
spea

ENGINEERING

gruppo Atlantia 

Commessa N. 560903

Incarico N. 400005604

Dr. Ing. Renzo Medeot

**PROTOCOLLO DELLE PROVE SUI RITEGNI IDRAULICI DA REINSTALLARE
SULLA A23 DOPO L'INTERVENTO DI MANUTENZIONE ED ADEGUAMENTO**

Nota Tecnica

Documento N. 35 - Rev. 1

09 gennaio 2020

Protocollo delle Prove sui Ritegni Idraulici da Reinstallare sull'Autostrada A23 dopo l'Intervento di Manutenzione ed Adeguamento

1.- Introduzione

I dispositivi oggetto delle prove descritte in questo documento provengono dai viadotti Passerella, Malborghetto e Fella 9 dell'Autostrada A23, Tronco Carnia – Confine di Stato.

Per i ritegni del primo viadotto di questo tronco (il Viadotto Fella 1, 1980), il progettista Prof. Grandori del Politecnico di Milano aveva specificato i dispositivi di tipo isteretico con una curva caratteristica riportata nella Figura 1 qui sotto.

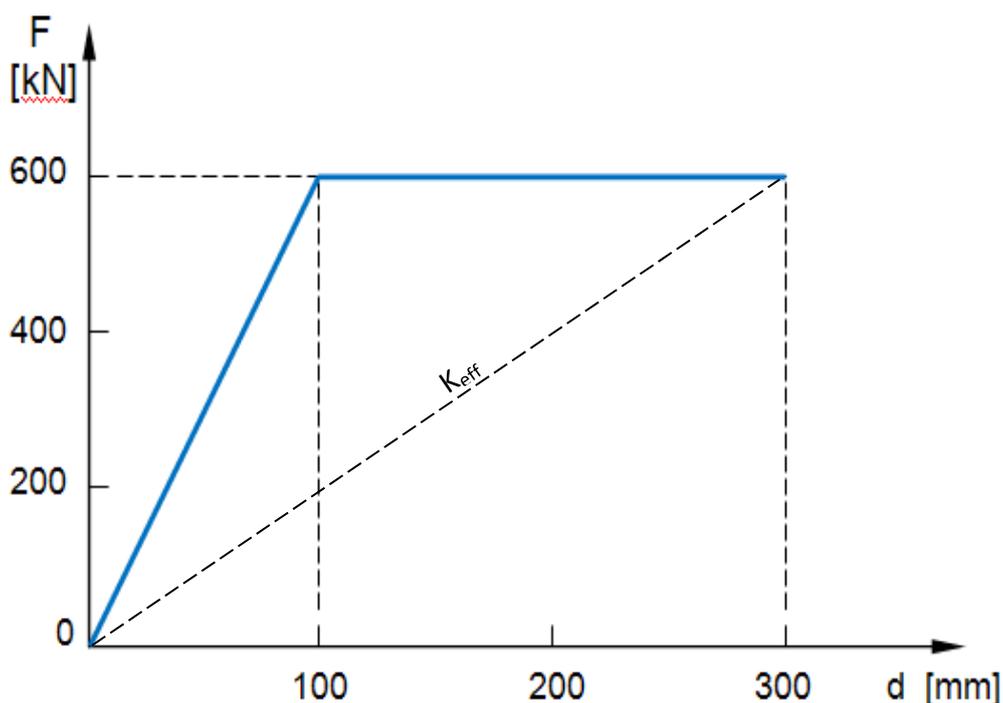


Figura 1: Curva caratteristica specificata per un singolo ritegno elasto-plastico del Viadotto Fella 1

L'intenzione del progettista era quella di adottare un "limitatore di forza", che non sollecitasse la spalla oltre il valore di progetto in caso di eccedenza dello spostamento.

Curiosamente questa curva caratteristica è stata acriticamente adottata, con poche eccezioni, per tutte le opere d'arte del tronco Carnia – Confine di Stato

Il ramo elastico era stato perfettamente definito dal progettista, in quanto a quei tempi sussisteva il convincimento, poi dimostratosi completamente errato, che a determinare il periodo proprio della struttura contribuisse solo la rigidezza K_1 del ramo elastico della curva caratteristica.

Questa circostanza è avvalorata da tutte le relazioni di calcolo sismico delle opere ricadenti nel sopracitato ramo Carnia - Tarvisio della A23 e redatte da diversi studi di progettazione.

È noto invece che il periodo proprio di una struttura è governato dalla rigidezza efficace K_{eff} , cioè il rapporto tra la forza di progetto F_d e lo spostamento di progetto d_d .

Nei casi in esame quindi la rigidezza efficace è pari ad $1/3$ di quella assunta in sede di progetto, per cui il periodo reale della struttura è maggiore di un fattore $\sqrt{3} = 1,72$ e ciò comporta un aumento significativo degli spostamenti, il che si è rivelato problematico per alcuni viadotti.

Per riprodurre questa curva caratteristica furono proposte ed in parte adottate diverse soluzioni, molte delle quali si sono rivelate nel tempo inappropriate.

Nel 1983 per tre Viadotti Autostradali che sovrastavano altrettanti ponti ferroviari, le allora FFSS richiesero l'adozione di strutture più leggere, che a loro volta comportavano l'utilizzo di ritegni molto compatti.

Per soddisfare questa esigenza, fu sviluppato un dispositivo denominato a quel tempo impropriamente "oleodinamico" (nelle attuale Norma UNI EN 15129 è riferito come "smorzatore idraulico di tipo visco-elastico"), che assimilava molto bene la stessa curva isteretica di Figura 2 (vedi Figura 3 qui sotto).

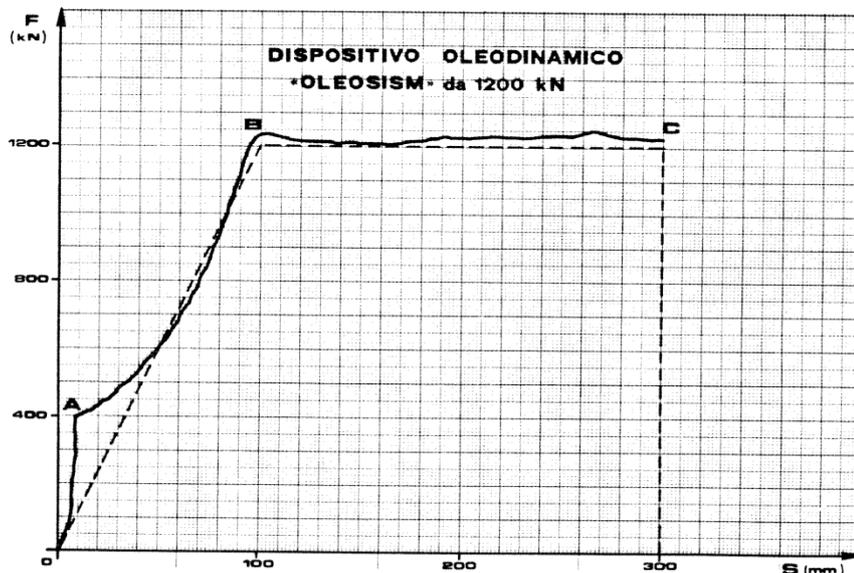


Figura 3: Curva caratteristica del ritegno idraulico dei Viadotti Malborghetto e Fella 9

Questo ritegno può essere considerato, almeno in Italia, il capostipite di tutti i dispositivi idraulici che attualmente trovano vasto impiego nell'ingegneria sismica.

I dispositivi idraulici sviluppati all'estero negli anni successivi, come quelli della Domain Jarret (Francia), Lisege (Germania) e Taylor (Stati Uniti) sono invece originati dall'adattamento alle applicazioni civili di dispositivi utilizzati in campo militare.

Si osservi che questi dispositivi, a differenza dei comuni dispositivi idraulici, possiedono la capacità ricentrante grazie all'energia pneumatica immagazzinata negli accumulatori, purché sia rispettato il requisito riportato nella sezione 4.4.3 della succitata Norma UNI EN 15129, ovvero:

$$E_S \geq \frac{1}{4} \cdot E_D$$

dove E_S l'energia reversibilmente immagazzinata negli accumulatori per la corsa 0 – d_B , (vedi Fig .5 a pagina 4) ed E_D è l'energia dissipata durante lo spostamento da 0 a d_C , tenendo conto anche del contributo derivante dall'attrito degli apparecchi d'appoggio.

La Figura 4 alla pagina seguente mostra lo schema idraulico valido per ambedue i tipi di dispositivo viscoelastico da sottoporre a prova.

Con riferimento a detta Figura 4, imprimendo al pistone del dispositivo idraulico una deformazione assiale a velocità costante, si ottiene un rapido aumento della reazione (tratto 0-A della curva

caratteristica) dovuto alla bassa comprimibilità del fluido idraulico ed alla deformazione elastica dei componenti meccanici.

Una eccessiva deformazione in questa fase rivela la presenza di sacche d'aria per incompleto riempimento del dispositivo con il fluido idraulico, mentre il suo progressivo aumento denuncia un mancato degasaggio del fluido idraulico..

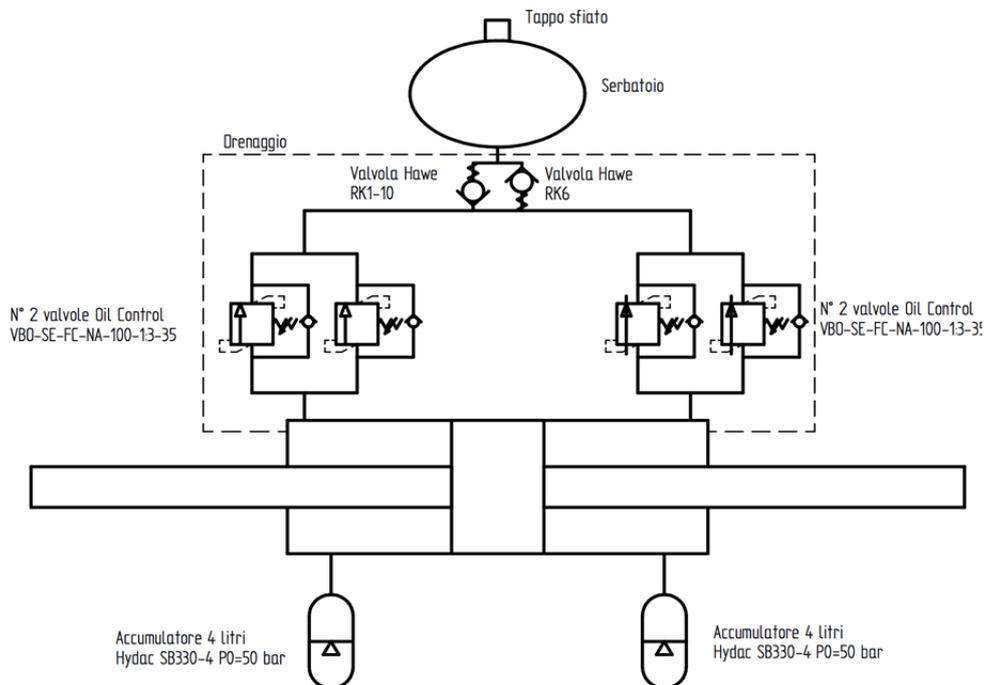


Figura 4: Schema idraulico dei dispositivi viscoelastici

Gli accumulatori dotati di membrana elastica sono precaricati in modo da impedire la penetrazione negli stessi del fluido idraulico per forze applicate inferiori a quelle di servizio, che sono quelle derivanti dall'attrito degli appoggi e dalle frenate degli autoveicoli.

Proseguendo con la deformazione impressa, il fluido penetra nell'accumulatore, producendo una compressione del gas (azoto) rappresentata dal tratto A-B della curva.

Al superamento della pressione di taratura della valvola di regolazione, il liquido idraulico fluisce dall'una all'altra camera del cilindro (tratto della curva B-C) mantenendo una forza di reazione del dispositivo pressoché costante.

2.- Modalità di esecuzione delle prove.

Dallo sviluppo storico più sopra delineato si evince che i dispositivi oggetto delle prove furono ideati e fabbricati un trentennio prima che la Norma EN 15129: *Dispositivi Antisismici* entrasse in vigore nell'Unione Europea (1 agosto 2011).

Pertanto quest'ultima non è applicabile a questo caso né in termini di procedure, né nei criteri di accettazione.

D'altronde lo scopo della campagna di prove condotta sui ritegni idraulici della A23 non è quello di conseguire il Marchio CE, che attesta la conformità dei due tipi di dispositivo con la succitata Norma, bensì quello di verificare la loro completa funzionalità dopo la manutenzione e l'adeguamento alle condizioni che si osservano durante un terremoto del livello di progetto.

Queste ultime sono state ricavate mediante analisi dinamiche condotte sui Viadotti Passerella, Malborghetto e Fella 9 della A23 che utilizzano questi ritegni idraulici.

La Figura 5 qui sotto riporta la curva caratteristica schematizzata dei ritegni idraulici oggetto della campagna di prove.

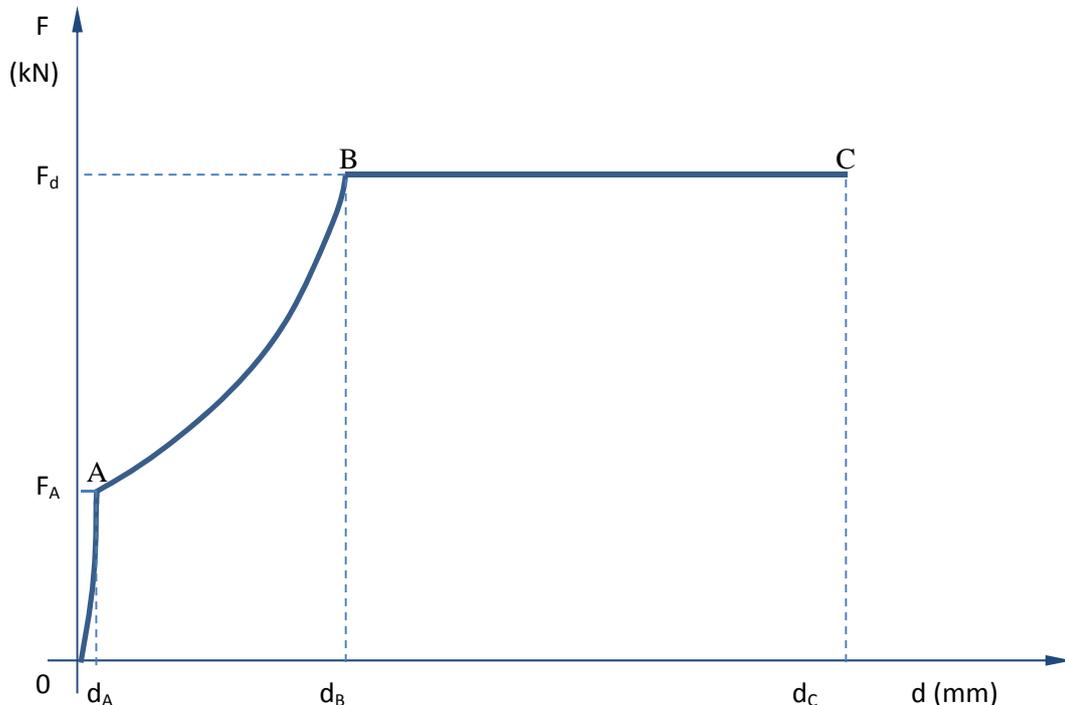


Figura 5: Curva caratteristica schematizzata dei ritegni idraulici adottati sulla A23.

Considerato che in realtà tutti i N. 40 dispositivi idraulici installati sui suddetti tre viadotti sono costruttivamente identici – ad eccezione della loro lunghezza, derivante dalla differente corsa – si è deciso di modificare la forza di reazione dei ritegni nei diversi viadotti per ottimizzare la loro risposta ad un attacco sismico a livello di progetto.

Intatti, il tipo di smorzatore idraulico in esame possiede la capacità di poter variare la forza di reazione di progetto F_d regolando opportunamente le valvole di controllo, ma anche lo spostamento reversibile d_B modificando la pressione di precarico p_0 dell'accumulatore, dalla quale dipende la reazione F_A per resistere alle forze d'attrito degli appoggi ed alle frenate nelle condizioni di servizio senza apprezzabili spostamenti d_A .

Queste proprietà sono risultate particolarmente utili per rimediare facilmente ad alcuni difetti del sistema d'isolamento originario.

Lo spostamento reversibile d_B dipende anche dalla velocità della deformazione impressa, in quanto per deformazioni lente la compressione sarà prossima ad una isoterma, mentre per quelle veloci sarà simile ad una adiabatica.

Con i provvedimenti correttivi adottati le caratteristiche prestazionali dei dispositivi sono mutate.

Inoltre il raddoppio del numero delle valvole di regolazione ha consentito di raggiungere la portata di circa 440 ℓ/min e quindi una velocità di 172 mm/s.

Le nuove caratteristiche dei ritegni idraulici sono riportate nella Tabella 1 alla pagina seguente

Con l'occasione sono state cambiate le denominazioni dei due tipi di dispositivi.

Le targhette in alluminio fissate sui dispositivi dopo la manutenzione e l'adeguamento riportano le nuove caratteristiche e denominazioni.

Tabella 1: Caratteristiche nominali e collocazioni dei dispositivi idraulici dell' A23 dopo le operazioni di manutenzione ed adeguamento

Viadotto	Nuova Denominazione	Capacità			Spostamento di progetto d_d	Numero di dispositivi
		Forza F_d	Corsa S_d	Velocità v_d		
		kN	± mm	mm/s	± mm	
Passerella	Tipo 1	1200	200	172	175	4 + 4
Malborghetto	Tipo 2	900	300	172	158	8 + 8
Fella 9	Tipo 2	900	300	172	158	8 + 8

La Figura 6 riporta un ritegno idraulico del Tipo 1 dopo l'intervento di manutenzione ed adeguamento.



Figura 6: Ritegno idraulico del Tipo 1 dopo l'intervento di manutenzione ed adeguamento

Durante le prove saranno registrate le seguenti grandezze:

- Forza assiale (kN)
- Spostamento (mm)
- Temperatura del cilindro (°C)
- Pressione nelle due camere (MPa)

e saranno calcolate l'EDC (kJ) l'energia E_S (kJ) reversibilmente immagazzinata negli accumulatori per la corsa $0 - d_B$,

$$E_S = \int_0^{d_B} F(s) \cdot ds$$

al fine di poter valutare la capacità di ricentraggio del sistema di isolamento secondo il criterio energetico indicato nella EN 15129.

Per il rilievo della temperatura, la termocoppia sarà inserita in un foro operato nel cilindro di diametro 2 mm e profondità 8 mm riempito con un liquido dielettrico (es. olio silconico).

Dopo ogni "run" il dispositivo dovrà essere riportato in posizione centrata senza scompensamento di pressione tra le due camere.

A tal fine sarà montato un by-pass tra queste ultime con una valvola di intercettazione.

Qui di seguito sono riportate le Test Matrices per i due tipi di Ritegni Idraulici.

Si osservi che le Time Histories per i Test # c sono state selezionate con il criterio energetico, ovvero quello di dissipare nei ritegni l'energia media che sviluppa applicando al modello matematico della struttura i 7 accelerogrammi utilizzati nell'analisi sismica.

Pertanto velocità e corse possono differire dai valori riportati nella Tabella 1.

Le soglie di sicurezza per l'attrezzatura di prova sono le seguenti:

- Forza 1400 kN per il ritegno idraulico Tipo 1
- Forza 1100 kN per il ritegno idraulico Tipo 2
- Corsa 195 mm per il ritegno idraulico Tipo 1
- Corsa 295 mm per il ritegno idraulico Tipo 2

Tabella 2: Test Matrix per il dispositivo Tipo 1

Test #	Descrizione	Corsa d_C (\pm mm)	Velocità massima (mm/s)	Frequenza (Hz)	Forma input	Cicli (#)
a	Rilievo dei punti caratteristici a bassa velocità	175	1	-	triangolare	1
b	Velocità incrementali	175	43 86 172	0,039 0,078 0,157	sinusoidale	1 x 3
c	Verifica al sisma di progetto	-	-	-	Time history del Passerella	-
d	Eventuali test supplementari	-	-	-	-	-

Tabella 3: Test Matrix per il dispositivo Tipo 2

Test #	Descrizione	Corsa d_C (\pm mm)	Velocità massima (mm/s)	Frequenza (Hz)	Forma input	Cicli (#)
a	Rilievo dei punti caratteristici a bassa velocità	158	1	-	triangolare	1
b	Velocità incrementali	158	43 86 172	0,043 0,087 0,173	sinusoidale	1 x 3
c	Verifica al sisma di progetto	-	-	-	Time history del Malborghetto	-
d	Eventuali test supplementari	-	-	-	-	-

3.- Criteri di valutazione

Il grado di riempimento con il fluido idraulico dell'intero ritegno viene rilevato con lo spostamento d_A che dovrà risultare inferiore a 7 mm per il dispositivo Tipo 1 e 11 mm per il dispositivo Tipo 2

L'accuratezza del precarico degli accumulatori viene rilevata dallo scostamento della forza F_A che dovrà risultare inferiore al 5 % dai valori nominali di 770 kN per il dispositivo Tipo 1 e di 300 kN per il dispositivo Tipo 2.

Il grado di degasaggio del fluido idraulico viene rilevato da un eventuale progressivo aumento di d_A che nell'ultimo run dei test b dovrà essere inferiore a 10 mm per il dispositivo Tipo 1 e 14 mm per il dispositivo Tipo 2.

L'accuratezza della regolazione delle valvole di controllo viene rilevata dallo scostamento della forza F_d che dovrà risultare inferiore al 7 % dai valori nominali di 1200 kN per il dispositivo Tipo 1 e di 600 kN per il dispositivo Tipo 2.

La Tabella 4 riporta i criteri di valutazione di cui sopra ed i valori nominali degli spostamenti d_B nelle due condizioni limite di compressione adiabatica ed isoterma.

Tabella 4: Criteri di Valutazione dei risultati sperimentali

Dispositivo	d_A (mm)		F_A (kN)	F_d (kN)	$d_B - d_A$ (mm)	
	1° ciclo	ultimo ciclo			isoterma	adiabatica
Tipo 1	7	10	$770 \pm 5\%$	$1200 \pm 7\%$	65	50
Tipo 2	11	14	$300 \pm 5\%$	$900 \pm 7\%$	122	100