

Modifiche all'ALLEGATO 3 all'OPCM 3274/03: Norme tecniche per il progetto sismico dei ponti

- 282) Nell'indice, il titolo del sottoparagrafo 5.2.5 "Spostamento e velocità del terreno" è sostituito da "Spostamento assoluto e relativo del terreno".
- 283) Nell'indice, il titolo del sottoparagrafo 5.2.6 "Spettri di progetto per lo stato limite di collasso" è sostituito da "Spettri di progetto per lo stato limite ultimo".
- 284) Nell'indice, il titolo del paragrafo 5.3 "Componenti della azione sismica e loro combinazione" è sostituito da "Componenti dell'azione sismica e loro combinazione".
- 285) Nell'indice, il titolo del punto 8.4.2.1 "Armature di confinamento" è sostituito con "Armature di confinamento per pile a sezione piena".
- 286) Nell'indice, i capitoli "10 PONTI IN ZONA 4" e "11 PONTI ESISTENTI" sono eliminati.
- 287) Al capitolo 1 in coda, è aggiunto il seguente periodo "Per ponti di tipologia diversa da quella indicata valgono i paragrafi 2, 4 e 5, e le ipotesi ed i metodi di calcolo devono essere adeguatamente documentati, con particolare riferimento al fattore di struttura adottato."
- 288) Al capitolo 2 nel secondo punto elenco, il periodo "... inferiore a 150 anni e che hanno quindi una significativa ..." è sostituito con il periodo "... inferiore a 72 anni e che hanno, quindi, una significativa ...".
- 289) Al capitolo 3 in coda al punto elenco "P", è aggiunto il periodo "... o ad appositi dispositivi dissipativi."
- 290) Al capitolo 3 nel punto elenco "IIP", il periodo "... devono quindi mantenere un comportamento elastico, sono ..." è sostituito con il periodo "... devono, quindi, mantenere un comportamento sostanzialmente elastico, sono ...".
- 291) Al sottoparagrafo 5.2.3 nel punto elenco precedente la formula (3), il periodo "... smorzamento viscoso equivalente ξ espresso in punti percentuali, diverso da 5 ($\eta=1$ per $\xi=5$):" è sostituito con il periodo "... smorzamento viscoso equivalente ξ diverso da 5 ($\eta=1$ per $\xi=5$) essendo ξ espresso in percentuale:".
- 292) Al sottoparagrafo 5.2.5, il titolo "Spostamento e velocità del terreno" è sostituito da "Spostamento assoluto e relativo del terreno".
- 293) Il sottoparagrafo 5.2.5 è sostituito da quanto segue:

"Il valore dello spostamento assoluto orizzontale massimo del suolo (d_g) è dato dalla seguente espressione:

$$d_g = 0,025 \cdot S \cdot T_C \cdot T_D \cdot a_g \quad (8)$$

Nel caso in cui sia necessario valutare gli effetti della variabilità spaziale del moto (vedi punto 5.2.9), il valore dello spostamento relativo, in direzione trasversale e longitudinale rispetto all'asse del ponte, tra due punti i e j caratterizzati da proprietà meccaniche del suolo differenti, può essere stimato secondo l'espressione seguente:

$$d_{ij} = 0.5 \sqrt{d_{gi}^2 + d_{gj}^2} \quad (9)$$

dove d_{gi} e d_{gj} sono gli spostamenti massimi del suolo ai supporti i e j , calcolati con riferimento alle caratteristiche di suolo locali. Gli spostamenti relativi d_{ij} possono essere trascurati se nessuna delle fondazioni poste nei punti i e j si trova su un suolo di categoria D.”

- 294)** Al sottoparagrafo 5.2.5, la “Tabella 5” è eliminata.
- 295)** Al sottoparagrafo 5.2.6, il titolo “Spettri di progetto per lo stato limite di collasso” è sostituito da “Spettri di progetto per lo stato limite ultimo”.
- 296)** Al sottoparagrafo 5.2.6 al primo capoverso, il periodo “... spettro di risposta elastico di cui al punto 5.2.5, con le ordinate ridotte ...” è sostituito col periodo “...spettro di risposta elastico di cui al punto 5.2.3, con le ordinate ridotte...”.
- 297)** Al sottoparagrafo 5.2.8 all’inizio del primo capoverso, il periodo “Entrambi gli stati limite di collasso e di danno potranno essere verificati ...” è sostituito col periodo “Entrambi gli stati limite ultimo e di danno potranno essere verificati ...”.
- 298)** Al sottoparagrafo 5.2.8 al penultimo capoverso, il periodo “... rispetto alla corrispondente dello spettro elastico ...” è sostituito col periodo “... rispetto alla corrispondente ordinata dello spettro elastico ...”.
- 299)** Al sottoparagrafo 5.2.9 il terzo capoverso è sostituito con:
“In assenza di modelli fisicamente più accurati e adeguatamente documentati, un criterio di prima approssimazione per tener conto della variabilità spaziale del moto consiste nel sovrapporre agli effetti dinamici, valutati ad esempio con lo spettro di risposta, gli effetti pseudo-statici indotti da un insieme di spostamenti relativi tra supporti consecutivi caratterizzati da differenti proprietà meccaniche di suolo locali, questi ultimi calcolati secondo il punto 5.2.5, e applicati alternativamente con segno opposto (vedi Figura 5.1).”.
- 300)** Al sottoparagrafo 5.2.9 all’ultimo capoverso, il periodo “... si adotterà uno spettro di risposta unico e corrispondente alla categoria di sottosuolo che induce le sollecitazioni più severe. Qualora il ponte venga suddiviso in porzioni ciascuna fondata su suolo a caratteristiche ragionevolmente omogenee, per ciascuna di esse si adotterà lo spettro di risposta appropriato. Il giunto tra porzioni adiacenti ...” è sostituito col periodo “... si adotterà un’unica azione sismica, corrispondente alla categoria di sottosuolo che induce le sollecitazioni più severe. Qualora il ponte venga suddiviso in porzioni ciascuna fondata su suolo a caratteristiche ragionevolmente omogenee, per ciascuna di esse si adotterà l’appropriata azione sismica. Il giunto tra porzioni adiacenti ...”.
- 301)** Al sottoparagrafo 5.2.9 in coda, è aggiunta la seguente figura 5.1:

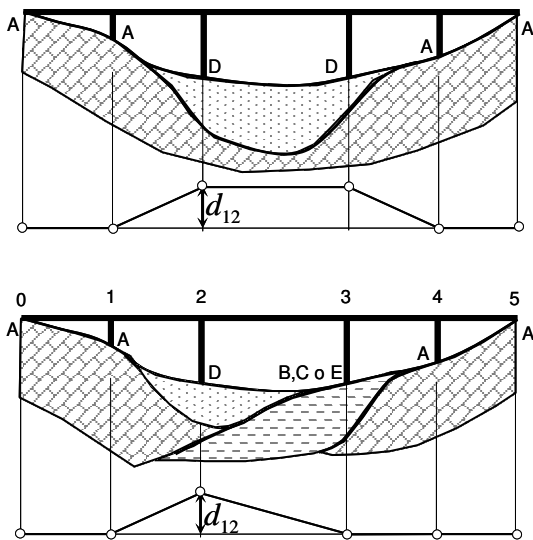


Figura 5.1. Esempi di insiemi di spostamenti relativi da imporre ai supporti.

302) Al paragrafo 5.3, il titolo “Componenti della azione sismica e loro combinazione” è sostituito da “Componenti dell’azione sismica e loro combinazione”.

303) Al paragrafo 5.3, il secondo capoverso “L’azione sismica verticale può essere trascurata nei ponti di tipologia e luci ordinarie. Deve essere messa in conto in ponti di grande luce ($L \geq 60m$), ed in ogni caso in cui i suoi effetti sono significativi.” è sostituito da “L’azione sismica verticale può essere trascurata nelle zone 3 e 4.”.

304) Al paragrafo 5.3 a partire dal quarto capoverso, il periodo:

“Se l’analisi della risposta viene eseguita in campo lineare, la risposta può essere calcolata separatamente per ciascuna delle tre componenti e gli effetti combinati successivamente secondo l’espressione seguente:

$$E = (E_x^2 + E_y^2 + E_z^2)^{1/2} \quad (12)$$

essendo $E_{x,y,z}$ gli effetti dell’azione sismica agente secondo x, y, z .

Alternativamente, gli effetti massimi possono essere ottenuti utilizzando come azione di progetto la combinazione più sfavorevole tra:

$$A_{Ex} + 0,30A_{Ey} + 0,30A_{Ez} \quad (13)$$

con rotazione degli indici, essendo A_{Ei} l’azione diretta secondo la direzione i .”

è sostituito con:

“Se l’analisi della risposta viene eseguita in campo lineare, la risposta può essere calcolata separatamente per ciascuna delle tre componenti e gli effetti combinati successivamente applicando la seguente espressione:

$$A_{Ex} + 0,30A_{Ey} + 0,30A_{Ez} \quad (12)$$

con rotazione degli indici, essendo A_{Ei} l’azione diretta secondo la direzione i .”.

305) Al paragrafo 5.3 in coda, è aggiunto il periodo “Nel caso in cui si utilizzino almeno 7 diversi gruppi di accelerogrammi gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, etc.) potranno essere rappresentati dai valori medi ottenuti dalle analisi, nel caso di un numero inferiore di gruppi di accelerogrammi si farà riferimento ai valori più sfavorevoli.”.

306) Al paragrafo 5.4, la numerazione della formula “(14)” è sostituita in “(13)”.

307) Al paragrafo 5.4, il primo punto elenco “ $\gamma_I E$ Azione sismica per lo stato limite in esame” è sostituito con:

“ γ_I Fattore di importanza (tabella 1)

E Azione sismica per lo stato limite in esame”.

308) Il paragrafo 5.5 è sostituito da quanto segue:

“I massimi valori utilizzabili per il fattore q nel caso di ponti a pile in cemento armato e impalcato a travata continua sono:

-ponti con pile a comportamento flessionale ($H/L \geq 3,5$) $q = 3,5$

-ponti con pile tozze ($H/L \leq 1$) $q = 1,0$

-valore di q per il calcolo delle spalle $q = 1,0$

(per $1 \leq H/L \leq 3,5$ q si ottiene per interpolazione lineare).

I valori di q sopra riportati (quando superiori all'unità) valgono se lo sforzo normale ridotto:

$\eta_k = N_{Ed}/A_c f_{ck}$ non eccede il valore 0,3. N_{Ed} è lo sforzo di compressione di calcolo.

Lo sforzo normale ridotto non può superare il valore $\eta_k = 0,6$. Per valori di η_k intermedi tra 0,3 e 0,6, il valore di q è dato da

$$q(\eta_k) = q - \left[\frac{\eta_k}{0,3} - 1 \right] (q - 1) \quad (14)$$

essendo q il valore applicabile per $\eta_k \leq 0,3$.

Tali coefficienti sono da applicare alle singole pile per ciascuna delle due direzioni principali, nei casi di ponti isostatici, e all'intera opera, ma ancora separatamente per le due direzioni, nei casi di ponti a travata continua. In quest'ultimo caso si assumerà il valore di q più basso delle pile che fanno parte del sistema resistente alle azioni sismiche per ciascuna delle due direzioni.

I valori del fattore di riduzione q indicati in precedenza si applicano a ponti di geometria definita “regolare”. Il requisito di regolarità e quindi l'applicabilità dei valori su indicati può essere verificato a posteriori mediante il seguente procedimento:

- per ciascuna pila si calcoli il rapporto: $r_i = \frac{M_{Ed,i}}{M_{Rd,i}}$ dove $M_{Ed,i}$ è il momento alla base della pila i prodotto

dalla combinazione sismica di progetto e $M_{Rd,i}$ il corrispondente momento resistente;

- la geometria del ponte si considererà “regolare” se il rapporto tra il massimo ed il minimo dei rapporti r_i , calcolati per le pile facenti parte del sistema resistente al sisma nella direzione considerata, risulta inferiore a 2

$$\left(\tilde{r} = \frac{r_{i,max}}{r_{i,min}} < 2 \right).$$

Nel caso in cui la condizione precedente non risulti soddisfatta, l'analisi andrà ripetuta utilizzando il seguente ridotto valore del fattore q

$$q_r = q \frac{2}{\tilde{r}} \quad (15)$$

e comunque $q \geq 1$.

Per ponti a geometria irregolare (ad esempio con angolo di obliquità maggiore di 45°, con raggio di curvatura molto ridotto, etc.) si adatterà un fattore globale di riduzione q pari a 1,5. Valori maggiori di 1,5, e comunque non superiori a 3,5, potranno essere adottati solo se le richieste di duttilità vengono verificate mediante analisi non lineare.”

309) Nel capitolo 6, la numerazione della formula “(17)” è sostituita in “(16)”.

310) Al sottoparagrafo 7.1.1, l'ultimo capoverso è sostituito con “Si 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 all'85%.”.

311) Il sottoparagrafo 7.1.2 è sostituito da quanto segue:

“Dovranno essere considerati tutti i modi con massa partecipante significativa. Si 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 all'85%.

La combinazione dei modi al fine di calcolare sollecitazioni e spostamenti complessivi potrà essere effettuata calcolando la radice quadrata della somma dei quadrati dei risultati ottenuti per ciascun modo, secondo l'espressione (4.4), a condizione che il periodo di vibrazione di ciascun modo differisca di almeno il 10% da tutti gli altri. In caso contrario dovrà essere utilizzata una combinazione quadratica completa, quale quella indicata nell'espressione (4.5).

$$E = (\sum E_i^2)^{1/2} \quad (17)$$

$$E = (\sum_i \sum_j \rho_{ij} E_i E_j)^{1/2} \quad (18)$$

$$\rho_{ij} = (8\xi^2 (1 + \beta_{ij}) \beta_{ij}^{3/2}) / ((1 - \beta_{ij}^2)^2 + 4\xi^2 \beta_{ij}(1 + \beta_{ij})^2 + 8\xi^2 \beta_{ij}^2) \quad (19)$$

dove:

E è il valore totale della componente di risposta sismica che si sta considerando

E_i è il valore della medesima componente dovuta al modo *i*

E_j è il valore della medesima componente dovuta al modo *j*

ρ_{ij} è il coefficiente di correlazione tra il modo *i* e il modo *j*

ξ è il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente

β_{ij} è il rapporto tra le frequenze di ciascuna coppia *i-j* di modi ($\beta_{ij} = \omega/\omega$).

Nel caso in cui sia necessario valutare gli effetti della variabilità spaziale del moto (punto 5.2.9), ai valori determinati in accordo con le espressioni (17) o (18), è da aggiungere l'effetto degli spostamenti relativi determinato come indicato al punto 5.2.9. Gli effetti dinamici (inerziali) e pseudo-statici (spostamenti imposti) si combinano con la radice quadrata della somma dei quadrati.”.

312) Al paragrafo 7.2, l'ultimo capoverso è sostituito da:

“Questo tipo di analisi consiste nell'applicazione di forze statiche equivalenti alle forze di inerzia indotte dall'azione sismica. L'entità delle forze si ottiene dall'ordinata dello spettro di progetto corrispondente al periodo fondamentale del ponte nella direzione considerata. Le forze sono distribuite sulla struttura secondo la forma del primo modo, valutabile in modo approssimato.

L'analisi semplificata può essere applicata nei casi in cui la deformata dinamica della struttura è governata da un solo modo e la risposta è quindi fornita in buona approssimazione dall'analisi di un oscillatore ad 1 grado di libertà.

Questa condizione può ritenersi soddisfatta nei casi seguenti:

(a) nella direzione longitudinale per ponti rettilinei a travata continua, purché la massa efficace complessiva delle pile facenti parte del sistema resistente al sisma non sia superiore ad 1/5 della massa dell'impalcato;

(b) nella direzione trasversale per ponti che soddisfano la condizione (a) e sono simmetrici rispetto alla mezzzeria longitudinale, o hanno una eccentricità non superiore al 5% della lunghezza del ponte. L'eccentricità è la distanza tra baricentro delle masse e centro delle rigidità delle pile facenti parte del sistema resistente al sisma nella direzione trasversale;

(c) in ponti a travate semplicemente appoggiate, per entrambe le direzioni longitudinale e trasversale, purché la massa efficace di ciascuna pila non sia superiore ad 1/5 della massa di impalcato da essa portata.

La massa efficace per pile a sezione costante può essere assunta pari alla massa della metà superiore della pila.

Nei casi (a) e (c) la forza equivalente all'azione sismica è data dall'espressione:

$$F = M \cdot S_d(T_1) \quad (20)$$

nella quale la massa M vale rispettivamente:

- l'intera massa dell'impalcato, più la massa della metà superiore di tutte le pile, nel caso (a);

- la massa di impalcato afferente alla pila, più la massa della metà superiore della pila, nel caso (c).

$S_d(T_1)$ è l'ordinata dello spettro di risposta di progetto definito al punto 5.2.6.

Il periodo T_1 è dato in entrambi i casi dall'espressione:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}} \quad (21)$$

nella quale K è la rigidità laterale complessiva del modello considerato.

Nel caso (b) il sistema di forze orizzontali equivalenti all'azione sismica da applicare a ciascun nodo del modello è dato dalla espressione:

$$F_i = \frac{4\pi^2}{T^2} \frac{S_d(T)}{g^2} d_i G_i \quad (22)$$

nella quale:

T è il periodo proprio fondamentale nella direzione trasversale del ponte

g è l'accelerazione di gravità

d_i è lo spostamento del grado di libertà i quando la struttura è soggetta ad un sistema di forze statiche trasversali
 $f_i = G_i$

G_i è il peso della massa concentrata nel grado di libertà i .

Il periodo T del ponte in direzione trasversale può essere valutato con l'espressione approssimata:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum G_i d_i^2}{g \sum G_i d_i}} \quad (23)$$

nella quale i simboli sono stati definiti in precedenza.

Nei casi (a) e (b), nel caso in cui sia necessario valutare gli effetti della variabilità spaziale del moto (punto 5.2.9), è da aggiungere l'effetto degli spostamenti relativi determinato come indicato al punto 5.2.9. Gli effetti dinamici (inerziali) e pseudo-statici (spostamenti imposti) si combinano con la radice quadrata della somma dei quadrati.”

313) Al paragrafo 7.3 al primo capoverso, il periodo “... l'azione sismica di progetto (SLU): d_E si ottengono moltiplicando i valori ottenuti dall'analisi dinamica (punto 6.1) oppure dall'analisi statica semplificata (punto 6.2) per il fattore μ_d secondo l'espressione seguente” è sostituito dal periodo “... l'azione sismica di progetto (SLU) d_E si ottengono moltiplicando i valori ottenuti dall'analisi dinamica (punto 7.1) oppure dall'analisi statica semplificata (punto 7.2) per il fattore μ_d secondo l'espressione seguente.”.

314) Al paragrafo 7.3, la numerazione delle formule “(25)” e “(26)” è sostituita, rispettivamente, in “(24)” e “(25)”.

315) Al paragrafo 7.3 all'ultimo capoverso, il periodo “... l'effetto degli spostamenti relativi.” è integrato con “... l'effetto degli spostamenti relativi, determinato come indicato al punto 5.2.9. Gli spostamenti dinamici (inerziali) e pseudo-statici (spostamenti imposti) si combinano con la radice quadrata della somma dei quadrati.”.

316) Il paragrafo 7.4 è sostituito da:

“La scelta degli accelerogrammi sarà in accordo con quanto indicato al punto 5.2.8. Le grandezze di risposta da utilizzare per le verifiche saranno ottenute secondo quanto specificato in 5.3 e 5.4.

L'analisi dinamica non lineare ha lo scopo di verificare l'adeguatezza del fattore q in casi di strutture che presentano qualche aspetto di irregolarità (vedi punto 5.5), ed in particolare di consentire il confronto tra duttilità richieste e duttilità disponibili, nonché di verificare l'integrità dei componenti a comportamento fragile

secondo il criterio della gerarchia delle resistenze di cui al punto 8.1.

L'analisi dinamica non lineare deve essere sempre svolta in parallelo con una analisi modale con spettro di risposta elastico al fine di controllare le differenze di sollecitazioni globali alla base di pile e spalle.

Nel caso in cui sia necessario valutare gli effetti della variabilità spaziale del moto (punto 5.2.9), l'analisi dinamica non lineare dovrà essere eseguita imponendo alla base delle pile e alle spalle storie temporali del moto sismico differenziate e generate in accordo con lo spettro di risposta appropriato per ciascun supporto secondo quanto indicato al punto 5.2.8.”

- 317)** Al paragrafo 7.5, l'ultimo capoverso è sostituito da
“Nel contesto delle presenti norme, l'analisi statica non lineare ha per scopo principale quello di verificare l'adeguatezza del fattore q in casi di strutture che presentano qualche aspetto di irregolarità (vedi punto 5.5), e di verificare se in corrispondenza dello spostamento calcolato come sopra, le richieste di duttilità nelle cerniere plastiche sono inferiori a quelle disponibili e le sollecitazioni negli elementi fragili sono inferiori alle rispettive resistenze in accordo con il criterio della gerarchia delle resistenze, punto 8.1.”
- 318)** Al paragrafo 8.1, la numerazione delle formule “(27)” e “(28)” è sostituita, rispettivamente, in “(26)” e “(27)”.
- 319)** Al sottoparagrafo 8.2.2, la numerazione delle formule “(29)” e “(30)” è sostituita, rispettivamente, in “(28)” e “(29)”.
- 320)** Al sottoparagrafo 8.2.2, la definizione di “ M_{Ed} ” è sostituita da “ M_{Ed} è il momento flettente (accompagnato dallo sforzo normale e dal momento flettente in direzione ortogonale) derivante dall'analisi;”.
- 321)** Al punto 8.2.3.1, la numerazione delle formule da “(31)” a “(35)” è sostituita, rispettivamente, da “(30)” a “(34)”.
- 322)** Al punto 8.2.3.1, il periodo “dove $t_{Rd} = R_{ck}^{2/3}/28$, in MPa” è sostituito da “in cui: $\tau_{Rd} = R_{ck}^{2/3}/28$, in MPa;”.
- 323)** Al punto 8.2.3.2, la numerazione delle formule “(36)” e “(37)” è sostituita, rispettivamente, in “(35)” e “(36)”.
- 324)** Al sottoparagrafo 8.3.1, la numerazione della formula “(38)” è sostituita in “(37)”.
- 325)** Al sottoparagrafo 8.4.1, la numerazione della formula “(39)” è sostituita in “(38)”.
- 326)** Il sottoparagrafo 8.4.2 è sostituito da:
“Le armature di confinamento atte a conferire duttilità alle zone di cerniera plastica descritte nel seguito non sono necessarie nei casi seguenti:
- *se lo sforzo assiale ridotto risulta $\eta_k \leq 0,08$;*
- *nel caso di sezioni in parete sottile, cave mono- o multi-cellulari, o a doppio T, purché risulti $\eta_k \leq 0,2$, se è possibile raggiungere una duttilità in curvatura non inferiore a $\mu_c = 12$ senza che la deformazione di compressione massima nel conglomerato superi il valore 0,0035. In questo caso è sufficiente il rispetto delle regole applicabili per le armature di confinamento di cui al punto 8.4.2.2;*
- *se il fattore di struttura q non supera il valore 1.5.”*
- 327)** Al punto 8.4.2.1, il titolo “Armature di confinamento” è sostituito con “Armature di confinamento per pile a sezione piena”.
- 328)** Il punto 8.4.2.1 è sostituito da:
“La percentuale meccanica minima di armatura di confinamento è data dalle seguenti espressioni, in cui i numeri risultanti sono espressi in frazioni:

- sezioni rettangolari:

$$\omega_{wd,r} = 0,33 \frac{A_c}{A_{cc}} \eta_k - 0,07 \geq 0,12 \quad (39)$$

in cui A_c e A_{cc} indicano rispettivamente l'area lorda della sezione e l'area del nucleo confinato.

- sezioni circolari:

$$\omega_{wd,c} = 1,40 \cdot \omega_{wd,r} \quad (40)$$

La percentuale meccanica è definita dalle espressioni:

- sezioni rettangolari

$$\omega_{wd,r} = \frac{A_{sw}}{s \cdot b} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad (41)$$

in cui:

A_{sw} = area complessiva dei bracci delle staffe chiuse e dei tiranti in una direzione

s = interasse delle staffe, soggetto alle limitazioni indicate al punto 8.4.2.2

b = dimensione della sezione in direzione ortogonale a quella dei bracci delle staffe, misurata al di fuori delle staffe.

- sezioni circolari

$$\omega_{wd,c} = \frac{4A_{sp}}{D_{sp} \cdot s} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad (42)$$

in cui

A_{sp} , D_{sp} = area della sezione delle barre circolari o a spirale, e diametro della circonferenza o spirale

s = interasse delle armature di confinamento, soggetto alle limitazioni indicate al punto 8.4.2.2.”

329) Al punto 8.4.2.2, il primo capoverso è sostituito da “L’interasse delle armature trasversali s non deve essere superiore a 6 volte il diametro delle barre longitudinali, né a 1/5 del diametro del nucleo della sezione interna alle stesse.”

330) Al punto 8.4.2.2, la numerazione della formula “(44)” è sostituita in “(43)”.

331) Il sottoparagrafo 8.5.4 è sostituito da:

“Nelle zone di appoggio dove è previsto un movimento relativo tra elementi diversi della struttura (impalcato-pila, impalcato-spalle, seggiole 'Gerber', etc.) deve essere comunque disponibile una lunghezza di sovrapposizione tra le parti che si sovrappongono.

Il valore minimo di tale lunghezza è dato dall'espressione:

$$l_s = l_m + d_{eg} + d_{Ed} \quad (44)$$

nella quale

l_m è il valore necessario per disporre l'apparecchio di appoggio, purché non inferiore a 400 mm

d_{eg} è lo spostamento relativo tra le parti dovuto agli spostamenti relativi del terreno, da valutare secondo il punto 5.2.5.

d_{Ed} è lo spostamento relativo totale tra le parti, somma dello spostamento d_E prodotto dall'azione sismica di progetto, calcolato come indicato al punto 7.3, e di $0,4d_T$, con d_T = spostamento dovuto alle azioni termiche di progetto.”

332) Il paragrafo 8.6 è sostituito da:

“Il criterio di progetto delle fondazioni è che esse si mantengano in fase sostanzialmente elastica, ove possibile, e comunque con deformazioni residue trascurabili, sotto l'azione sismica di progetto per lo SLU.

A tale scopo, le sollecitazioni da considerare devono essere determinate con il criterio della GR di cui al punto

8.1, ossia utilizzando i momenti resistenti alle basi delle pile o delle spalle, moltiplicati per il fattore di sovrarresistenza γ_o , quali sollecitazioni agenti sulle strutture e sul terreno di fondazione. Non si richiede tuttavia che le sollecitazioni da utilizzare siano maggiori di quelle fornite dall'analisi eseguita con un fattore $q = 1$.

Le fondazioni del tipo diretto devono e possono essere sempre progettate per rimanere in campo sostanzialmente elastico; non sono quindi necessarie armature specifiche per ottenere un comportamento duttile.

Per le fondazioni su pali non è sempre possibile evitare la formazione di zone plasticizzate, generalmente all'incastro con i plinti o con la platea, se il terreno superficiale ha deboli caratteristiche meccaniche, ed anche nelle zone di transizione tra strati di terreno aventi deformabilità molto diverse.

In tali casi i pali devono essere dotati dell'armatura indicata al punto 3.3.2 delle "Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni" (Allegato 4), o, per opere ordinarie, al punto 5.4.7.3 delle "Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici" (Allegato 2).

Nelle verifiche di capacità portante dei terreni di fondazione si adottano i coefficienti parziali di sicurezza previsti nell'Allegato 4. Limitatamente alle strutture di dimensioni e caratteristiche correnti, eretti su suoli di fondazione di tipo A, B e C e nei casi in cui per fondazioni su pali non è necessario calcolare i momenti flettenti di origine cinematica, come specificato al punto 3.3.2 nell'Allegato 4, le verifiche potranno essere effettuate anche confrontando le sollecitazioni trasmesse al terreno con la capacità limite di quest'ultimo determinata assumendo i valori nominali dei parametri di resistenza del terreno ed utilizzando un coefficiente di sicurezza globale pari a 2.0 per le fondazioni superficiali e ad 1.7 per le fondazioni su pali. Il predetto coefficiente 1.7 si applica globalmente al modello del blocco rigido equivalente alla palificata."

333) Il paragrafo 9.1 è sostituito da:

"Il presente capitolo fornisce criteri e regole per il progetto dei ponti nuovi e dell'adeguamento di quelli esistenti, nei quali un sistema d'isolamento sismico viene posto tra l'impalcato e le pile/spalle, allo scopo di migliorarne la risposta nei confronti delle azioni sismiche orizzontali.

La riduzione della risposta sismica orizzontale, qualunque siano la tipologia e i materiali strutturali del ponte, può essere ottenuta mediante una delle seguenti strategie d'isolamento, o mediante una loro appropriata combinazione:

a) incrementando il periodo fondamentale della costruzione per portarlo nel campo delle minori accelerazioni di risposta;

b) limitando la massima forza orizzontale trasmessa;

In entrambe le strategie le prestazioni dell'isolamento possono essere migliorate attraverso la dissipazione di una consistente aliquota dell'energia meccanica trasmessa dal terreno alla costruzione."

334) Al paragrafo 9.2, nelle definizioni di " d_1 " e di " F_1 " la parola "and" è sostituita con "e".

335) Al paragrafo 9.2, a partire dalla definizione di "Spostamento di progetto totale di un dispositivo d'isolamento in una direzione principale" il paragrafo è così sostituito:

"Spostamento di progetto totale di un dispositivo d'isolamento in una direzione principale: massimo spostamento orizzontale in corrispondenza del dispositivo, ottenuto dalla combinazione dello spostamento di progetto del sistema di isolamento e quello aggiuntivo determinato dalla torsione intorno all'asse verticale.

A: Area della superficie del singolo strato di elastomero depurata degli eventuali fori (se non riempiti successivamente);

A' : Area della superficie comune alla singola piastra d'acciaio e allo strato di elastomero depurata degli eventuali fori (se non riempiti successivamente);

d: Spostamento massimo raggiunto dal dispositivo d'isolamento in un ciclo di carico;

d₁ : Spostamento corrispondente al limite elastico nel ciclo teorico bilineare di un dispositivo d'isolamento non lineare;

d₂ : Spostamento massimo di progetto in un dispositivo d'isolamento, corrispondente allo SLU;

d_{dc} : Spostamento massimo di progetto del centro di rigidità del sistema d'isolamento, corrispondente allo SLU;

d_{el} : Spostamento nel primo ramo di carico in una prova sperimentale entro il quale il comportamento è sostanzialmente lineare. In generale può assumersi un valore pari a $d_2/20$;

D : Diametro della singola piastra di acciaio negli isolatori circolari o dimensione in pianta, misurata parallelamente all'azione orizzontale agente, della singola piastra di acciaio;

F : Forza massima raggiunta dal dispositivo d'isolamento in un ciclo di carico;

F_1 : Forza corrispondente al limite elastico nel ciclo teorico bilineare di un dispositivo d'isolamento non lineare;

F_2 : Forza corrispondente allo spostamento massimo di progetto allo SLU in un dispositivo d'isolamento;

F_{el} = Forza corrispondente a d_{el} , nel ramo di carico iniziale sperimentale di un dispositivo non lineare;

G_{din} : Modulo dinamico equivalente a taglio, valutato come $G_{din} = Ft_e/(Ad)$ in corrispondenza di uno spostamento $d=t_e$;

$K_e = F/d = G_{din} A/t_e$: Rigidezza equivalente di un dispositivo d'isolamento in un singolo ciclo di carico;

$K_{esi} = \sum_j (K_{ej})$: Rigidezza totale equivalente del sistema di isolamento;

$K_v = \sum_j (K_{vj})$: Rigidezza totale verticale del sistema di isolamento;

$K_1 = F_1/d_1$: Rigidezza elastica (del primo ramo) del ciclo bilineare teorico di un dispositivo di isolamento a comportamento non lineare;

$K_2 = F_2/d_2$: Rigidezza post-elastica (del secondo ramo) del ciclo teorico di un dispositivo di isolamento non lineare;

L : Superficie laterale libera del singolo strato di elastomero di un isolatore elastomerico maggiorata della superficie laterale degli eventuali fori (se non riempiti successivamente);

M : Massa totale della sovrastruttura;

$S_1 = A/L$: Fattore di forma primario di un isolatore elastomerico;

$S_2 = D/t_e$: Fattore di forma secondario di un isolatore elastomerico, nella direzione in esame;

t_e : Somma degli spessori dei singoli strati di elastomero valutata maggiorando lo spessore dei due strati esterni, se maggiore di 3 mm, del fattore 1,4;

T : Periodo generico;

T_{bf} : primo periodo proprio della struttura a base fissa;

T_{is} : primo periodo proprio della struttura isolata;

T_v : periodo di vibrazione in direzione verticale della struttura isolata;

V : Carico verticale di progetto agente sull'isolatore in presenza di sisma;

W_d : Energia dissipata da un dispositivo d'isolamento in un ciclo completo di carico;

$\xi_e = W_d / (2\pi Fd) = W_d / (2\pi K_e d^2)$: coefficiente di smorzamento viscoso equivalente in un singolo ciclo di carico di un dispositivo d'isolamento;

$\xi_{esi} = \sum_j (W_{dj}) / (2\pi K_{esi} d^2)$: coefficiente di smorzamento viscoso equivalente del sistema d'isolamento."

336) Al paragrafo 9.3 all'ultimo capoverso, il periodo "... i dettagli costruttivi per la duttilità." è integrato col periodo "... i dettagli costruttivi per la duttilità, applicando le regole valide per la progettazione "non sismica".".

337) Al paragrafo 9.4 in coda al secondo capoverso, è aggiunto il periodo "Essendo fondamentalmente degli apparecchi di appoggio, essi debbono rispettare le relative norme per garantire la loro piena funzionalità rispetto alle azioni di servizio.".

338) Al paragrafo 9.4 al quart'ultimo capoverso, il periodo "... unicamente da isolatori a scorrimento, che inglobano ..." è sostituito col periodo "... unicamente da isolatori a scorrimento o rotolamento, che inglobano ...".

339) Al paragrafo 9.4 in coda all'ultimo capoverso, il periodo "... dotati delle necessarie attrezzature e della specifica competenza ed operanti in regime di qualità." è sostituito col periodo "... dotati delle necessarie attrezzature e della specifica competenza."

340) Al sottoparagrafo 9.4.1, il secondo capoverso è sostituito da:
"Le piastre di acciaio saranno conformi a quanto previsto nelle norme per gli apparecchi di appoggio con un allungamento minimo a rottura del 18% e spessore minimo pari a 2 mm per le piastre interne e a 20 mm per le piastre esterne."

341) Al sottoparagrafo 9.4.1, dopo il periodo "Le caratteristiche meccaniche (K_e e ξ_e) dei dispositivi reali, valutate in corrispondenza dello spostamento massimo di progetto d_2 , dovranno avere variazioni limitate come segue:", il primo punto elenco è sostituito da:
"nell'ambito di tutta la fornitura per la singola opera i valori medi delle suddette caratteristiche non possono differire di più del $\pm 10\%$ rispetto ai corrispondenti valori di progetto, e le differenze, rispetto ai valori medi, non possono superare il $\pm 10\%$;"

Il secondo punto elenco è sostituito da:

"le variazioni legate all'invecchiamento dell'elastomero, valutate come indicato nel seguito, non dovranno superare il 20% del valore iniziale;". Il quinto punto elenco è sostituito "le variazioni dovute alla velocità di deformazione (frequenza), valutate in un intervallo di $\pm 30\%$ del valore massimo di progetto, non dovranno superare il $\pm 10\%$."

342) Il sottoparagrafo 9.4.2 è sostituito da:
"Gli isolatori a scorrimento sono costituiti da appoggi a scorrimento (acciaio-PTFE) caratterizzati da bassi valori delle resistenze per attrito.

Le superfici di scorrimento in acciaio e PTFE devono essere conformi alla normativa vigente per gli apparecchi di appoggio.

Gli isolatori a scorrimento dovranno avere un coefficiente d'attrito in tutte le condizioni di lavoro del sistema di isolamento sismico compreso tra 0 e 4 %, ossia tenuto conto di:

- differenze nell'ambito della singola fornitura rispetto al valore di progetto;
- variazioni legate all'invecchiamento;
- variazioni dovute a fattori ambientali (temperatura), valutate per condizioni estreme dei fattori stessi e con riferimento al valore misurato in condizioni medie di tali fattori;
- variazioni dovute al carico verticale, valutate come differenza tra i valori corrispondenti al carico verticale massimo ed a quello minimo;
- variazioni dovute alla velocità (frequenza), valutate in un intervallo di $\pm 30\%$ del valore massimo di progetto.

Gli isolatori a scorrimento devono inoltre essere in grado di sopportare, sotto spostamento massimo impresso pari a $1,2 d_2$, almeno 10 cicli di carico e scarico. I cicli si riterranno favorevolmente sopportati se il coefficiente d'attrito (f), nei cicli successivi al primo, non varierà di più del 15% rispetto alle caratteristiche riscontrate durante il terzo ciclo, ossia

$$|f_{(i)} - f_{(3)}|/f_{(3)} < 0,15,$$

avendo contrassegnato con il pedice “(i)” le caratteristiche valutate all’i-esimo ciclo e con il pedice “(3)” le caratteristiche valutate al terzo ciclo. Qualora l’incremento della forza nel sistema di isolamento per spostamenti tra $0,5d_{dc}$ e d_{dc} sia inferiore all’1,25% del peso totale della sovrastruttura, gli isolatori a scorrimento debbono essere in grado di garantire la loro funzione di appoggio fino a spostamenti pari ad $1,5 d_2$.”

343) Al sottoparagrafo 9.4.3 in coda al primo capoverso, il periodo “... come nella figura 1.” è sostituito col periodo “... come nella figura 9.1.”.

344) Al sottoparagrafo 9.4.3, la numerazione della “Figura 1” è sostituita in “Figura 9.1”.

345) Al sottoparagrafo 9.4.3 nelle definizioni di “ d_j ” e di “ F_j ” la parola “and” è sostituita con “e”.

346) Al sottoparagrafo 9.4.3, dopo il periodo “Le curve caratteristiche nel terzo ciclo di carico, valutate in termini di forza, in corrispondenza degli spostamenti d_1 e d_2 , e di rigidezza K_2 , dovranno avere variazioni limitate come segue:”, il primo punto elenco è sostituito da:

“nell’ambito di tutta la fornitura per la singola opera i valori medi delle suddette caratteristiche non possono differire di più del $\pm 10\%$ rispetto ai corrispondenti valori di progetto, e le differenze, rispetto ai valori medi, non possono superare il $\pm 10\%$.”.

Il secondo punto elenco è sostituito da:

“le variazioni legate all’invecchiamento dei materiali, valutate come indicato nel seguito, non dovranno superare il 20% del valore iniziale;”. Il quarto punto elenco è sostituito da “le variazioni dovute alla velocità di deformazione (frequenza), valutate in un intervallo di $\pm 30\%$ del valore massimo di progetto, non dovranno superare il $\pm 10\%$.”.

347) Al sottoparagrafo 9.4.4 nel primo capoverso, il periodo “... legge sinusoidale dello spostamento è riportata in figura 2. La forma del ciclo è ...” è sostituito col periodo “... legge sinusoidale dello spostamento è riportata in figura 10.2. La forma del ciclo è ...”.

348) Al sottoparagrafo 9.4.4, la Figura 2 è sostituita da:

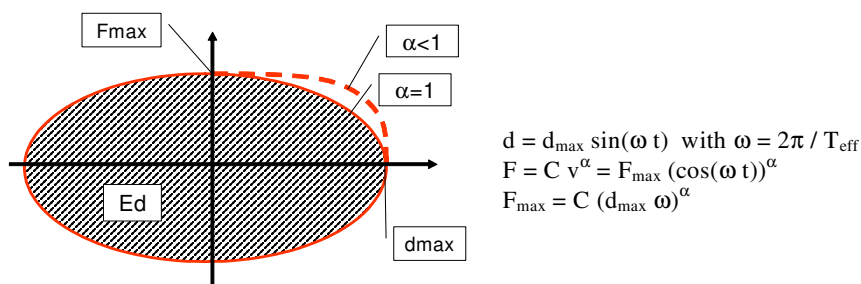


Figura 9.2 – Dispositivi a comportamento viscoso.

349) Al sottoparagrafo 9.4.4, il primo punto elenco è sostituito da:

“nell’ambito di tutta la fornitura per la singola opera i valori medi delle suddette caratteristiche non possono differire di più del $\pm 10\%$ rispetto ai corrispondenti valori di progetto, e le differenze, rispetto ai valori medi, non possono superare il $\pm 10\%$.”.

350) Al sottoparagrafo 9.4.5, il primo punto elenco è sostituito da:

“nell’ambito di tutta la fornitura per la singola opera i valori medi delle suddette caratteristiche non possono differire di più del $\pm 10\%$ rispetto ai corrispondenti valori di progetto, e le differenze, rispetto ai valori medi, non possono superare il $\pm 10\%$;”. Il quarto punto elenco è integralmente sostituito da “le variazioni dovute alla velocità di deformazione (frequenza), valutate in un intervallo di $\pm 30\%$ del valore massimo di progetto, non dovranno superare il $\pm 10\%$.”.

351) Il sottoparagrafo 9.5.2 è sostituito da:

- *“Per minimizzare gli effetti torsionali, la proiezione del centro di massa dell’impalcato sul piano degli isolatori ed il centro di rigidità del sistema sottostruttura-isolamento debbono essere, per quanto possibili, coincidenti. Inoltre, nei casi in cui il sistema di isolamento affidi a pochi dispositivi le sue capacità dissipative e ricentranti rispetto alle azioni orizzontali, occorre che tali dispositivi siano, per quanto possibile, disposti in maniera da minimizzare gli effetti torsionali e siano in numero staticamente ridondante.*
- *Per minimizzare le differenze di comportamento degli isolatori, le tensioni di compressione a cui lavorano devono essere per quanto possibile uniformi. Nel caso di sistemi d’isolamento che utilizzano isolatori di diverso tipo, particolare attenzione andrà posta sui possibili effetti della differente deformabilità verticale sotto le azioni sia statiche che sismiche.”.*

352) Al sottoparagrafo 9.5.4, il secondo capoverso è sostituito da:

“Le eventuali connessioni, strutturali e non, fra le diverse parti della sovrastruttura e tra la sovrastruttura e le parti non isolate devono essere progettate in modo tale da assorbire, con ampio margine di sicurezza, gli spostamenti relativi previsti dal calcolo.”.

353) Al paragrafo 9.6 in coda al primo capoverso, il periodo “... isolamento sismico in questo capitolo.” è sostituito col periodo “... isolamento sismico in questo paragrafo.”.

354) Al sottoparagrafo 9.6.1 in coda al primo capoverso, il periodo “... dividendo le ordinate spettrali per 2.5.” è sostituito col periodo “... dividendo le ordinate spettrali per 2,5.”.

355) Al sottoparagrafo 9.7.1, il terzo ed il quarto punto elenco sono sostituiti con:

- *“velocità massima di deformazione (frequenza), in un intervallo di variabilità di $\pm 30\%$ del valore di progetto,*
- *entità dei carichi verticali agenti simultaneamente al sisma.”.*

356) Al sottoparagrafo 9.7.2 nel secondo capoverso, il periodo “... in cicli con frequenza nel range delle frequenze naturali dei modi considerati. Per i modi superiori della struttura, al di fuori di tale range, il rapporto di smorzamento ...” è sostituito col periodo “... in cicli con frequenza nell’intervallo delle frequenze naturali dei modi considerati. Per i modi superiori della struttura, al di fuori di tale intervallo, il rapporto di smorzamento ...”.

357) Al sottoparagrafo 9.7.2, il periodo del punto elenco c) è sostituito dal periodo “le caratteristiche forza-spostamento del sistema di isolamento non variano di più del 10% per effetto di variazioni della velocità di deformazione, in un campo del $\pm 30\%$ intorno al valore di progetto, e dell’azione verticale sui dispositivi, nel campo di variabilità di progetto;”.

358) Al sottoparagrafo 9.7.4, la numerazione delle formule da “(46)” a “(50)” è rispettivamente sostituita da “(45)” a “(49)”.

359) Al sottoparagrafo 9.7.4, i punti elenco successivi al periodo “Il metodo dell’analisi statica lineare può essere applicato se la costruzione isolata soddisfa i requisiti seguenti:” sono sostituiti da:

- *“lo schema statico è a impalcati semplicemente appoggiati, oppure lo schema statico è a impalcati continui con geometria regolare, caratterizzata da: sostanziale rettilineità dell’impalcato, luci uguali, rapporto massimo tra*

le rigidezze delle pile inferiore a 2, lunghezza totale dell'impalcato continuo inferiore a 150m;

- la sottostruttura può essere considerata infinitamente rigida ovvero il periodo proprio delle singole pile senza la sovrastruttura è non maggiore di 0,05 sec.;
- il sistema d'isolamento può essere modellato come lineare, in accordo con il precedente punto 9.7.2;
- il periodo equivalente T_{is} della struttura con isolamento ha un valore compreso fra $4 \cdot T_{bf}$ e 3.0 s, in cui T_{bf} è il periodo del ponte con collegamento rigido tra sovrastruttura e sottostruttura, stimato con un'espressione approssimata;
- la massa della metà superiore delle pile è inferiore a 1/5 della massa dell'impalcato;
- le pile hanno altezza inferiore a 20 m;
- la rigidezza verticale del sistema di isolamento K_v è almeno 800 volte più grande della rigidezza equivalente orizzontale del sistema di isolamento K_{esi} ;
- il periodo in direzione verticale T_v , calcolato come $T_v = 2\pi\sqrt{M / K_v}$, è inferiore a 0,1 s;
- nessun isolatore risulta in trazione per l'effetto combinato dell'azione sismica e dei carichi verticali;
- in direzione trasversale la distanza tra il centro di rigidezza del sistema di isolamento e il centro di massa dell'impalcato non è superiore al 5% della dimensione trasversale della sovrastruttura.”.

360) Al sottoparagrafo 9.7.5, il primo capoverso è sostituito da:

“L'analisi dinamica lineare è ammessa quando risulta possibile modellare elasticamente il comportamento del sistema di isolamento, nel rispetto delle condizioni di cui al punto 9.7.2. Il modello comprenderà sia la sovrastruttura che la sottostruttura. Per il sistema complessivo, formato dalla sottostruttura, dal sistema d'isolamento e dalla sovrastruttura, si assume un comportamento elastico lineare. L'analisi potrà essere svolta mediante analisi modale con spettro di risposta o mediante integrazione al passo delle equazioni del moto, eventualmente previo disaccoppiamento modale, considerando un numero di modi tale da portare in conto anche un'aliquota significativa della massa della sottostruttura.”.

361) Al sottoparagrafo 9.7.5 al secondo capoverso, il periodo “... combinazione degli effetti, le regole riportate in 4.6. La componente verticale ...” è sostituito col periodo “... combinazione degli effetti, le regole riportate in 5.3. La componente verticale ...”.

362) Al sottoparagrafo 9.7.5 all'ultimo capoverso, il periodo “... coerenza con lo spettro di partenza specificate, al punto 5.2.8. La messa in conto ...” è sostituito col periodo “... coerenza con lo spettro di partenza specificate al punto 5.2.8. La messa in conto ...”.

363) Al sottoparagrafo 9.7.6 in coda all'ultimo capoverso, è aggiunta l'integrazione “Il modello dovrà rispettare quanto riportato in 9.7.5.”.

364) Al sottoparagrafo 9.8.2, il secondo capoverso è sostituito da:

“Gli elementi della sottostruttura dovranno essere verificati rispetto alle sollecitazioni ottenute direttamente dall'analisi, quando il modello include anche la sottostruttura. In caso contrario, essi dovranno essere verificati rispetto alle sollecitazioni prodotte dalle forze trasmesse dal sistema d'isolamento combinate con le sollecitazioni prodotte dalle accelerazioni del terreno direttamente applicate alla sottostruttura. Nel caso in cui la sottostruttura possa essere assunta infinitamente rigida (periodo proprio inferiore a 0,05 s) le forze d'inerzia direttamente applicate ad essa possono essere assunte pari al prodotto delle masse della sottostruttura per l'accelerazione del terreno a_g . La combinazione delle sollecitazioni potrà essere effettuata mediante la regola della radice quadrata della somma dei quadrati (v. punto 7.1.2, eq. 17).”.

365) Al sottoparagrafo 9.8.2, il quart'ultimo capoverso è sostituito da:

“Per tutti gli isolatori deve essere, in generale, soddisfatta la condizione: $V \geq 0$ (assenza di trazione). Nel caso in cui dall’analisi risultasse $V < 0$ in condizioni sismiche, occorrerà che la tensione di trazione sia inferiore al valore minore tra 2G e 1 MPa negli isolatori elastomerici oppure, per gli isolatori di altro tipo, si dovrà dimostrare, attraverso adeguate prove sperimentali, che l’isolatore sia in grado di sostenere tale condizione oppure predisporre opportuni dispositivi in grado di assorbire integralmente la trazione.”.

366) I capitoli “10 PONTI IN ZONA 4” e “11 PONTI ESISTENTI” sono eliminati.