



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,  
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



*Ministero dello Sviluppo Economico*

## RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

# Determinazione sperimentale delle caratteristiche di isolatori sismici in scala

*A. Poggianti, M. Forni*



DETERMINAZIONE SPERIMENTALE DELLE CARATTERISTICHE DI ISOLATORI SISMICI IN SCALA

A. Poggianti ENEA, M. Forni ENEA

Settembre 2010

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Produzione e fonti energetiche

Tema: Nuovo Nucleare da Fissione

Responsabile Tema: Stefano Monti, ENEA

**Titolo**

Determinazione sperimentale delle caratteristiche di isolatori sismici in scala

**Descrittori**

**Tipologia del documento:** Rapporto tecnico/Technical Report

**Collocazione contrattuale:** Accordo di programma ENEA-MSE: tema di ricerca "Nuovo Nucleare da Fissione"

**Argomenti trattati:** Reattori nucleari ad acqua, Sismica

**Sommario**

Il documento raccoglie e presenta i risultati delle prove condotte sugli isolatori sismici in scala 1/2 espressamente progettati per il reattore IRIS.

Note

Copia n.

In carico a:

2			NOME			
			FIRMA			
1			NOME			
			FIRMA			
0	EMISSIONE	28/09/2010	NOME	A. Poggianti	M. Forni	S. Monti
			FIRMA			
REV.	DESCRIZIONE	DATA		REDAZIONE	CONVALIDA	APPROVAZIONE

## Indice

Introduzione.....	3
Prove CESI ISMES.....	4
Prove FIP Industriale .....	6
Riferimenti .....	8

## Introduzione

Con lo scopo di verificare le caratteristiche meccaniche di progetto e raccogliere dati per le “fragility analysis” sono state condotte due campagne sperimentali su isolatori in scala  $\frac{1}{2}$  presso i laboratori CESI – ISMES e presso la società FIP Industriale, che ha prodotto gli isolatori stessi.

La riduzione in scala, permessa comunque dalle normative, si è resa necessaria per l'impossibilità di raggiungere i limiti di carico e gli spostamento imposti dalle prove su isolatori a piena scala, utilizzando le attrezzature disponibili.

La campagna sperimentale presso i laboratori CESI - ISMES, condotta su sei isolatori, aveva lo scopo di testare il comportamento degli isolatori in condizioni statiche e dinamiche simili a quelle di progetto; in dettaglio sono state condotte prove per determinare:

- Rigidezza verticale  $K_v$
- Rigidezza orizzontale  $K_o$  e sua variazione con la frequenza
- Smorzamento equivalente  $\xi$
- Capacità di sostenere carichi verticali di trazione.

Le prove sono state realizzate sull'attrezzatura di prova CAT, di proprietà dell'ENEA. La descrizione delle procedure di prova e i risultati ottenuti sono riportati in dettaglio nel rapporto di prova elaborato da CESI [1].

Le prove condotte presso i laboratori della FIP Industriale avevano lo scopo di applicare agli isolatori carichi orizzontali e verticali superiori ai valori di progetto, per verificare fino a quale deformazione l'isolatore fosse in grado di mantenere le proprie caratteristiche, e in caso di rottura, se fosse ancora in grado di sostenere il carico verticale.

Due test sono stati realizzati; nel primo sono stati testati due isolatori contemporaneamente, secondo la configurazione standard adottata nei test presso la FIP. Nel secondo test si è testato un solo isolatore in una configurazione che comportava alcuni problemi per l'attrezzatura di prova, ma che consentiva di applicare un carico doppio sul singolo isolatore. Anche in questo caso la descrizione delle procedure di prova e i risultati ottenuti sono riportati in dettaglio nel rapporto di prova elaborato da FIP [2].

## Prove CESI ISMES

La lista dei test effettuati presso CESI – ISMES e i risultati ottenuti sono riassunti nelle due tabelle di seguito.

### TEST LIST

Serial number	Type of test	Vertical load	Horiz. load	Application load velocity Notes	Reference figures
IT00462F	Vertical stiffness	3000 kN	–	15 kN/sec	5
	Quasi static horizontal stiffness	2000 kN	± 25 mm ± 50 mm	25 mm/min	6
	Dynamic horizontal stiffness	2000 kN	± 50 mm	0,1 Hz 0,5 Hz 1 Hz 1,5 Hz	7 8 9 10
	Required by the Client	2000 kN	± 75 mm	0,5 Hz	11
IT00463F	Vertical stiffness	3000 kN	–	15 kN/sec	12
	Quasi static horizontal stiffness	2000 kN	± 25 mm ± 50 mm	25 mm/min	13
IT00464F	Vertical stiffness	3000 kN	–	15 kN/sec	14
	Quasi static horizontal stiffness	2000 kN	± 25 mm ± 50 mm	25 mm/min	15
	Sinusoidal test	2000 kN	± 2,5 mm	0,5 Hz	16
			± 5 mm		17
			± 10 mm		18
± 25 mm			19		
± 50 mm			20		
± 75 mm	21				
Tensile test	-100 kN	± 50 mm	0,1 Hz	22	
IT00465F	Vertical stiffness	3000 kN	–	15 kN/sec	23
	Quasi static horizontal stiffness	2000 kN	± 25 mm ± 50 mm	25 mm/min	24
	Dynamic horizontal stiffness	2000 kN	± 50 mm	0,1 Hz	25
				0,5 Hz	26
1 Hz				27	
1,5 Hz				28	
IT00466F	Vertical stiffness	3000 kN	–	15 kN/sec	29
	Quasi static horizontal stiffness	2000 kN	± 25 mm ± 50 mm	25 mm/min	30
	Sinusoidal test	2000 kN	± 2,5 mm	0,5 Hz	31
			± 5 mm		32
			± 10 mm		33
			± 25 mm		34
± 50 mm			35		
± 75 mm			36		
IT00467F	Vertical stiffness	3000 kN	–	15 kN/sec	37
	Quasi static horizontal stiffness	2000 kN	± 25 mm ± 50 mm	25 mm/min	38

**TEST RESULTS**

Device	K <sub>v</sub> [kN/mm]	Test frequency [Hz or mm/min]	Test displacement [% shear strain]	K <sub>o</sub> [N/mm]	ξ [%]
<b>IT00462F</b>	4283	25 mm/min	100	4534	8,77
		0,5 Hz	100	4618	10,46
				4778	10,67
				4596	10,75
				4506	11,24
				4181	9,84
<b>IT00463F</b>	3942	25 mm/min	100	4485	8,66
<b>IT00464F</b>	4022	25 mm/min	100	4463	8,68
		0,5 Hz	5	11943	16,23
			10	9328	15,64
			20	7973	13,34
			50	5622	11,51
			100	5101	10,58
			150	4844	9,83
<b>IT00465F</b>	4165	25 mm/min	100	4463	8,68
		0,5 Hz	100	4675	10,52
				4831	10,76
				4444	10,48
				4563	10,61
<b>IT00466F</b>	4082	25 mm/min	100	4524	8,80
		0,5 Hz	5	14000	15,90
			10	10529	15,08
			20	8195	13,95
			50	5756	12,83
			100	5034	10,67
			150	4766	10,11
<b>IT00467F</b>	4217	25 mm/min	100	4472	8,89

Le prove hanno dimostrato l'ottimo comportamento di tutti gli isolatori testati, con i valori delle grandezze caratteristiche molto simili a quelli di progetto e uniformi tra tutti gli isolatori, dimostrando affidabilità e riproducibilità delle prestazioni previste a progetto. Particolare attenzione ha richiesto la prova di trazione verticale in quanto non prevista tra le usuali procedure di prova effettuabili sulla macchina utilizzata.



Attrezzatura di prova



Isolatore in prova

## Prove FIP Industriale

La tabella delle prove condotte presso la FIP Industriale è riportata qui di seguito.

**Isolatore SI-H 500/50**

Diametro gomma	500	mm	Diametro lamierino	480	mm
Area gomma	196350	mm <sup>2</sup>	Area ridotta	180956	mm <sup>2</sup>
V <sub>max</sub>	6200	kN	V <sub>min</sub>	0	kN
D <sub>E</sub> =1,2 d <sub>2</sub>		mm	d <sub>2SLC</sub>	50	mm
t <sub>e</sub>	50	mm			
G <sub>din</sub>	1.4	MPa			
K <sub>e</sub>	5.50	kN/mm			

Prova	Isolatore	Pressione verticale MPa	Carico verticale kN	Spostamento mm	Cicli n°	Test rate	Carico orizzontale previsto kN	Nota
Compressione verticale	IT 466F	34	6200		2	5 MPa/min		1 ciclo assestamento + prova a 5 MPa/min
Compressione verticale fino a rottura		120	21715		1			Pressione verticale di rottura ipotetica
Prova di taglio fino a rottura	IT 462F-465F IT 463F-467F	11.1	2000	25	3	1 mm/s	275	0.5 t <sub>e</sub>
				50	3		550	t <sub>e</sub>
				75	3		825	1.5 t <sub>e</sub>
				100	3		1100	2 t <sub>e</sub>
				125	3		1374	2.5 t <sub>e</sub>
				150	3		1649	3 t <sub>e</sub> (se ancora integri)
175	3	1924	3.5 t <sub>e</sub> (se ancora integri)					
200	3	2199	4 t <sub>e</sub> (se ancora integri)					

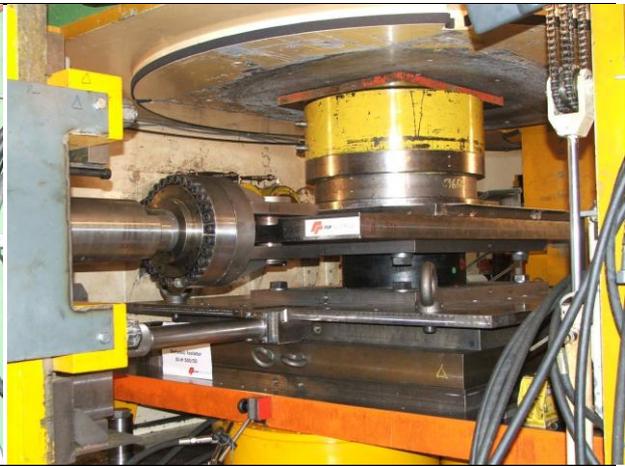
Nella prova di carico verticale l'isolatore è stato sottoposto per due cicli fino al carico massimo ammissibile (circa 3 volte il carico di progetto) ed è poi proseguita fino ad applicare un carico pari ad oltre 10 volte il carico di progetto. L'isolatore, pur deformandosi in maniera estrema, ha mantenuto la capacità di supportare il carico verticale.



Isolatore prima e dopo la prova di carico verticale e sua sezione



Configurazione 1



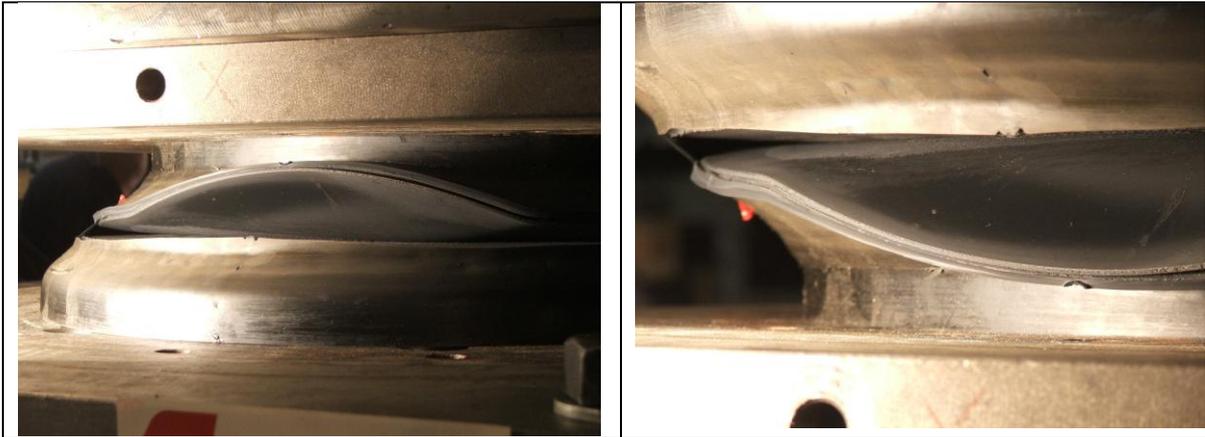
Configurazione 2

Nelle prove di taglio, la configurazione standard, che prevede di testare due isolatori contemporaneamente, ha consentito di raggiungere oltre il 300% di spostamento senza provocare nessun tipo di danno sull'isolatore, prima di raggiungere il limite massimo di forza del pistone orizzontale.

Per questo si è deciso di cambiare la configurazione, testando un solo isolatore, in modo da poter raggiungere spostamenti maggiori con lo stesso carico orizzontale. Questa configurazione ha richiesto particolare attenzione nello svolgimento della prova consentendo di applicare gli spostamenti più grandi solo in trazione per evitare possibili rotazioni delle piastre di ancoraggio e conseguente disassamento del pistone in fase di spinta.

In questo modo si è raggiunta la rottura per distacco di una delle piastre dalla gomma al raggiungimento di una deformazione di 175mm, pari al 350% dello spostamento di progetto.

Queste prove hanno quindi dimostrato come ci si possa aspettare un margine di sicurezza sulla deformazione di progetto di almeno un fattore 3 prima della rottura.



Rottura isolatore

## Riferimenti

[1] Rapporto di prova CESI B0020266 – Doc ENEA XCESI – LP2 – 001

[2] Rapporto di prova FIP Industriale VP 59/10 – Doc ENEA XFIP – LP2 – 001