F_o , il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale;
- T_c^* , il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale (espresso in s).

Categoria di sottosuolo

Categoria B: rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori ai 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e coesione non drenata $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fine).

Con suoli di categoria B, si hanno i seguenti coefficienti di amplificazione stratigrafica:

- $S_s: 1 \leq 1,40 - 0,40 * F_o * a_g/g \leq 1,20$
- $C_C: 1,10 \times (T_c^*)^{-0.20}$

Condizioni topografiche: T1

Categoria topografica T1: superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

A tali condizioni topografiche corrisponde un coefficiente topografico S_T pari a 1.

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO STATO LIMITE DI DANNO (SLD)

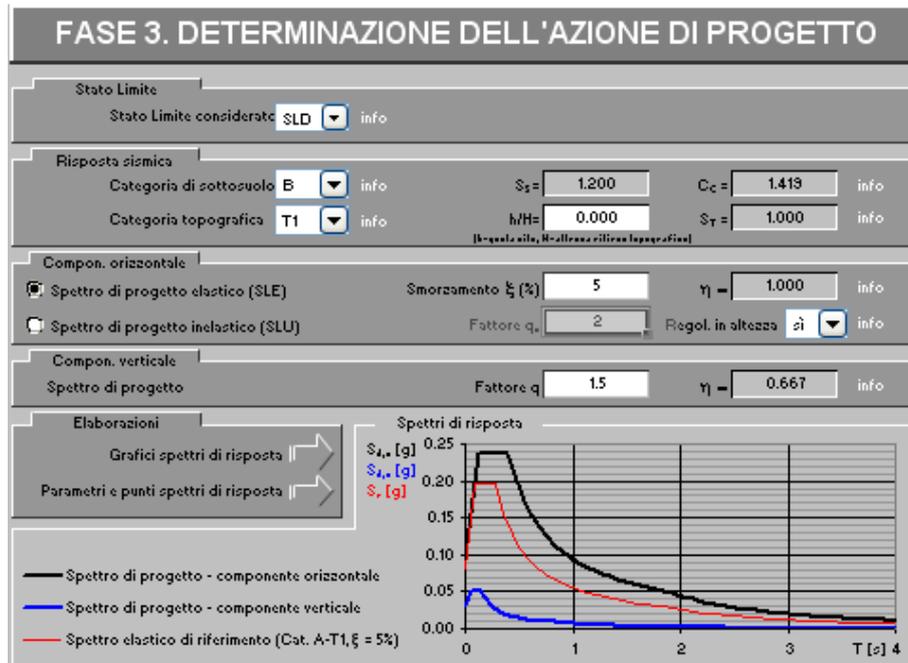


Figura 3: schermata foglio excel allegato alle N.T.C.

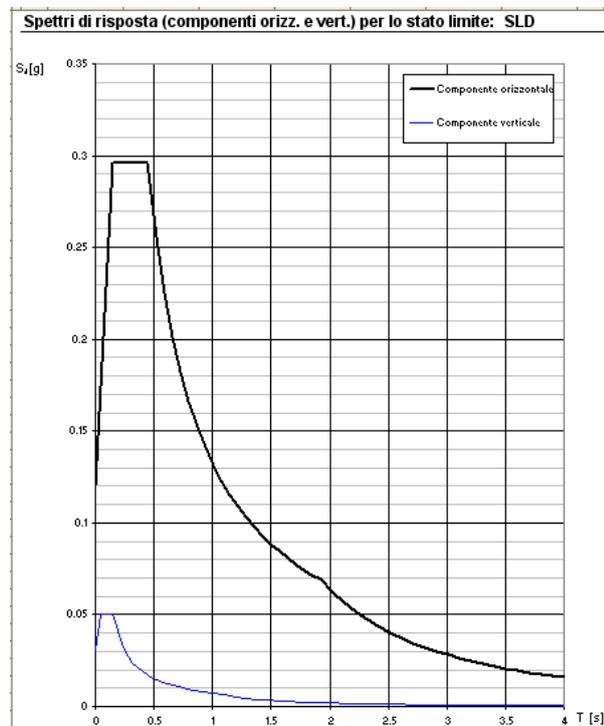


Figura 4: diagramma pseudo accelerazione adimensionalizzata (g) – periodo di vibrazione per gli spettri di risposta elastici allo stato limite di danno, componente orizzontale e componente verticale

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.080 g
F_v	2.458
T_c	0.280 s
S_s	1.500
C_c	1.598
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_B	0.149 s
T_C	0.447 s
T_D	1.922 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (3 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; § 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo q con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	S_e [g]
	0.000	0.121
T_{B1}	0.149	0.236
T_{B2}	0.447	0.236
	0.518	0.256
	0.588	0.226
	0.658	0.201
	0.728	0.182
	0.798	0.166
	0.869	0.153
	0.939	0.141
	1.009	0.131
	1.079	0.123
	1.149	0.115
	1.220	0.109
	1.290	0.103
	1.360	0.097
	1.430	0.093
	1.500	0.088
	1.571	0.084
	1.641	0.081
	1.711	0.077
	1.781	0.074
	1.851	0.072
T_{D1}	1.922	0.069
	2.020	0.062
	2.119	0.057
	2.218	0.052
	2.317	0.047
	2.416	0.044
	2.515	0.040
	2.614	0.037
	2.713	0.035
	2.812	0.032
	2.911	0.030
	3.010	0.028
	3.109	0.026
	3.208	0.025
	3.307	0.023
	3.406	0.022
	3.505	0.021
	3.604	0.020
	3.703	0.019
	3.802	0.018
	3.901	0.017
	4.000	0.016

Figura 5: Parametri e punti dello spettro di risposta elastico orizzontale allo stato limite di danno

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_{sv}	0.031 g
S_s	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	0.341
S	1.000
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1.35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_{sv}}{g}\right)^{0.5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_v(T) = a_{sv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_v(T) = a_{sv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_v(T) = a_{sv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_v(T) = a_{sv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.031
T_B	0.050	0.050
T_C	0.150	0.050
	0.235	0.032
	0.320	0.024
	0.405	0.019
	0.490	0.015
	0.575	0.013
	0.660	0.011
	0.745	0.010
	0.830	0.009
	0.915	0.008
T_D	1.000	0.008
	1.034	0.006
	1.168	0.005
	1.281	0.005
	1.375	0.004
	1.469	0.004
	1.563	0.003
	1.656	0.003
	1.750	0.002
	1.844	0.002
	1.938	0.002
	2.031	0.002
	2.125	0.002
	2.219	0.002
	2.313	0.001
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.001
	2.688	0.001
	2.781	0.001
	2.875	0.001
	2.969	0.001
	3.063	0.001
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.001
	3.719	0.001
	3.813	0.001
	3.906	0.000
	4.000	0.000

Figura 6: parametri e punti dello spettro di risposta elastico verticale allo stato limite di danno

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV)

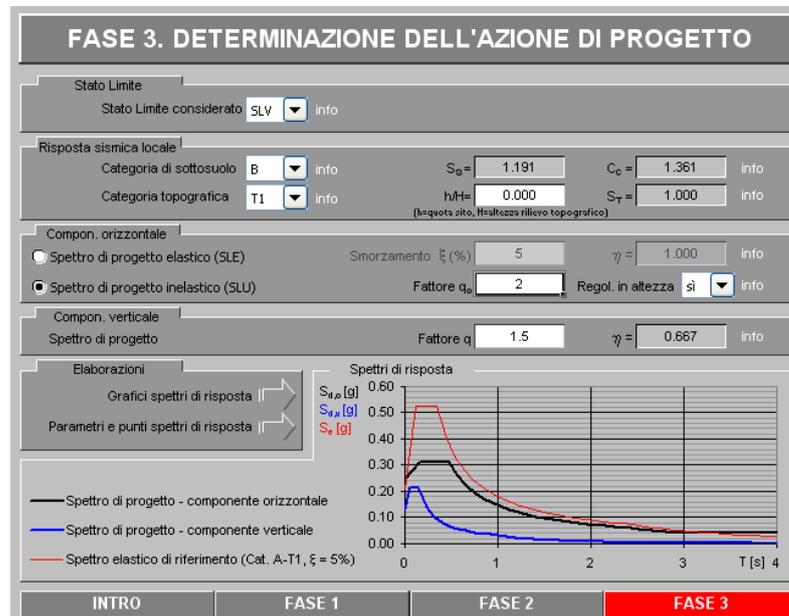


Figura 7: schermata foglio excel allegato alle N.T.C.

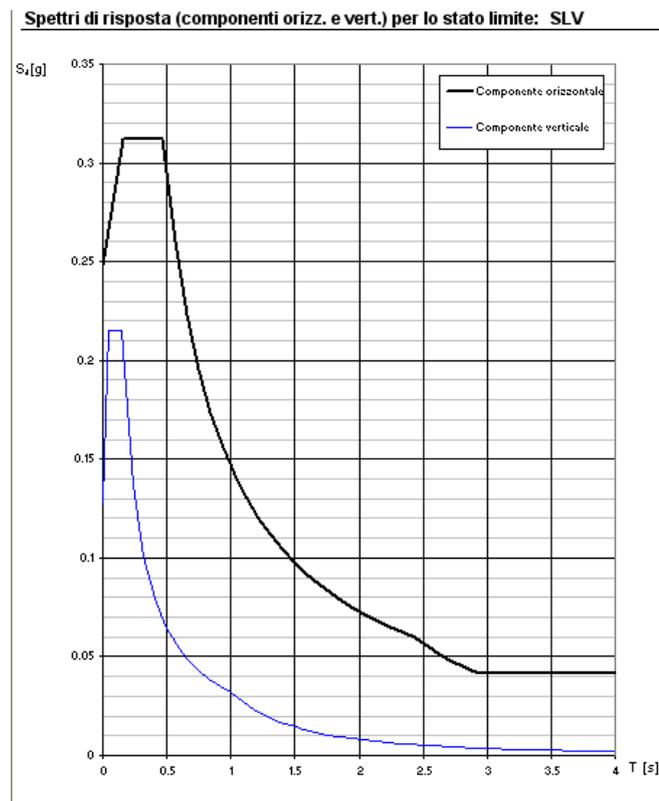


Figura 8:diagramma pseudo accelerazione adimensionalizzata (g) – periodo di vibrazione per gli spettri di risposta elastici allo stato limite di salvaguardia della vita, componente orizzontale e componente verticale

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_s	0.208 g
F_s	2.517
T_c	0.345 s
S_s	1.191
C_c	1.361
S_T	1.000
q	2.000

Parametri dipendenti

S	1.191
η	0.500
T_p	0.156 s
T_c	0.463 s
T_D	2.432 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{0.4(3+\xi)} \geq 0.55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_D = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4.0 \cdot a_s / g + 1.6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_D \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_D} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_D} \right) \right]$$

$$T_D \leq T < T_c \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_d(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo q con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.248
T_p	0.156	0.312
T_c	0.463	0.312
	0.563	0.260
	0.656	0.223
	0.750	0.195
	0.843	0.174
	0.937	0.156
	1.030	0.142
	1.124	0.130
	1.217	0.120
	1.311	0.112
	1.404	0.104
	1.498	0.098
	1.591	0.092
	1.684	0.087
	1.778	0.082
	1.871	0.078
	1.965	0.074
	2.058	0.071
	2.152	0.068
	2.245	0.065
	2.339	0.063
T_D	2.432	0.060
	2.507	0.057
	2.582	0.053
	2.656	0.050
	2.731	0.048
	2.806	0.045
	2.880	0.043
	2.955	0.042
	3.030	0.042
	3.104	0.042
	3.179	0.042
	3.253	0.042
	3.328	0.042
	3.403	0.042
	3.477	0.042
	3.552	0.042
	3.627	0.042
	3.701	0.042
	3.776	0.042
	3.851	0.042
	3.925	0.042
	4.000	0.042

Figura 9: parametri e punti dello spettro di risposta elastico orizzontale allo stato limite di salvaguardia della vita

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{sv}	0.128 g
S_s	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_b	0.050 s
T_c	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_s	1.550
S	1.000
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_s = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_{sv}}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_b \quad \left| \quad S_d(T) = a_{sv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_s \cdot \left[\frac{T}{T_b} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_b} \right) \right] \right.$$

$$T_b \leq T < T_c \quad \left| \quad S_d(T) = a_{sv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_s \right.$$

$$T_c \leq T < T_D \quad \left| \quad S_d(T) = a_{sv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_s \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right) \right.$$

$$T_D \leq T \quad \left| \quad S_d(T) = a_{sv} \cdot S \cdot \eta \cdot F_s \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_b}{T^2} \right) \right.$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.128
T_{b1}	0.050	0.215
T_{b2}	0.150	0.215
	0.235	0.137
	0.320	0.101
	0.405	0.080
	0.490	0.066
	0.575	0.056
	0.660	0.049
	0.745	0.043
	0.830	0.039
	0.915	0.035
T_{D1}	1.000	0.032
	1.094	0.027
	1.188	0.023
	1.281	0.020
	1.375	0.017
	1.469	0.015
	1.563	0.013
	1.656	0.012
	1.750	0.011
	1.844	0.009
	1.938	0.009
	2.031	0.008
	2.125	0.007
	2.219	0.007
	2.313	0.006
	2.406	0.006
	2.500	0.005
	2.594	0.005
	2.688	0.004
	2.781	0.004
	2.875	0.004
	2.969	0.004
	3.063	0.003
	3.156	0.003
	3.250	0.003
	3.344	0.003
	3.438	0.003
	3.531	0.003
	3.625	0.002
	3.719	0.002
	3.813	0.002
	3.906	0.002
	4.000	0.002

Figura 10: parametri e punti dello spettro di risposta elastico verticale allo stato limite di salvaguardia della vita

5.2 COMBINAZIONI DI CARICO

Si eseguono le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE).

Le combinazioni statiche allo stato limite ultimo e allo stato limite di esercizio considerate nei calcoli sono le seguenti:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli **stati limite ultimi (SLU)**

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica (**rara**), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (**SLE**) irreversibili

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione **sismica** impiegata per stati limite ultimi e di esercizio:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$$

dove G_1 : peso proprio strutture

G_2 : carichi permanenti portati

P = precompressione (nello specifico assente)

E = azione sismica

Q_{kj} = azione dovuta a carichi accidentali (nello specifico assente)

I coefficienti γ e ψ presi in considerazione per le combinazioni allo stato limite ultimo STR e per le combinazioni allo stato limite di esercizio sono riportati di seguito.

Strutture a bandiera e a farfalla

La combinazione di carico statica allo stato limite di esercizio **RARA**, utilizzata per le verifiche è l'involuppo delle seguenti combinazioni di carico elementari (di cui si riportano i coefficienti moltiplicativi):

	PERMANENTE	VENTO
RARA1	1,00	1,00

La combinazione di carico statica allo stato limite di ultimo **STR**, utilizzata per le verifiche è l'involuppo delle seguenti combinazioni di carico elementari (di cui si riportano i coefficienti moltiplicativi):

	PERMANENTE	VENTO
STR1	1,30	1,50

La combinazione di carico sismica allo stato limite di esercizio SLD, utilizzata per le verifiche (di cui si riportano i coefficienti moltiplicativi) è la seguente:

	PERMANENTE	VENTO	SLD-SISMA
SLD1	1,00	0,00	1,00

La combinazione di carico sismica allo stato limite ultimo SLV, utilizzata per le verifiche (di cui si riportano i coefficienti moltiplicativi) è la seguente:

	PERMANENTE	VENTO	SLV-SISMA
SLV1	1,00	0,00	1,00

Strutture a cavalletto

La combinazione di carico statica allo stato limite di esercizio **RARA**, utilizzata per le verifiche è l'inviluppo delle seguenti combinazioni di carico elementari (di cui si riportano i coefficienti moltiplicativi):

	PERMANENTE	TEMP	VENTO
RARA1	1,00	1,00	0,60
RARA2	1,00	0,00	0,60
RARA3	1,00	0,60	1,00
RARA4	1,00	0,60	0,00
RARA5	1,00	0,00	1,00
RARA6	1,00	1,00	0,00

La combinazione di carico statica allo stato limite di ultimo **STR**, utilizzata per le verifiche è l'inviluppo delle seguenti combinazioni di carico elementari (di cui si riportano i coefficienti moltiplicativi):

	PERMANENTE	TEMP	VENTO
STR1	1,30	1,50	1,50*0,60
STR2	1,30	0,00	1,50*0,60
STR3	1,30	1,50*0,60	1,50
STR4	1,30	1,50*0,60	0,00
STR5	1,30	0,00	1,50
STR6	1,30	1,50	0,00

La combinazione di carico sismica allo stato limite di esercizio **SLD**, utilizzata per le verifiche (di cui si riportano i coefficienti moltiplicativi) è la seguente:

	PERMANENTE	TEMP	VENTO	SLD-SISMA
SLD1	1,00	0,00	0,00	1,00

La combinazione di carico sismica allo stato limite ultimo SLV, utilizzata per le verifiche (di cui si riportano i coefficienti moltiplicativi) è la seguente:

	PERMANENTE	TEMP	VENTO	SLV-SISMA
SLV1	1,00	0,00	0,00	1,00

Per l'analisi fondazionale si effettuano le **verifiche a ribaltamento, scivolamento e capacità portante** secondo secondo l'**APPROCCIO 2 (A1+M1+R3)** (cap. 6.4.3.1. N.T.C.2008):

Coefficienti **A1** da applicare alle azioni (tab.6.2.I delle N.T.C. 2008):

	effetto sfavorevole	effetto favorevole
permanente	$\gamma_p = 1,30$	$\gamma_p = 1,00$
variabile	$\gamma_q = 1,50$	$\gamma_q = 0,00$

Coefficienti **M1** per i parametri geotecnici del terreno (tab.6.2.II delle N.T.C. 2008):

peso dell'unità di volume:	$\gamma_\gamma = 1,00$
tangente all'angolo di resistenza al taglio:	$\gamma_{\tan \phi} = 1,00$
coesione efficace:	$\gamma_{c'} = 1,00$
resistenza non drenata:	$\gamma_{cu} = 1,00$

γ	ϕ	c'k	cu
kN/m ³	°	kPa	kPa
19	33	0	0

Coefficienti **R3** da applicare alle resistenze caratteristiche (tab.6.4.I delle N.T.C. 2008):

scorrimento: $\gamma_R = 1,10$

capacità portante: $\gamma_R = 2,30$

6 METODI DI ANALISI

Strutture a bandiera laterale – a bandiera alta – a farfalla

Si esegue l'analisi statica lineare, consistente nell'applicazione di forze statiche equivalenti alle forze di inerzia indotte dall'azione sismica.

La forza sismica si calcola come:

$$E_d = M * S_d$$

dove:

S_d : accelerazione ricavata dallo spettro di progetto;

M : massa del cartello e degli elementi di sostegno e 1/2 della massa del fusto del palo (il peso dell'altra massa si ipotizza scaricata direttamente a terra).

Si riportano le formule utilizzate per il calcolo dell'azione sismica nelle due direzioni:

rigidezza	$k_y = 3EI_y/L^3$
periodo	$T = 2 * \pi * \sqrt{(M/k_y)}$
azione sismica lungo xx	$T2_{x-x} = M * E_d$

rigidezza	$k_x = 3EI_x/L^3$
periodo	$T = 2 * \pi * \sqrt{(M/k_x)}$
azione sismica lungo yy	$T2_{y-y} = M * E_d$

Lo spettro è stato applicato singolarmente lungo le tre direzioni spaziali.

Strutture a cavalletto

Si esegue l'analisi modale: per ognuna delle direzioni di verifica sono stati presi in considerazione tutti i modi che forniscono un contributo significativo alla risposta. La normativa suggerisce a tal riguardo di considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5%, oppure un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore al 85%.

Poiché tutti i modi non raggiungono il massimo simultaneamente, e poiché le risposte nei modi di vibrare si possono considerare indipendenti le une dalle altre, le norme consentono di calcolare il loro più probabile valore massimo utilizzando una combinazione SRSS (radice quadrata della somma dei quadrati delle quantità considerate).

Sono state prese in considerazioni le sole masse associate ai carichi gravitazionali permanenti.

Gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc) sono stati combinati successivamente, applicando la seguente espressione:

$$1,00E_x + 0,30E_y + 0,30E_z$$