

## SOMMARIO

<b>PREFAZIONE</b>	<b>5</b>
<b>1 CRITERI DI PROGETTAZIONE DI PONTI E VIADOTTI ISOLATI</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Introduzione</b>	<b>7</b>
<b>1.2 Il comportamento sismico dei ponti isolati</b>	<b>7</b>
<b>1.3 Dispositivi di isolamento</b>	<b>9</b>
1.3.1 Isolatori elastomerici	10
1.3.2 Isolatori a scorrimento	13
1.3.3 Variabilità delle proprietà di progetto	18
1.3.4 Criteri di modellazione	18
<b>1.4 Giunti di dilatazione</b>	<b>19</b>
<b>1.5 Azioni</b>	<b>20</b>
1.5.1 Pesì propri e carichi permanenti ( $g_1, g_2$ )	20
1.5.2 Ritiro del calcestruzzo ( $\epsilon_2$ )	21
1.5.3 Effetti della viscosità del calcestruzzo	23
1.5.4 Variazione termica ( $\epsilon_3$ )	24
1.5.5 Azioni variabili da traffico ( $q_1+q_2$ )	27
1.5.6 Azione longitudinale di frenamento o accelerazione ( $q_3$ )	27
1.5.7 Azione centrifuga ( $q_4$ )	28
1.5.8 Azione del vento ( $q_5$ )	28
1.5.9 Resistenze passive dei vincoli ( $q_7$ )	32
1.5.10 Azione del sisma ( $q_6$ )	32
<b>1.6 Combinazioni delle azioni</b>	<b>35</b>
1.6.1 Gruppi di carichi da traffico per i ponti stradali	35
1.6.2 Combinazioni agli SLU non sismici	35
1.6.3 Combinazioni agli SLE	37
1.6.4 Combinazioni sismiche	37
<b>1.7 Metodi di analisi sismica</b>	<b>37</b>
1.7.1 Metodo del Modo Fondamentale con spettro di risposta	38
1.7.2 Analisi multi-modale con spettro di risposta (analisi dinamica lineare)	40
1.7.3 Analisi dinamica non lineare (Non linear time-history analysis)	43
1.7.4 Considerazioni sull'impiego dei diversi metodi di analisi	48
<b>1.8 Verifiche</b>	<b>49</b>
1.8.1 Verifiche agli Stati Limite di Esercizio ed allo Stato Limite di Danno	49
1.8.2 Verifiche agli Stati Limite Ultimi non sismici	50
1.8.3 Verifiche allo Stato Limite di Salvaguardia della vita	51
1.8.4 Verifiche agli Stati Limite di Collasso	51
<b>2 CASO STUDIO. VIADOTTO CON IMPALCATO A SEZIONE COMPOSTA ACCIAIO-CALCESTRUZZO</b>	<b>53</b>
<b>2.1 Descrizione del viadotto</b>	<b>53</b>
<b>2.2 Il sistema di protezione sismica</b>	<b>54</b>
<b>2.3 Azioni agenti sulla struttura</b>	<b>56</b>
<b>2.4 Combinazioni delle azioni</b>	<b>70</b>
<b>2.5 Modellazione della struttura</b>	<b>71</b>

---

<b>2.6 Proprietà di progetto degli isolatori</b>	<b>73</b>
<b>2.7 Analisi sismica</b>	<b>75</b>
2.7.1 Metodo del modo fondamentale	76
2.7.2 Analisi multi-modale con spettro di risposta (Analisi dinamica lineare)	78
2.7.3 Considerazioni sui risultati delle analisi lineari LBPD e UBPD	81
2.7.4 Analisi dinamica non lineare (Time history non lineare)	82
2.7.5 Riepilogo dei risultati ottenuti con le diverse analisi	91
<b>2.8 Verifica del sistema di isolamento</b>	<b>92</b>
2.8.1 Criteri di verifica	92
2.8.2 Spostamento degli isolatori allo SLU non sismico	94
2.8.3 Spostamento degli isolatori in fase sismica	95
<b>2.9 Sollecitazioni e verifiche di resistenza delle pile</b>	<b>96</b>
2.9.1 Verifica a pressoflessione in fase sismica	97
2.9.2 Verifica a pressoflessione per le condizioni di carico non sismiche	101
2.9.3 Verifica di resistenza a taglio	103
<b>3 CONCLUSIONI</b>	<b>107</b>
<b>4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>	<b>107</b>

## PREFAZIONE

Prosegue con questo Quaderno il contributo dell'aicap alla diffusione delle conoscenze sulla progettazione delle strutture in calcestruzzo.

L'argomento ora riguarda la progettazione di ponti e viadotti con isolamento sismico alla luce dei più moderni riferimenti tecnologici e normativi.

Negli ultimi 25 anni del secolo scorso l'isolamento sismico degli edifici ha visto le prime applicazioni, negli anni '80 in Nuova Zelanda, in California ed in Giappone ed ha avuto un impulso decisivo ed un'ampia diffusione soprattutto dopo il terremoto di Kobe del 1995. Nello stesso periodo, in Italia l'isolamento sismico ha raggiunto un vero primato nel settore delle infrastrutture con l'isolamento di oltre un centinaio di ponti e viadotti. Tutti ricordiamo il Viadotto Somplago in Friuli, realizzato tra il 1974 ed il 1976, primo ponte isolato in Europa. Una via di corsa era già completata nel 1976 e non subì alcun danno nel terremoto del Friuli (1976), il cui epicentro era a pochi chilometri.

Per queste strutture il tema dell'isolamento sismico si pone in maniera molto diversa che per gli edifici soprattutto per il fatto che l'isolamento non è realizzato in fondazione ma tra le pile e l'impalcato. Da qui nascono problematiche molto particolari che vengono attentamente analizzate nel testo.

Infatti il Quaderno si sviluppa in due parti, la prima introduce all'argomento, di per sé specialistico, con approccio didascalico, analizzando in particolare tutte le tappe che presiedono alla progettazione, tenendo sempre l'obiettivo sul comportamento strutturale dei ponti isolati, sul ruolo dei dispositivi di isolamento di più comune impiego e sui metodi di analisi e di verifica. Con riferimento a questi ultimi, particolarmente utili sono le considerazioni sulle caratteristiche ed i limiti di impiego dei diversi metodi di analisi in presenza di dispositivi di isolamento sismico.

La seconda parte sviluppa, attraverso un esempio applicativo, l'iter della progettazione con i connessi dettagli. Viene messa ben in evidenza la metodologia da seguire e la necessità di utilizzare in maniera appropriata le diverse normative tecniche disponibili sia quelle nazionali vigenti sia quelle europee, in particolare gli Eurocodici con le relative Appendici Nazionali.

L'intero percorso e tutte le scelte sono commentate con riferimento ai punti delle norme che le determinano o le condizionano. I numerosi commenti relativi alle scelte progettuali operate aiutano a comprendere in maniera approfondita ed a superare le non poche difficoltà che incontra il progettista di una tipologia strutturale così impegnativa.

Lo studio presentato è di interesse non solo per gli studenti che affrontano il problema per la prima volta, ma anche per il professionista che non ha ancora raggiunto una buona sicurezza e padronanza delle molte variabili in gioco nella progettazione di ponti e viadotti con isolamento sismico.

Il Quaderno, curato da Luigino Dezi, coadiuvato da Matteo Morettini, si è sviluppato nell'ambito della Commissione Strutture dell'AICAP, presieduta dal sottoscritto, e ha visto la costante partecipazione di Achille Devitofranceschi, Antonello Gasperi, Piero Marro, Camillo Nuti, Marisa Pecce, Francesco Rendace e Luca Sanpaolesi.

Roma, Marzo 2017

**Franco Angotti**