

PROVINCIA DI MODENA

Area Lavori Pubblici

Direttore Ing. Alessandro Manni

Servizio Lavori Speciali Opere Pubbliche

telefono 059 209 623 fax 059 343 706

viale Jacopo Barozzi 340, 41124 Modena c.f. e p.i. 01375710363

centralino 059 209 111 www.provincia.modena.it provinciadi Modena@cert.provincia.modena.it

Servizio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 - Registrazione N. 3256 -A-

SP1 SORBARESE Km 8+111 NUOVO PONTE SUL FIUME PANARO NEI COMUNI DI BOMPORTO E RAVARINO

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

RIFERIMENTO ELABORATO

PE 1.6

RELAZIONE SUGLI APPARECCHI D'APPOGGIO CON ANALISI SISMICA

PROT. n° 11843

CL. 11-15-02

DEL 10/03/2016

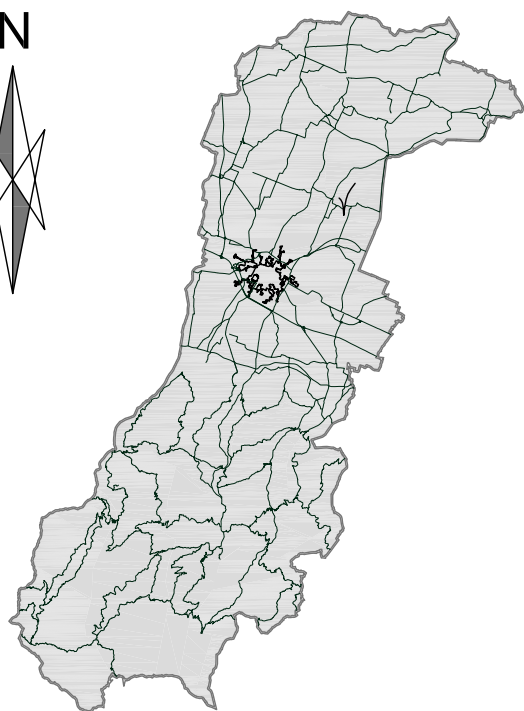
FASC. 72 SUB

A.D.

SCALA

DATA Gennaio 2016

revisione	data	descrizione	redatto	controllato	approvato
0	20/06/14	Emissione	RB	AM	RP



ubicazione intervento

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Luca Rossi

PROGETTISTI

Dott. Ing. Alessandro Manni

Prof. Ing. Raffaele Poluzzi

Dott. Ing. Andrea Montalti

Dott. Ing. Eugenio Santi

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Dott. Ing. Eugenio Santi

PROGETTISTA

PROF. ING. RAFFAELE POLUZZI

Via Cristoni 14, 40033 Casalecchio di Reno (Bologna)
Tel. 051.572737 – Fax. 051.6137420 – Email studio@poluzzi.com

COMMITTENTE

CODIFICA DOCUMENTO

12.60-PB-REL-PE1.6_RELAZIONE APPOGGI

FOGLIO

1 DI 16

INDICE

1	AZIONI ED ESCURSIONI APPARECCHI DI APPOGGIO E GIUNTI	3
1.1	ASPETTI GENERALI	3
1.2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	3
1.3	CODICI DI CALCOLO	3
1.4	CARATTERISTICHE DEGLI APPARECCHI DI APPOGGIO	4
1.4.1	ISOLATORI ELASTOMERICI	4
1.4.2	CARATTERISTICHE GIUNTI DI DILATAZIONE	7
1.5	CALCOLO AZIONI ED ESCURSIONI	8
1.5.1	DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	8
1.5.2	AZIONI SUGLI APPOGGI	10
1.5.2.1	CARICHI STATICI E SISMA VERTICALE	10
1.5.2.2	SISMA ORIZZONTALE	10
1.5.2.3	AZIONE TERMICA	12
1.5.2.4	AZIONE DI FRENATURA	14
1.5.2.5	AZIONE VENTO TRASVERSALE	15
1.6	TABELLE RIASSUNTIVE	16

1 AZIONI ED ESCURSIONI APPARECCHI DI APPOGGIO E GIUNTI

1.1 ASPETTI GENERALI

Il sistema di vincolamento prevede in corrispondenza delle spalle l'impiego di isolatori elastomerici antisismici ad alta dissipazione con le caratteristiche riportate nelle tavole grafiche, realizzati mediante un cuscino di elastomero armato ad alto valore di smorzamento, vulcanizzato sopra e sotto ad una piastra di acciaio a cui va fissata mediante viti una o più piastre con funzione di ancoraggio.

I dispositivi previsti sono disposti sulle spalle con la logica seguente:

Direzione longitudinale e trasversale:

Spalla A: 2 isolatori elastomerici;

Spalla B: 2 isolatori elastomerici;

I dispositivi saranno progettati affinché resistano all'azione di progetto allo stato limite ultimo di collasso, così come prescritto dal D.M. 14 Gennaio 2008, per un evento sismico con periodo di ritorno di 2475 anni (vita nomina $V_n=100$, coefficiente d'uso $C_u=2$).

Vista l'importanza dell'opera, nella determinazione della massa sismica, sono stati considerati anche il 20% dei carichi mobili.

1.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per le parti strutturali di nuova costruzione si prevede l'impiego di materiali come prescritti dal Decreto Ministeriale 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Relativamente ai materiali impiegati per la realizzazione degli appoggi (elastomerici, unidirezionali e multidirezionali) si farà riferimento a quanto indicato dalla ditta fornitrice, nel rispetto della normativa vigente in materia.

1.3 CODICI DI CALCOLO

Per il dimensionamento degli appoggi e giunti si fa riferimento a schede tecniche dei produttori specifici ed a fogli di calcolo che utilizzano gli usuali metodi indicate in letteratura tecnica.

1.4 CARATTERISTICHE DEGLI APPARECCHI DI APPOGGIO

1.4.1 ISOLATORI ELASTOMERICI

Per effettuare i calcoli di verifica si farà riferimento ad appoggi serie SI della ditta “FIP Industriale” precisando che tale riferimento è solo indicativo, in quanto questi apparecchi sono ormai prodotti dalle principali ditte del settore. Le caratteristiche dimensionali e meccaniche degli apparecchi previsti sono descritte negli schemi e tabelle successive.

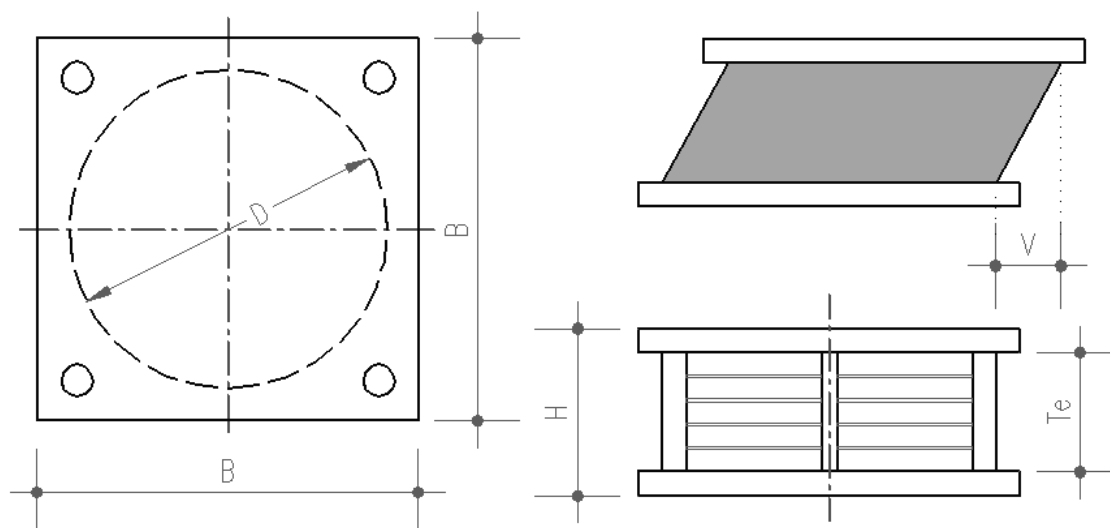


Figura 1.1 Schema apparecchi di appoggio elastomerici

PROPRIETA'	MESCOLA		
	MORBIDA (SOFT - S)	NORMALE (NORMAL - N)	DURA (HARD - H)
Durezza (Shore A)	40	60	75
Modulo di elasticità tangenziale G_{din} a $\gamma = 1$ (MPa)	0.4	0.8	1.4
Coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ a $\gamma = 1$ (%)	10/15	10/15	10/15

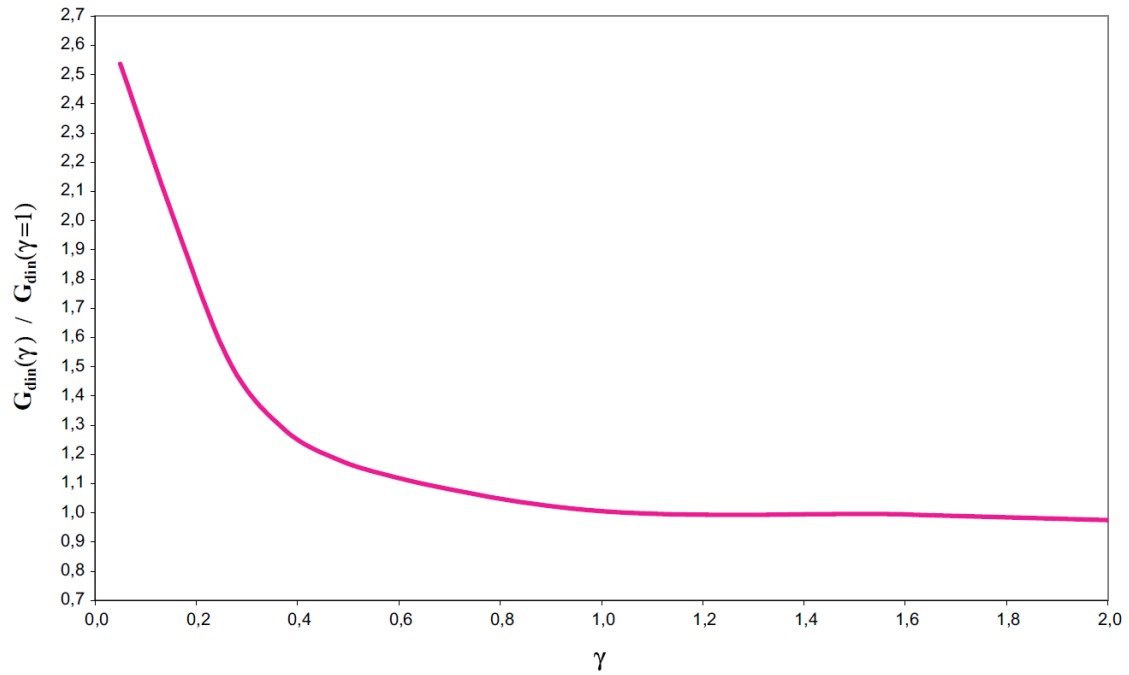


Figura 1.2 Variazione media del modulo dinamico equivalente a taglio G_{din} in funzione della deformazione di taglio γ .

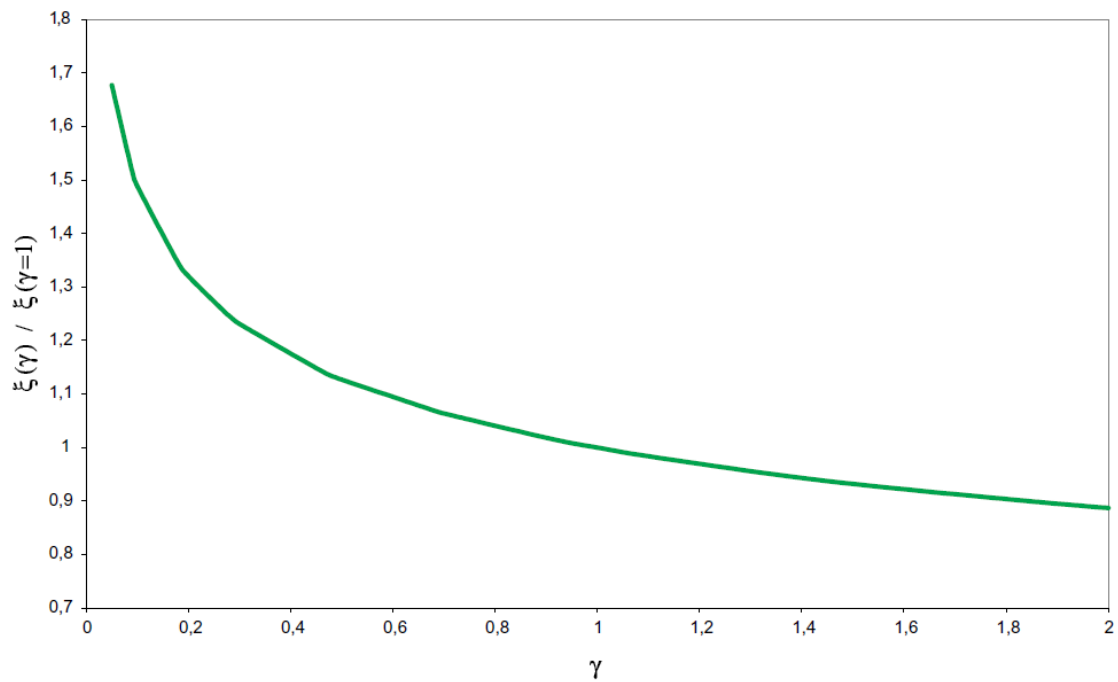


Figura 1.3 Variazione media del coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ in funzione della deformazione di taglio γ .

Di seguito si riportano le caratteristiche degli appoggi utilizzati per le spalle:

Tabella 1-1 Caratteristiche apparecchi di appoggio - Spostamento Max = 150 mm

POSIZIONE	N° TOT ISOLATORI	TIPO SI-H	V	F _{zd}	K _e	K _v	D _g	t _e	h	H	Z	W
			kN	kN	kN/mm	kN/mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
SPALLE	4	SI-H 700/80	8310	11370	6.74	4209	700	80	151	211	750	508

Legenda:

- V** Carico verticale agente sull'isolatore in presenza di sisma
- F_{zd}** Carico verticale massimo allo SLU in esercizio
- K_e** Rigidezza orizzontale equivalente
- K_v** Rigidezza verticale
- D_g** Diametro elastomero
- t_e** Spessore totale gomma
- h** Altezza escluse piastre di ancoraggio
- H** Altezza totale incluse piastre di ancoraggio
- Z** Lato piastre di ancoraggio
- W** Peso isolatore escluse zanche

Tabella 1-2 Caratteristiche meccaniche mescola tipo Dura H

Durezza Shore A3	Modulo G (scorrimento $\gamma = 1$) N/mm ²	Smorzamento viscoso equivalente ξ (scorrimento $\gamma = 1$) %
75	1.4	15

Lo spostamento massimo dei dispositivi è pari a 150mm.

1.4.2 CARATTERISTICHE GIUNTI DI DILATAZIONE

Per effettuare il dimensionamento si farà riferimento ai giunti di dilatazione in gomma armata del tipo GPE della ditta “FIP Industriale” precisando che tale riferimento è solo indicativo, in quanto questi dispositivi sono ormai prodotti dalle principali ditte del settore.

Le caratteristiche dimensionali dei dispositivi previsti sono descritte negli schemi e tabelle successive.

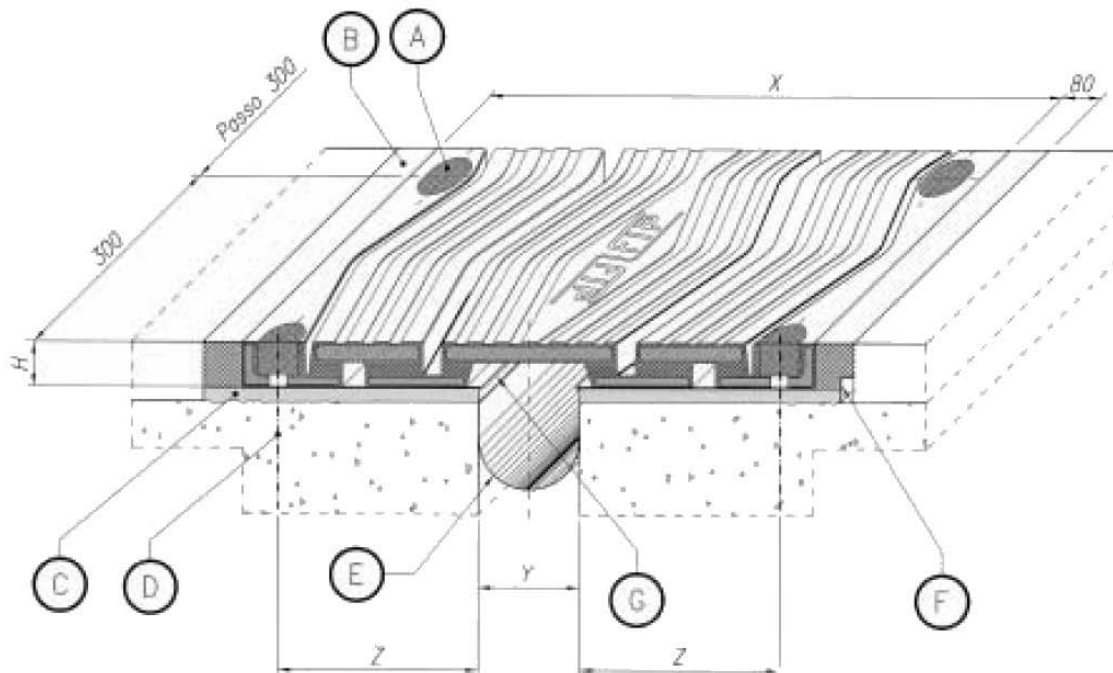


Figura 1.4 Giunto di dilatazione in gomma armata Tipo GPE

Tabella 1-3 Caratteristiche giunti di dilatazione

TIPO DI GIUNTO	MOVIMENTO TOTALE (mm)	ALTEZZA	LARGHEZZA	VARCO	ANCORAGGI
		H (mm)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
GPE 300	300	80	960 a riposo	Min. 30 – Max. 330	350

Il valore di movimento totale pari a 300mm significa uno spostamento di ± 150 mm in direzione longitudinale. La ditta fornitrice garantisce per tale giunto uno spostamento di ± 125 mm in direzione trasversale.

1.5 CALCOLO AZIONI ED ESCURSIONI

1.5.1 DEFINIZIONE DELL' AZIONE SISMICA

Di seguito si riporta lo spettro per lo stato limite ultimo SLV, per il calcolo delle sollecitazioni che l'impalcato trasmette alle sottostrutture attraverso gli appoggi, e lo spettro per lo stato limite ultimo SLC per il calcolo dello spostamento massimo ed il dimensionamento del dispositivo d'appoggio.

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.269 g
F_o	2.465
T_C^*	0.289 s
S_S	1.302
C_C	1.582
S_T	1.000
q	1.414

Parametri dipendenti

S	1.302
η	0.707
T_B	0.152 s
T_C	0.457 s
T_D	2.676 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

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

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

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

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

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

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

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

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 η 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	0.350
T_B ←	0.152	0.610
T_C ←	0.457	0.610
	0.563	0.496
	0.668	0.417
	0.774	0.360
	0.879	0.317
	0.985	0.283
	1.091	0.256
	1.196	0.233
	1.302	0.214
	1.408	0.198
	1.513	0.184
	1.619	0.172
	1.725	0.162
	1.830	0.152
	1.936	0.144
	2.042	0.137
	2.147	0.130
	2.253	0.124
	2.359	0.118
	2.464	0.113
	2.570	0.109
T_D ←	2.676	0.104
	2.739	0.099
	2.802	0.095
	2.865	0.091
	2.928	0.087
	2.991	0.083
	3.054	0.080
	3.117	0.077
	3.180	0.074
	3.243	0.071
	3.306	0.068
	3.369	0.066
	3.432	0.063
	3.496	0.061
	3.559	0.059
	3.622	0.057
	3.685	0.055
	3.748	0.054
	3.811	0.054
	3.874	0.054
	3.937	0.054
	4.000	0.054

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLC
a_g	0.297 g
F_o	2.441
T_c^*	0.293 s
S_s	1.265
C_c	1.575
S_T	1.000
q	1.414

Parametri dipendenti

S	1.265
η	0.707
T_B	0.154 s
T_C	0.461 s
T_D	2.789 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

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

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

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

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

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

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

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

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 η 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	0.376
$T_B \leftarrow$	0.154	0.649
$T_C \leftarrow$	0.461	0.649
	0.572	0.523
	0.683	0.438
	0.793	0.377
	0.904	0.331
	1.015	0.295
	1.126	0.266
	1.237	0.242
	1.348	0.222
	1.458	0.205
	1.569	0.191
	1.680	0.178
	1.791	0.167
	1.902	0.157
	2.013	0.149
	2.124	0.141
	2.234	0.134
	2.345	0.127
	2.456	0.122
	2.567	0.116
	2.678	0.112
$T_D \leftarrow$	2.789	0.107
	2.846	0.103
	2.904	0.099
	2.962	0.095
	3.019	0.091
	3.077	0.088
	3.135	0.085
	3.192	0.082
	3.250	0.079
	3.308	0.076
	3.365	0.074
	3.423	0.071
	3.481	0.069
	3.539	0.067
	3.596	0.064
	3.654	0.062
	3.712	0.061
	3.769	0.059
	3.827	0.059
	3.885	0.059
	3.942	0.059
	4.000	0.059

1.5.2 AZIONI SUGLI APPOGGI

DATI:

N. travi	n = 2
Luce di calcolo	L = 79.00 m
Retrotrave arco	R = 1.50
Retrotrave soletta	R = 0.55
Larghezza impalcato	B = 15.80m

1.5.2.1 CARICHI STATICI E SISMA VERTICALE

Dalla relazione di calcolo dell'impalcato il carico trasversale dovuto al vento per metro lineare di impalcato risulta essere:

$$\text{Vento } y (Q) = 2.5 \times 6.12 = 15.32 \text{ kN/m}$$

Mentre i carichi massimi verticali sui singoli appoggi risultano essere:

Tabella 1-4 Appoggio Spalle

CARICHI	AZIONE ELEMENTARE	γ_{SLU}	SLU	γ_{Sisma}	Carico Base Sisma
Peso proprio struttura (G_1)	1280.00 kN	1.35	1728.00 kN	1	1280.00 kN
Peso proprio soletta (G_1)	1880.00 kN	1.35	2538.00 kN	1	1880.00 kN
Calaggio (Def)	0.00 kN	1	0.00 kN	1	0.00 kN
Carichi permanenti (G_2)	840.00 kN	1.5	1260.00 kN	1	840.00 kN
Ritiro (G)	0.00 kN	1.2	0.00 kN	1	0.00 kN
Carichi mobili (Q)	1807.00 kN	1.35	2439.45 kN	0.2	361.40 kN
Vento (Q)	95.00 kN	0.9	85.50 kN	0	0.00 kN
Variazione termica $\Delta T = +10^\circ C$ (Q)	0.00 kN	0	0.00 kN	0	0.00 kN
Variazione termica $\Delta T = -5^\circ C$ (Q)	0.00 kN	0.72	0.00 kN	0.5	0.00 kN
TOTALE MASSIMI	5902.00 kN		8050.95 kN		4361.40 kN

1.5.2.2 SISMA ORIZZONTALE

Il calcolo che segue ha lo scopo di vedere l'adeguatezza del sistema di vincolo previsto, anche con riferimento a normative tuttora in fase sperimentale.

L'elastomero che realizza questi apparecchi ha un comportamento non lineare diventando più deformabile (minor modulo G) ad elevati scorrimenti (γ può superare il 100%).

Pertanto l'individuazione delle grandezze che intervengono nei calcoli ad interpretare il funzionamento in fase sismica, fra loro collegate da legami non lineari, parte da ipotesi di tentativo essenzialmente sul periodo proprio del sistema, o sulle deformazioni di scorrimento.

Lo smorzamento equivalente per questo tipo di appoggio è pari a:

$$\xi = 0.15 = 15\%$$

Avremo quindi

$$\eta = \sqrt{(10/(5+\xi))} = 0.707$$

Secondo quanto detto in precedenza ipotizziamo, per lo svolgimento dei calcoli, uno scorrimento dell'appoggio pari a:

$$\gamma_{\text{sis}} = 100\% \Rightarrow G_{100\%} = 1.4 \text{ N/mm}^2$$

Le rigidezze degli appoggi saranno pari a:

$$K_{i,S} = \text{rigidezza del singolo appoggio} = 6.74 \text{ kN/mm}$$

$$K = \text{rigidezza totale degli appoggi} = K_{i,S} * 2 * 2 = 26.96 \text{ kN/mm}$$

La massa dell'impalcato è pari a:

CARICHI	SLE	Luce calcolo (m)	Massa
Peso proprio struttura (G_1)	62.44 kN/m	82.00	5120.00 kN
Peso proprio soletta (G_1)	93.88 kN/m	80.10	7520.00 kN
Carichi permanenti (G_2)	41.95 kN/m	80.10	3360.00 kN
Carichi Mobili (Q) * 0.2	11.40 kN/m	80.10	912.84 kN
TOTALE	209.67 kN/m		16912.84 kN

Il periodo proprio dell'impalcato sarà quindi pari a:

$$T = 2 * \pi * \sqrt{(M/K)} = 2 * \pi * \sqrt{(1691.3/26960)} = 1.574 \text{ s}$$

Spettro di risposta Elastico SLV

$$S_e(\text{SLV}) = \mathbf{0.177} \text{ g} \quad (\text{da spettro specifico di zona})$$

Le rigidezze vengono calcolate in modo iterativo: $K_i = G_{\text{din}}(\gamma)/G_{\text{din}}(\gamma=1) * K_0$

$$\text{Rigidezza App. Spalle} \quad K_{i,S} = \mathbf{6.70} \text{ kN/mm}$$

$$\text{Rigidezza Totale} \quad K_{\text{TOT}} = \mathbf{26.79} \text{ kN/mm}$$

La forza sismica complessiva è quindi pari a

$$F_{\text{sis}} = M * S_e = \mathbf{3000.33} \text{ kN}$$

Forza sismica sul singolo appoggio Spalle

$$F_{\text{sis},i,S} = F_{\text{sis}} : n_{\text{app},S} = \quad \quad \quad \mathbf{750.08} \quad \text{kN}$$

Lo spostamento e lo scorrimento angolare dovuto a questa forze sarà pari a

$$\Delta L_{\text{sis}} = F_{\text{sis}} / K_{\text{TOT}} = \quad \quad \quad \mathbf{111.98} \quad \text{mm}$$

$$\gamma_{\text{sis},S} = \Delta L_{\text{sis}} / t_{e,S} = \quad \quad \quad \mathbf{1.40}$$

Spettro di risposta Elastico SLC

$$S_e(\text{SLC}) = \quad \quad \quad \mathbf{0.190} \quad \text{g} \quad \quad \quad (\text{da spettro specifico di zona})$$

Le rigidezze vengono calcolate in modo iterativo: $K_i = G_{\text{din}}(\gamma)/G_{\text{din}}(\gamma=1) * K_0$

Rigidezza App. Spalle $K_{i,S} = \quad \quad \quad \mathbf{6.70} \quad \text{kN/mm}$

Rigidezza Totale $K_{\text{TOT}} = \quad \quad \quad \mathbf{26.79} \quad \text{kN/mm}$

La forza sismica complessiva è quindi pari a

$$F_{\text{sis}} = M * S_e = \quad \quad \quad \mathbf{3213.49} \quad \text{kN}$$

Forza sismica sul singolo appoggio Spalle

$$F_{\text{sis},i,S} = F_{\text{sis}} : n_{\text{app},S} = \quad \quad \quad \mathbf{803.37} \quad \text{kN}$$

Lo spostamento e lo scorrimento angolare dovuto a questa forze sarà pari a

$$\Delta L_{\text{sis}} = F_{\text{sis}} / K_{\text{TOT}} = \quad \quad \quad \mathbf{119.95} \quad \text{mm}$$

$$\gamma_{\text{sis},S} = \Delta L_{\text{sis}} / t_{e,S} = \quad \quad \quad \mathbf{1.50}$$

I valori di scorrimento ricavati dall'analisi sono prossimi al valore 1. Come si vede dai grafici riportati nelle figure Figura 1.2 e Figura 1.3 per gli scorrimenti calcolati i valori dei rapporti $G_{\text{din}}(\gamma)/G_{\text{din}}(\gamma=1)$ e $\xi(\gamma)/\xi(\gamma=1)$ sono praticamente uguali a quelli considerati in prima ipotesi anche se leggermente superiori.

L'errore di valutazione è inferiore al 5% e comunque a favore di sicurezza.

1.5.2.3 AZIONE TERMICA

La variazione termica dell'impalcato crea sugli appoggi delle spalle delle azioni dovute allo scorrimento degli appoggi. L'entità della forza dipende dalle caratteristiche geometriche e meccaniche degli appoggi e dalla posizione di questi ultimi.

Si sono considerati i seguenti dati:

- $\Delta T = \pm 20^\circ\text{C}$ variazione termica;
- $\alpha = 1.2 * 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ coefficiente di dilatazione termica;
- $L_S = 79/2 = 39.50\text{m}$ Luce di influenza Spalle;

Si calcolano quindi le variazioni di lunghezza dell'impalcato sulle Spalle:

$$\Delta L_S = 1.2 \cdot 10^{-5} \cdot 39.50 \cdot 1000 \cdot 20^\circ = 9.48 \text{ mm};$$

Noti gli spostamenti in sommità degli appoggi si possono calcolare gli scorrimenti:

$$\gamma_S = \Delta L_S / t_{e,S} = 9.48/80 = 0.119; \quad \rightarrow \quad G_S = 2.18 \cdot 1.4 = 3.05 \text{ N/mm}^2;$$

Da cui si ricava la tensione tangenziale:

$$\tau_S = G_S \cdot \gamma_S = 3.05 \cdot 0.119 = 0.361 \text{ N/mm}^2;$$

E la forza orizzontale applicata ad ogni singolo appoggio:

$$H_S = \tau_S \cdot A_{SI-H \ 700/80} = 0.342 \cdot (\pi \cdot 700^2 / 4) / 1000 = 139.06 \text{ kN};$$

1.5.2.4 AZIONE DI FRENATURA

L'azione di frenatura si distribuisce sulle spalle in maniera direttamente proporzionale alle rigidezze degli appoggi che le collegano all'impalcato.

La forza totale di frenatura sull'impalcato è pari a:

$$F_{fren} = 0.6 \cdot (2Q_{1K}) + 0.10q_{1K} \cdot w_1 \cdot L = 0.6 \cdot 600 + 0.1 \cdot 27 \cdot 80.10 = 576.27 \text{ kN};$$

Le rigidezze degli appoggi sono pari a:

$K_{i,S} =$	6.74	kN/mm	Rigidezza App. Spalle
$K_{TOT} =$	26.96	kN/mm	Rigidezza Totale

Le rigidezze calcolate iterativamente in funzione dello scorrimento sono pari a:

$K_{i,S} =$	22.39	kN/mm	Rigidezza App. Spalle
$K_{TOT} =$	89.57	kN/mm	Rigidezza Totale

Ne consegue che le forze sui singoli appoggi delle spalle sono pari a:

$$F_{i,S} = F : n_{app,S} = \quad \mathbf{144.07} \quad \text{kN}$$

Lo spostamento e lo scorrimento angolare dovuto alla frenatura sarà pari a:

$$\Delta L_{fren} = F_{fren} / K_{TOT} = \quad \mathbf{6.43} \quad \text{mm}$$

$$\gamma_{fren,P} = \Delta L_{fren} / t_{e,P} = \quad \mathbf{0.08}$$

1.5.2.5 AZIONE VENTO TRASVERSALE

L'azione del vento trasversale si distribuisce sulle pile in maniera direttamente proporzionale alle rigidità degli appoggi che le collegano all'impalcato.

La forza totale del vento trasversale sull'impalcato è pari a:

$$F_{\text{vento}} = q_v \cdot h \cdot L = 2.5 \cdot 6.12 \cdot 80.10 = \mathbf{1256.00 \text{ kN}};$$

Le rigidità degli appoggi sono pari a:

$K_{i,S} =$	6.74	kN/mm	Rigidità App. Spalle
$K_{TOT} =$	26.96	kN/mm	Rigidità Totale

Le rigidità calcolate iterativamente in funzione dello scorrimento sono pari a:

$K_{i,S} =$	13.72	kN/mm	Rigidità App. Spalle
$K_{TOT} =$	54.89	kN/mm	Rigidità Totale

Ne consegue che le forze sui singoli appoggi delle pile sono pari a:

$$F_{i,S} = F / n_{app,S} = \mathbf{314 \text{ kN}}$$

Lo spostamento e lo scorrimento angolare dovuto al vento sarà pari a:

$$\Delta L_{\text{vento}} = F_{\text{fren}} / K_{TOT} = \mathbf{22.88 \text{ mm}}$$

$$\gamma_{\text{vento,P}} = \Delta L_{\text{vento}} / t_{e,P} = \mathbf{0.29}$$

1.6 TABELLE RIASSUNTIVE

CARICHI MAX APPOGGIO ELASTOMERICO SPALLE

COMBINAZIONE DI CARICO	F _x [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]
$SLU_{\text{Mobili}} = 1.35 \cdot G_1 + 1.5 \cdot G_2 + 1.2 \cdot G_R + 1.35 \cdot Q_M + 1.35 \cdot Q_F + 0.9 \cdot Q_V + 0.72 \cdot Q_T$	294.61	282.60	8050.95
$SLU_{\text{Termica}} = 1.35 \cdot G_1 + 1.5 \cdot G_2 + 1.2 \cdot G_R + 1.01 \cdot Q_M + 1.01 \cdot Q_F + 0.9 \cdot Q_V + 1.2 \cdot Q_T$	312.38	282.60	7436.57
$SLU_{\text{Vento}} = 1.35 \cdot G_1 + 1.5 \cdot G_2 + 1.2 \cdot G_R + 1.01 \cdot Q_M + 1.01 \cdot Q_F + 1.5 \cdot Q_V + 0.72 \cdot Q_T$	245.63	471.00	7493.57
$SIS_{SLV,x,Max} = 1.0 \cdot G_1 + 1.0 \cdot G_2 + 1.0 \cdot G_R + 0.2 \cdot Q_M + 0.5 \cdot Q_T + 1.0 \cdot E_{x,SLV} + 0.3 \cdot E_{v,SLV}$	819.61	225.02	4361.40
$SIS_{SLV,y,Max} = 1.0 \cdot G_1 + 1.0 \cdot G_2 + 1.0 \cdot G_R + 0.2 \cdot Q_M + 0.5 \cdot Q_T + 0.3 \cdot E_{x,SLV} + 1.0 \cdot E_{v,SLV}$	294.55	750.08	4361.40
$SIS_{SLC,x,Max} = 1.0 \cdot G_1 + 1.0 \cdot G_2 + 1.0 \cdot G_R + 0.2 \cdot Q_M + 0.5 \cdot Q_T + 1.0 \cdot E_{x,SLC} + 0.3 \cdot E_{v,SLC}$	872.90	241.01	4361.40
$SIS_{SLC,y,Max} = 1.0 \cdot G_1 + 1.0 \cdot G_2 + 1.0 \cdot G_R + 0.2 \cdot Q_M + 0.5 \cdot Q_T + 0.3 \cdot E_{x,SLC} + 1.0 \cdot E_{v,SLC}$	310.54	803.37	4361.40

SPOSTAMENTO MAX IN PROSSIMITA' DEL GIUNTO

COMBINAZIONE DI CARICO	$\Delta l_{x,Max}$ [mm]	VERIFICA S _{Max}
$SLE_{\text{Rara}} = 1.00 \cdot \Delta l_{\text{fren}} + 1.00 \cdot \Delta l_t$	30.9	< 150 mm OK
$SLU_{\text{Mobili}} = 1.35 \cdot \Delta l_{\text{fren}} + 0.72 \cdot \Delta l_t$	35.7	< 150 mm OK
$SLU_{\text{Termica}} = 1.01 \cdot \Delta l_{\text{fren}} + 1.20 \cdot \Delta l_t$	33.0	< 150 mm OK
$SIS_{SLV,x} = 1.00 \cdot \Delta l_{\text{Sism,SLV}} + 0.50 \cdot \Delta l_t$	116.7	< 150 mm OK
$SIS_{SLC,x} = 1.00 \cdot \Delta l_{\text{Sism,SLC}} + 0.50 \cdot \Delta l_t$	124.7	< 150 mm OK

La somma degli spostamenti risulta sempre conforme al tipo di appoggio e di giunto scelti, cioè minore di 150mm.