




CNR IBE – Via F. Biagi n. 75, San Michele all'Adige – Trento T. 0461 660111 Fax 0461 650045


CNR - IBE	
<b>U 0001995</b>	<b>31/10/2019</b>
	

<b>LABORATORIO PROVE MECCANICHE</b>
<b>RAPPORTO TECNICO n. 07/01/2019</b>
San Michele all'Adige, 06/06/2019

COMMITTENTE:	<b>SOLTECH srl</b> Via F.lli Mengaroni, 7 61025 Montellabbate (PU) Tel. 0721 498461 Fax 0721 908245
PRODUTTORE:	SOLTECH srl Via F.lli Mengaroni, 7 61025 Montellabbate (PU)
OGGETTO:	test monotoni e ciclici su viti da legno in relazione alla revisione normativa della EN14592
DIMENSIONI NOMINALI:	viti da legno diametro 6 mm, 8 mm, 10 mm e 12 mm di diversa lunghezza e spinotti da legno diametro 12mm e lunghezza 300mm

<b>PROVE ESEGUITE</b> Test eseguiti secondo le indicazioni della FprEN 14592:2017 "Strutture di legno. Elementi di collegamento di forma cilindrica. Requisiti"
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

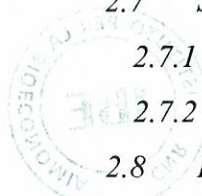
DATA ACCETTAZIONE PREVENTIVO: 27/02/2019
DATA INIZIO PROVE: 29/03/2019      DATA FINE PROVE: 18/04/2019
CONDIZIONI AMBIENTALI DEL LABORATORIO: Temperatura (10-30)°C Umidità (25-75)%

IL PRESENTE RAPPORTO DI PROVA E' COMPOSTO DA: n°46 pagine di rapporto di prova
PERSONALE CHE HA SVOLTO LA PROVA Mario Pinna Diego Magnago Daniele Casagrande
DIRETTORE TECNICO Andrea Polastri 


La riproduzione del presente documento è ammessa solo in copia conforme integrale

## Indice

INDICE .....	2
1. MATERIALI E METODI.....	4
1.1 Connettori testati.....	4
1.2 Setup e protocollo di prova .....	4
1.2.1 Test monotoni.....	6
1.2.2 Test ciclici .....	7
2. RISULTATI.....	9
2.1 Viti WBS 6×100.....	9
2.1.1 Test monotoni.....	9
2.1.2 Test ciclici - classe S3.....	9
2.1.3 Test ciclici - classe S2.....	10
2.2 Viti BSF 8×240.....	11
2.2.1 Test monotoni.....	11
2.2.2 Test ciclici - classe S3.....	11
2.3 Viti BSF 10×300.....	12
2.3.1 Test monotoni.....	12
2.3.2 Test ciclici - classe S3.....	13
2.4 Viti BSF 12×300.....	13
2.4.1 Test monotoni.....	13
2.4.2 Test ciclici - classe S3.....	14
2.5 SPINOTTI 12 mm Tipo #1.....	15
2.5.1 Test monotoni.....	15
2.5.2 Test ciclici - classe S3.....	16
2.6 Spinotti 12 mm Tipo #2 .....	16
2.6.1 Test monotoni.....	16
2.6.2 Test ciclici - classe S3.....	17
2.7 Spinotti 12 mm Tipo #3 .....	17
2.7.1 Test monotoni.....	17
2.7.2 Test ciclici - classe S3.....	18
2.8 RIASSUNTO DEI RISULTATI.....	19
3. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....	20



4.	CURVE SPERIMENTALLI.....	24
4.1	Viti WBS 6×100.....	24
4.1.1	Test monotoni.....	24
4.1.2	Test ciclici – S3.....	25
4.1.3	Test ciclici – S2.....	27
4.2	Viti BSF 8×240.....	29
4.2.1	Test monotoni.....	29
4.2.2	Test ciclici.....	31
4.3	Viti BSF 10×300.....	32
4.3.1	Test monotoni.....	32
4.3.2	Test ciclici.....	34
4.4	Viti BSF 12×300.....	36
4.4.1	Test monotoni.....	36
4.4.2	Test ciclici.....	37
4.5	Spinotti 12x300 Tipo #1.....	39
4.5.1	Test monotoni.....	39
4.5.2	Test ciclici.....	41
4.6	Spinotti 12x300 Tipo #2.....	42
4.6.1	Test monotoni.....	42
4.6.2	Test ciclici.....	44
4.7	Spinotti 12x300 #3.....	45
4.7.1	Test monotoni.....	45
4.7.2	Test ciclici.....	46



## 1. MATERIALI E METODI

Il presente rapporto di prove riassume i risultati dei test a flessione eseguiti su connettori a gambo cilindrico al fine di determinarne le prestazioni sismiche e la classe di duttilità in accordo al punto 5.5 della prEN 14592:2017.

### 1.1 Connettori testati

I test sono stati effettuati su viti a filetto parziale del tipo WBS 6x240 mm, viti a filetto intero del tipo BSF 8x240 mm, 10x300 mm, 12x300 mm e spinotti a lisci 12x300 mm, le cui caratteristiche geometriche e meccaniche, nonché il numero di lotto/codice, sono riportate nella tabella seguente. Le viti e gli spinotti testati sono stati forniti dal Committente.

Connettore	Diametro nominale $d$ [mm]	Diametro gambo $d_s$ [mm]	Diametro nocciolo $d_2$ [mm]	n. lotto	codice
Vite WBS 6x100	6	4.25	4.00	1801055-16	1656200
Vite BSF 8x240	8	-	5.20	1801055-32	BSF08240
Vite BSF 10x300	10	-	6.20	1801055-35	BSF10300
Vite BSF 12x300	12	-	7.00	1409055-11	BSF12300
Spinotto liscio 12x300 (Tipo #1) – SPC 235	12	-	-	18	13012300
Spinotto liscio 12x300 (Tipo #2) – SPC 355	12	-	-	19	13112300
Spinotto liscio 12x300 (Tipo #3) – SPC 235	12	-	-	19	13012300

### 1.2 Setup e protocollo di prova

I test sono stati condotti in accordo con le indicazioni dell'Allegato E della prEN 14592:2017. Tutti i test sono stati eseguiti in controllo di rotazione (ovvero in controllo dello spostamento verticale in mezzzeria del connettore  $V_c$ ) secondo uno schema statico di flessione a tre punti, come riportato in Figura 1. Sono state effettuate due tipologie di prova: test monotoni (M) e test ciclici (C).

Le prove meccaniche sono state effettuate utilizzando la macchina prova materiali INSTRON (LPM002) dotata di una cella di carico (LPM002) da  $\pm 300$  kN. Tutti i test, sia monotoni che ciclici,

sono stati condotti in una durata temporale pari a  $300 \text{ s} \pm 60\text{s}$ . La lunghezza del supporto  $l_b$  e il diametro del mandrino  $d_m$  sono stati assunti rispettivamente pari a  $15d$  e  $2d$ .

Connettore	$l_b$ [mm]	$d_m$ [mm]
WBS 6x200	90	12
BSF 8x240	120	16
BSF 10x300	150	20
BSF 12x300	180	24
SPINOTTO d12	180	24

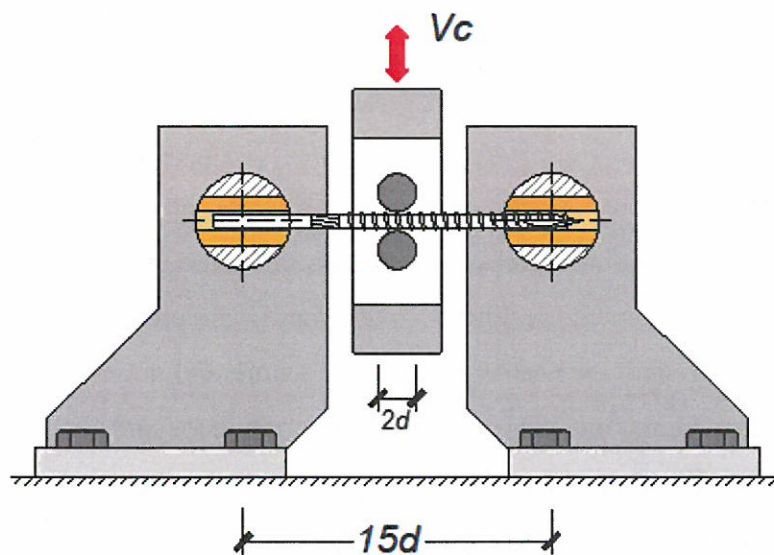


Figura 1: Schema del setup di prova

Come riportato in Figura 2, l'angolo di flessione  $\alpha_c$  è stato ricavato dallo spostamento imposto  $V_c$  secondo la relazione seguente:

$$\alpha_c = 2 \cdot \tan^{-1} \left( \frac{2 \cdot V_c}{l_b} \right)$$

Il momento flettente massimo in mezzera del connettore è stato calcolato dal valore del carico  $F$  come:

$$M = \frac{F \cdot l_b}{4}$$



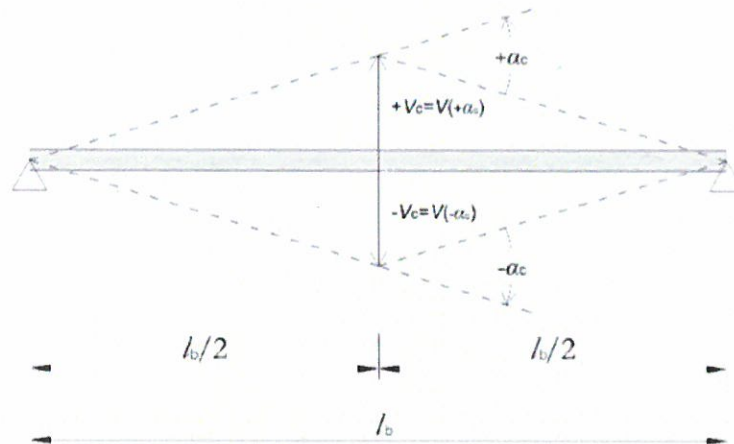


Figura 2: schema statico -flessione su tre punti.

### 1.2.1 Test monotoni

I test a carico crescente di tipo monotono sono stati effettuati al fine di determinare il valore del momento a snervamento medio  $M_{y,m}$  del connettore da utilizzare come valore di riferimento per il confronto con il valore del momento residuo  $M_{res}$  derivante della prova ciclica (Figura 3).

In accordo al punto 5.5 della prEN14592:2017, il valore del momento a snervamento  $M_y$  è determinato da un test monotono come il valore di momento corrispondente ad un angolo di flessione  $\alpha$  [°] pari a  $45/d^{0.7}$  con  $d$  in [mm].

Tutti i test sono stati condotti al fine di raggiungere un valore massimo di rotazione pari al valore di angolo ultimo  $\alpha_u$  assunto pari a  $45^\circ$  per connettori con diametro  $d \leq 8$  mm e pari a  $30^\circ$  per connettori con diametro  $d > 8$  mm, verificando la rottura o meno del connettore a tale valore di angolo di flessione.

Per le viti i test sono stati condotti in modo tale da sottoporre la parte filettata della vite a momento massimo in mezzzeria.

Vite	$d$ [mm]	$\alpha$ [°]	$\alpha_u$ [°]
WBS 6x200	6	12.84	45.00
BSF 8x240	8	10.50	45.00
BSF 10x300	10	8.98	30.00
BSF 12x300	12	7.90	30.00
SPINOTTO	12	7.90	30.00



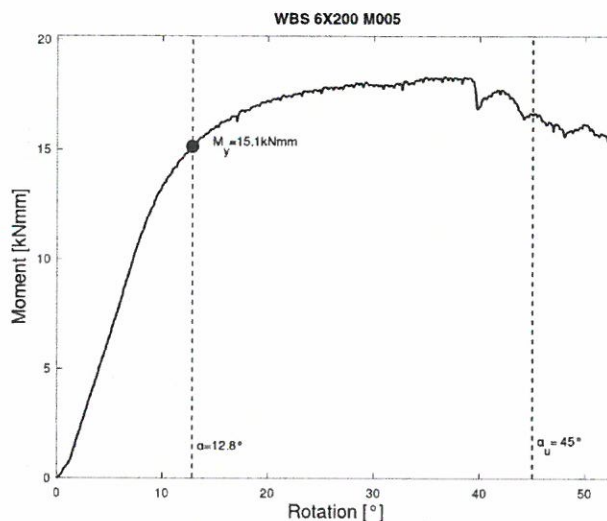


Figura 3: Curva momento rotazione risultante da un test monotono per il test WBS 6x200 M005

### 1.2.2 Test ciclici

In accordo con l'Allegato E della prEN 14592:2017, il protocollo di prova dei test ciclici prevede l'esecuzione di tre cicli completi ad un'ampiezza  $\alpha_c$ , fissata in funzione della classe di performance sismica analizzata, seguiti da una rampa monotona fino alla rotazione ultima  $\alpha_u$ , definita nella sezione precedente, Figura 4.

Per ciascuna classe di duttilità sismica,  $\alpha_c$  è definito come segue:

Classe di duttilità	$\alpha_c$
S1 (bassa)	$\alpha$
S2 (media)	$1.5 \alpha$
S3 (alta)	$2 \alpha$

dove  $\alpha$  è l'angolo di flessione corrispondente allo snervamento del connettore definito nella sezione precedente.

Vite	d [mm]	$\alpha_c$ [°]		
		S1	S2	S3
WBS 6x200	6	12.84	19.26	25.68
BSF 8x240	8	10.50	15.75	21.00
BSF 10x300	10	8.98	13.47	17.96
BSF 12x300	12	7.90	11.85	15.81
SPINOTTO	12	7.90	11.85	15.81



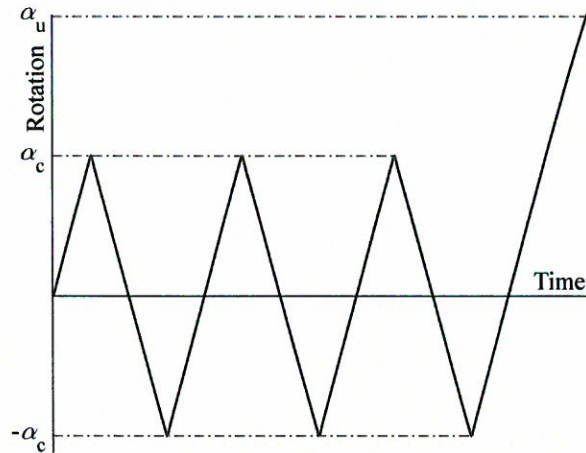


Figura 4: Protocollo di prova utilizzato in un test ciclico secondo la prEn 14592:2017

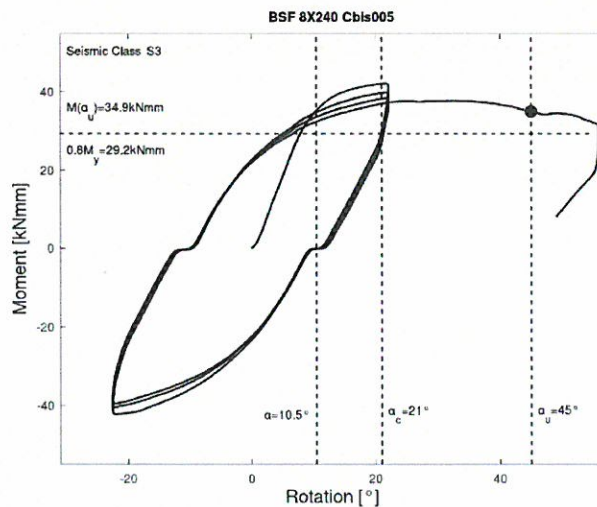


Figura 5: Curva momento rotazione risultante da un test ciclico per il test BSF 8x240 C005

Condizione necessaria per il superamento di un test ciclico è il raggiungimento della rotazione ultima  $\alpha_u$  (a seguito dei tre cicli ripetuti e della rampa monotona) senza la rottura del campione, Figura 5. E' altresì necessario verificare che il valore di momento residuo  $M_{res}$ , associato alla rotazione ultima  $\alpha_u$ , sia maggiore o uguale dell'80% del momento di snervamento medio  $M_{y,m}$  ottenuto dai test monotoni:  $M_{res} = M(\alpha_u) \geq 0.8M_{y,m}$

Nel caso cui un campione non completi l'intero test ciclico, o il momento residuo non rispetti la condizione precedente, il test deve essere ripetuto assumendo l'angolo di flessione  $\alpha_c$  relativo ad una classe di duttilità inferiore.

## 2. RISULTATI

Di seguito si riportano i risultati dei test condotti per ciascuna tipologia di connettore e le tabelle riassuntive con le informazioni estratte dalle curve di carico. I valori medi e i coefficienti di variazione riportati nelle tabelle sono calcolati sul base del numero totale di test condotti.

### 2.1 Viti WBS 6×100

#### 2.1.1 Test monotoni

Si riportano i valori di momento a snervamento corrispondenti ad un angolo di flessione  $\alpha$  pari a 12.84°. Tutti test sono stati condotti al fine di raggiungere un angolo di flessione superiore al valore di rotazione ultimo  $\alpha_u$  pari a 45°.

Test [-]	$M_y$ [kNmm]	$\alpha_u$ [°]	Rottura ad $\alpha_u$ [-]
WB 6X200 M001	14,7	45	no
WB 6X200 M002	14,6	45	no
WB 6X200 M003	14,7	45	no
WB 6X200 M004	14,8	45	no
WB 6X200 M005	15,1	45	no
WB 6X200 M006	14,8	45	no
WB 6X200 M007	14,9	45	no
WB 6X200 M008	15,3	45	no
WB 6X200 M009	14,9	45	no
WB 6X200 M010	14,4	45	no



Il valore medio del momento a snervamento  $M_{y,m}$  è pari a **14.82 kNmm** con un coefficiente di variazione pari a 1.71%. In tutti i test, le viti hanno raggiunto una rotazione a flessione pari a 45° senza alcuna rottura. Tutti i grafici inerenti ai vari test sono riportati in seguito.

Il valore di riferimento da utilizzare nelle prove cicliche pari a  $0.8 M_{y,m}$  è dunque pari a **11.86 kNmm**.

#### 2.1.2 Test ciclici - classe S3

I test ciclici sono stati condotti assumendo una classe di duttilità S3. Il valore di rotazione a flessione dei tre cicli  $\alpha_c$  è stato assunto per tanto uguale a 25.68° mentre il valore di rotazione ultimo  $\alpha_u$  pari risulta pari 45°. Per ciascun test si riporta il valore del momento residuo  $M_{res} = M(\alpha_u)$  che dovrà risultare maggiore di  $0.8M_{y,m} = 11.86$  kNmm.

Test	$\alpha_c$	$\alpha_u$	$M_{res}$	Rottura ad $\alpha_u$	$M_{res} \geq 0.8 M_{y,m}$
[-]	[°]	[°]	[kNmm]	[-]	[-]
WB 6X200 C001	25.7	45	8,64	SI	NO
WB 6X200 C002	25.7	45	15,60	no	si
WB 6X200 C003	25.7	45	15,40	no	si
WB 6X200 C004	25.7	45	15,40	no	si
WB 6X200 C005	25.7	45	13,30	no	si
WB 6X200 C006	25.7	45	16,30	no	si
WB 6X200 C007	25.7	45	0,17	SI	NO
WB 6X200 C008	25.7	45	16,50	no	si
WB 6X200 C009	25.7	45	16,20	no	si
WB 6X200 C010	25.7	45	16,60	no	si

Il valore medio del momento residuo  $M_{res}$  è pari a 13.41 kNmm. In due test le viti non hanno raggiunto una rotazione a flessione pari a 45° secondo i criteri richiesti. Tutti i relativi grafici inerenti ai vari test sono riportati seguito.

### 2.1.3 Test ciclici - classe S2

Poiché due viti hanno raggiunto la rottura in classe S3, i test ciclici sono stati ripetuti assumendo una classe di duttilità S2. Il valore di rotazione a flessione dei tre cicli  $\alpha_c$  è stato assunto per tanto uguale a 19.26° mentre il valore di rotazione ultimo  $\alpha_u$  pari risulta pari 45°. Per ciascun test si riporta il valore del momento residuo  $M_{res} = M(\alpha_u)$  che dovrà risultare maggiore di  $0.8M_{y,m} =$

11.86 kNmm.

Test	$\alpha_c$	$\alpha_u$	$M_{res}$	Rottura ad $\alpha_u$	$M_{res} \geq 0.8 M_{y,m}$
[-]	[°]	[°]	[kNmm]	[-]	[-]
WB 6X200 C011	19,26	45	15,70	no	si
WB 6X200 C012	19,26	45	16,90	no	si
WB 6X200 C013	19,26	45	16,20	no	si
WB 6X200 C014	19,26	45	15,10	no	si
WB 6X200 C015	19,26	45	17,10	no	si
WB 6X200 C016	19,26	45	17,10	no	si
WB 6X200 C017	19,26	45	16,30	no	si
WB 6X200 C018	19,26	45	15,80	no	si
WB 6X200 C019	19,26	45	16,80	no	si
WB 6X200 C020	19,26	45	17,10	no	si



Il valore medio del momento residuo  $M_{res}$  è pari a 16.41 kNmm con un coefficiente di variazione pari a 4.29 %. In tutti i test, le viti hanno raggiunto una rotazione a flessione pari a 45° senza alcuna

rottura ed è stato ottenuto un valori di  $M_{res}$  maggiore di  $0.8M_{y,m}$ . Tutti i grafici inerenti ai vari test sono riportati in seguito.

## 2.2 Viti BSF 8×240

### 2.2.1 Test monotoni

Si riportano i valori di momento a snervamento corrispondenti ad un angolo di flessione  $\alpha$  pari a  $10.50^\circ$ . Tutti test sono stati condotti al fine di raggiungere un angolo di flessione superiore al valore di rotazione ultimo  $\alpha_u$  pari a  $45^\circ$ .

Test [-]	$M_y$ [kNmm]	$\alpha_u$ [°]	Rottura ad $\alpha_u$ [-]
BSF 8X240 M001	36,2	45	no
BSF 8X240 M002	36,9	45	no
BSF 8X240 M003	36,6	45	no
BSF 8X240 M004	37,4	45	no
BSF 8X240 M005	36,5	45	no
BSF 8X240 M006	36,3	45	no
BSF 8X240 M007	37,3	45	no
BSF 8X240 M008	35,5	45	no
BSF 8X240 M009	36,3	45	no
BSF 8X240 M010	36,3	45	no

Il valore medio del momento a snervamento  $M_{y,m}$  è pari a **36.53 kNmm** con un coefficiente di variazione pari a 1.53 %. In tutti i test, le viti hanno raggiunto una rotazione a flessione pari a  $45^\circ$  senza alcuna rottura. Tutti i grafici inerenti ai vari test sono riportati in seguito.

Il valore di riferimento da utilizzare nelle prove cicliche pari a  $0.8 M_{y,m}$  è dunque pari a **29.22 kNmm**.

### 2.2.2 Test ciclici - classe S3

I test ciclici sono stati condotti assumendo una classe di duttilità S3. Il valore di rotazione a flessione dei tre cicli  $\alpha_c$  è stato assunto per tanto uguale a  $21^\circ$  mentre il valore di rotazione ultimo  $\alpha_u$  pari risulta pari  $45^\circ$ . Per ciascun test si riporta il valore del momento residuo  $M_{res} = M(\alpha_u)$  che dovrà risultare maggiore di  $0.8M_{y,m} = 29.22$  kNmm.



Test	$\alpha_c$	$\alpha_u$	$M_{res}$	Rottura ad $\alpha_u$	$M_{res} \geq 0.8 M_{y,m}$
[-]	[°]	[°]	[kNmm]	[-]	[-]
BSF 8X240 C001	21	45	34,60	no	si
BSF 8X240 C002	21	45	34,00	no	si
BSF 8X240 C003	21	45	34,80	no	si
BSF 8X240 C004	21	45	34,60	no	si
BSF 8X240 C005	21	45	34,90	no	si
BSF 8X240 C006	21	45	33,90	no	si
BSF 8X240 C007	21	45	34,50	no	si
BSF 8X240 C008	21	45	35,80	no	si
BSF 8X240 C009	21	45	33,90	no	si
BSF 8X240 C010	21	45	33,30	no	si

Il valore medio del momento residuo  $M_{res}$  è pari a 34.43 kNmm con un coefficiente di variazione pari a 2.01 %. In tutti i test, le viti hanno raggiunto una rotazione a flessione pari a 45° senza alcuna rottura ed è stato ottenuto un valori di  $M_{res}$  maggiore di  $0.8M_{y,m}$ . Tutti i relativi grafici inerenti ai vari test sono riportati in seguito.

## 2.3 Viti BSF 10×300

### 2.3.1 Test monotoni

Si riportano i valori di momento a snervamento corrispondenti ad un angolo di flessione  $\alpha$  pari a 8.98°. Tutti test sono stati condotti al fine di raggiungere un angolo di flessione superiore al valore di rotazione ultimo  $\alpha_u$  pari a 30°.

Test	$M_y$	$\alpha_u$	Rottura ad $\alpha_u$
[-]	[kNmm]	[°]	[-]
BSF 10X300 M001	56,8	30	no
BSF 10X300 M002	54,6	30	no
BSF 10X300 M003	55,2	30	no
BSF 10X300 M004	54,9	30	no
BSF 10X300 M005	56	30	no
BSF 10X300 M006	57,5	30	no
BSF 10X300 M007	58,4	30	no
BSF 10X300 M008	58,2	30	no
BSF 10X300 M009	57,3	30	no
BSF 10X300 M010	56,7	30	no



Il valore medio del momento a snervamento  $M_{y,m}$  è pari a **56.56 kNmm** con un coefficiente di variazione pari a 1.58 %. In tutti i test, le viti hanno raggiunto una rotazione a flessione pari a 30° senza alcuna rottura.

Tutti i relativi grafici inerenti ai vari test sono riportati in Allegato.

Il valore di riferimento da utilizzare nelle prove cicliche pari a  $0.8 M_{y,m}$  è dunque pari a **45.25 kNmm**.

### 2.3.2 Test ciclici - classe S3

I test ciclici sono stati condotti assumendo una classe di duttilità S3. Il valore di rotazione a flessione dei tre cicli  $\alpha_c$  è stato assunto per tanto uguale a 17.96° mentre il valore di rotazione ultimo  $\alpha_u$  pari risulta pari 30°. Per ciascun test si riporta il valore del momento residuo  $M_{res} = M(\alpha_u)$  che dovrà risultare maggiore di  $0.8M_{y,m} = 40.32$  kNmm.

Test [-]	$\alpha_c$ [°]	$\alpha_u$ [°]	$M_{res}$ [kNmm]	Rottura ad $\alpha_u$ [-]	$M_{res} \geq 0.8 M_{y,m}$ [-]
BSF 10X300 C001	17.96	30	65,20	no	si
BSF 10X300 C002	17.96	30	64,40	no	si
BSF 10X300 C003	17.96	30	64,20	no	si
BSF 10X300 C004	17.96	30	67,20	no	si
BSF 10X300 C005	17.96	30	65,00	no	si
BSF 10X300 C006	17.96	30	64,30	no	si
BSF 10X300 C007	17.96	30	67,00	no	si
BSF 10X300 C008	17.96	30	64,60	no	si
BSF 10X300 C009	17.96	30	63,10	no	si
BSF 10X300 C010	17.96	30	66,00	no	si

Il valore medio del momento residuo  $M_{res}$  è pari a 65.10 kNmm con un coefficiente di variazione pari a 1.83%. In tutti i test, le viti hanno raggiunto una rotazione a flessione pari a 30° senza alcuna rottura ed è stato ottenuto un valore di  $M_{res}$  maggiore di  $0.8M_{y,m}$ . Tutti i grafici inerenti ai vari test sono riportati in seguito.



## 2.4 Viti BSF 12×300

### 2.4.1 Test monotoni

Si riportano i valori di momento a snervamento corrispondenti ad un angolo di flessione  $\alpha$  pari a 7.90°. Tutti test sono stati condotti al fine di raggiungere un angolo di flessione superiore al valore di rotazione ultimo  $\alpha_u$  pari a 30°.

Test	$M_y$	$\alpha_u$	Rottura ad $\alpha_u$
------	-------	------------	-----------------------

[-]	[kNmm]	[°]	[-]
BSF 12X300 M001	52,7	30	no
BSF 12X300 M002	56,0	30	no
BSF 12X300 M003	53,3	30	no
BSF 12X300 M004	53,2	30	no
BSF 12X300 M005	54,1	30	no
BSF 12X300 M006	52,5	30	no
BSF 12X300 M007	52,6	30	no
BSF 12X300 M008	55,4	30	no
BSF 12X300 M009	55,7	30	no
BSF 12X300 M010	53,2	30	no

Il valore medio del momento a snervamento  $M_{y,m}$  è pari a **53.87 kNmm** con un coefficiente di variazione pari a 2.50 %. In tutti i test, le viti hanno raggiunto una rotazione a flessione pari a 30° senza alcuna rottura.

Tutti i grafici inerenti ai vari test sono riportati in seguito. Il valore di riferimento da utilizzare nelle prove cicliche pari a  $0.8 M_{y,m}$  è dunque pari a **43.10 kNmm**.

#### 2.4.2 Test ciclici - classe S3

I test ciclici sono stati condotti assumendo una classe di duttilità S3. Il valore di rotazione a flessione dei tre cicli  $\alpha_c$  è stato assunto per tanto uguale a 15.81° mentre il valore di rotazione ultimo  $\alpha_u$  pari risulta pari 30°. Per ciascun test si riporta il valore del momento residuo  $M_{res} = M(\alpha_u)$  che dovrà risultare maggiore di  $0.8M_{y,m} = 45.84$  kNmm.

Test	$\alpha_c$	$\alpha_u$	$M_{res}$	Rottura ad $\alpha_u$	$M_{res} \geq 0.8 M_{y,m}$
[-]	[°]	[°]	[kNmm]	[-]	[-]
BSF 12X300 C001	15.81	30	76,40	no	si
BSF 12X300 C002	15.81	30	81,80	no	si
BSF 12X300 C003	15.81	30	80,20	no	si
BSF 12X300 C004	15.81	30	80,20	no	si
BSF 12X300 C005	15.81	30	80,20	no	si
BSF 12X300 C006	15.81	30	78,80	no	si
BSF 12X300 C007	15.81	30	80,30	no	si
BSF 12X300 C008	15.81	30	82,30	no	si
BSF 12X300 C009	15.81	30	81,50	no	si
BSF 12X300 C010	15.81	30	78,20	no	si



Il valore medio del momento residuo  $M_{res}$  è pari a 79.99 kNmm con un coefficiente di variazione pari a 2.23%. In tutti i test, le viti hanno raggiunto una rotazione a flessione pari a 30° senza alcuna rottura ed è stato ottenuto un valori di  $M_{res}$  maggiore di  $0.8M_{y,m}$ . Tutti i relativi grafici inerenti ai vari test sono riportati in seguito.

## 2.5 SPINOTTI 12 mm Tipo #1

### 2.5.1 Test monotoni

Si riportano i valori di momento a snervamento corrispondenti ad un angolo di flessione  $\alpha$  pari a 7.90°. Tutti test sono stati condotti al fine di raggiungere un angolo di flessione superiore al valore di rotazione ultimo  $\alpha_u$  pari a 30°.

Test [-]	$M_y$ [kNmm]	$\alpha_u$ [°]	Rottura ad $\alpha_u$ [-]
SPI 12X300 M001	186	30	no
SPI 12X300 M002	189	30	no
SPI 12X300 M003	185	30	no
SPI 12X300 M004	189	30	no
SPI 12X300 M005	184	30	no
SPI 12X300 M006	188	30	no
SPI 12X300 M007	191	30	no
SPI 12X300 M008	193	30	no
SPI 12X300 M009	188	30	no
SPI 12X300 M010	187	30	no

Il valore medio del momento a snervamento  $M_{y,m}$  è pari a **188 kNmm** con un coefficiente di variazione pari a 1.44 %. In tutti i test, gli spinotti hanno raggiunto una rotazione a flessione pari a 30° senza alcuna rottura.

Tutti i relativi grafici inerenti ai vari test sono riportati in seguito. Il valore di riferimento da utilizzare nelle prove cicliche pari a  $0.8 M_{y,m}$  è dunque pari a **150.4 kNmm**.



## 2.5.2 Test ciclici - classe S3

I test ciclici sono stati condotti assumendo una classe di duttilità S3. Il valore di rotazione a flessione dei tre cicli  $\alpha_c$  è stato assunto per tanto uguale a  $15.81^\circ$  mentre il valore di rotazione ultimo  $\alpha_u$  pari risulta pari  $30^\circ$ . Per ciascun test si riporta il valore del momento residuo  $M_{res} = M(\alpha_u)$  che dovrà risultare maggiore di  $0.8M_{y,m} = 150.4$  kNmm.

Test [-]	$\alpha_c$ [°]	$\alpha_u$ [°]	$M_{res}$ [kNmm]	Rottura ad $\alpha_u$ [-]	$M_{res} \geq 0.8 M_{y,m}$ [-]
SPI 12X300 C001	15.81	30	207,00	no	si
SPI 12X300 C002	15.81	30	205,00	no	si
SPI 12X300 C003	15.81	30	205,00	no	si
SPI 12X300 C004	15.81	30	177,00	no	si
SPI 12X300 C005	15.81	30	204,00	no	si
SPI 12X300 C006	15.81	30	209,00	no	si
SPI 12X300 C007	15.81	30	206,00	no	si
SPI 12X300 C008	15.81	30	207,00	no	si
SPI 12X300 C009	15.81	30	208,00	no	si
SPI 12X300 C010	15.81	30	207,00	no	si

Il valore medio del momento residuo  $M_{res}$  è pari a 203.5 kNmm con un coefficiente di variazione pari a 4.63 %. In tutti i test, gli spinotti hanno raggiunto una rotazione a flessione pari a  $30^\circ$  senza alcuna rottura ed è stato ottenuto un valori di  $M_{res}$  maggiore di  $0.8M_{y,m}$ .

Tutti i grafici inerenti ai vari test sono riportati in Allegato.

## 2.6 Spinotti 12 mm Tipo #2

### 2.6.1 Test monotoni

Si riportano i valori di momento a snervamento corrispondenti ad un angolo di flessione  $\alpha$  pari a  $7.90^\circ$ . Tutti test sono stati condotti al fine di raggiungere un angolo di flessione superiore al valore di rotazione ultimo  $\alpha_u$  pari a  $30^\circ$ .

Test [-]	$M_y$ [kNmm]	$\alpha_u$ [°]	Rottura ad $\alpha_u$ [-]
SPI 12X300 #2 M001	190	30	no
SPI 12X300 #2 M002	177	30	no
SPI 12X300 #2 M003	178	30	no
SPI 12X300 #2 M004	175	30	no
SPI 12X300 #2 M005	195	30	no



Il valore medio del momento a snervamento  $M_{y,m}$  è pari a **183 kNmm** con un coefficiente di variazione pari a 4.87 %. In tutti i test, gli spinotti hanno raggiunto una rotazione a flessione pari a 30° senza alcuna rottura.

Tutti i grafici inerenti ai vari test sono riportati in seguito. Il valore di riferimento da utilizzare nelle prove cicliche pari a  $0.8 M_{y,m}$  è dunque pari a **146.4 kNmm**.

## 2.6.2 Test ciclici - classe S3

I test ciclici sono stati condotti assumendo una classe di duttilità S3. Il valore di rotazione a flessione dei tre cicli  $\alpha_c$  è stato assunto per tanto uguale a 15.81° mentre il valore di rotazione ultimo  $\alpha_u$  pari risulta pari 30°. Per ciascun test si riporta il valore del momento residuo  $M_{res} = M(\alpha_u)$  che dovrà risultare maggiore di  $0.8M_{y,m} = 146.4$  kNmm.

Test [-]	$\alpha_c$ [°]	$\alpha_u$ [°]	$M_{res}$ [kNmm]	Rottura ad $\alpha_u$ [-]	$M_{res} \geq 0.8 M_{y,m}$ [-]
SPI 12X300 #2 C001	15.81	30	209,00	no	si
SPI 12X300 #2 C002	15.81	30	178,00	no	si
SPI 12X300 #2 C003	15.81	30	208,00	no	si
SPI 12X300 #2 C004	15.81	30	175,00	no	si
SPI 12X300 #2 C005	15.81	30	178,00	no	si

Il valore medio del momento residuo  $M_{res}$  è pari a 189.6 kNmm con un coefficiente di variazione pari a 9.12 %. In tutti i test, gli spinotti hanno raggiunto una rotazione a flessione pari a 30° senza alcuna rottura ed è stato ottenuto un valori di  $M_{res}$  maggiore di  $0.8M_{y,m}$ . Tutti i grafici inerenti ai vari test sono riportati in seguito.

## 2.7 Spinotti 12 mm Tipo #3



### 2.7.1 Test monotoni

Si riportano i valori di momento a snervamento corrispondenti ad un angolo di flessione  $\alpha$  pari a 7.90°. Tutti test sono stati condotti al fine di raggiungere un angolo di flessione superiore al valore di rotazione ultimo  $\alpha_u$  pari a 30°.

Test [-]	$M_y$ [kNmm]	$\alpha_u$ [°]	Rottura ad $\alpha_u$ [-]
SPI 12X300 #3 M001	173	30	no
SPI 12X300 #3 M002	173	30	no
SPI 12X300 #3 M003	175	30	no
SPI 12X300 #3 M004	174	30	no
SPI 12X300 #3 M005	180	30	no

Il valore medio del momento a snervamento  $M_{y,m}$  è pari a **175 kNmm** con un coefficiente di variazione pari a 1.67 %. In tutti i test, gli spinotti hanno raggiunto una rotazione a flessione pari a 30° senza alcuna rottura. Tutti i relativi grafici inerenti ai vari test sono riportati in seguito.

Il valore di riferimento da utilizzare nelle prove cicliche pari a  $0.8 M_{y,m}$  è dunque pari a **140 kNmm**.

### 2.7.2 Test ciclici - classe S3

I test ciclici sono stati condotti assumendo una classe di duttilità S3. Il valore di rotazione a flessione dei tre cicli  $\alpha_c$  è stato assunto per tanto uguale a 15.81° mentre il valore di rotazione ultimo  $\alpha_u$  pari risulta pari 30°. Per ciascun test si riporta il valore del momento residuo  $M_{res} = M(\alpha_u)$  che dovrà risultare maggiore di  $0.8M_{y,m} = 140$  kNmm.

Test [-]	$\alpha_c$ [°]	$\alpha_u$ [°]	$M_{res}$ [kNmm]	Rottura ad $\alpha_u$ [-]	$M_{res} \geq 0.8 M_{y,m}$ [-]
SPI 12X300 #3 C001	15.81	30	173,00	no	si
SPI 12X300 #3 C002	15.81	30	171,00	no	si
SPI 12X300 #3 C003	15.81	30	174,00	no	si
SPI 12X300 #3 C004	15.81	30	172,00	no	si
SPI 12X300 #3 C005	15.81	30	173,00	no	si

Il valore medio del momento residuo  $M_{res}$  è pari a 172.60 kNmm con un coefficiente di variazione pari a 0.66 %. In tutti i test, gli spinotti hanno raggiunto una rotazione a flessione pari a 30° senza alcuna rottura ed è stato ottenuto un valori di  $M_{res}$  maggiore di  $0.8M_{y,m}$ .

Tutti i grafici inerenti ai vari test sono riportati in seguito.



## 2.8 RIASSUNTO DEI RISULTATI

Si riporta in forma tabellare un riassunto dei risultati per ciascuna delle tipologie testate in termini di momento a snervamento medio (e relativa CoV) derivante dalla prova monotona, momento residuo medio derivante dalla prova ciclica e classe di duttilità sismica. **Tutte le tipologie testate possono essere classificate di classe S3 ad eccezione delle viti WBS 6x200 che sono classificate di classe S2.**

Vite	$d$ [mm]	$M_{y,m}$ [kNmm]	$M_{res}$ [kNmm]	Classe sismica
WBS 6x200	6	14.8 (1.7%)	16.4 (4.3%)	S2
BSF 8x240	8	36.5 (1.5%)	34.4 (2.0%)	S3
BSF 10x300	10	56.6 (1.6%)	65.1 (1.8%)	S3
BSF 12x300	12	53.9 (2.5%)	79.9 (2.2%)	S3
SPINOTTO Tipo1	12	188 (1.4%)	203 (4.6%)	S3
SPINOTTO Tipo2	12	183 (4.9%)	189 (9.1%)	S3
SPINOTTO Tipo3	12	175 (1.7%)	172 (0.7%)	S3



### 3. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Si riporta in seguito la documentazione fotografica inerente ai test effettuati.



*Fotografia 1. Setup di prova, macchina di prova universale Instron*



*Fotografia 2. Setup di prova, dettaglio del sistema di prova per test ciclici su viti*



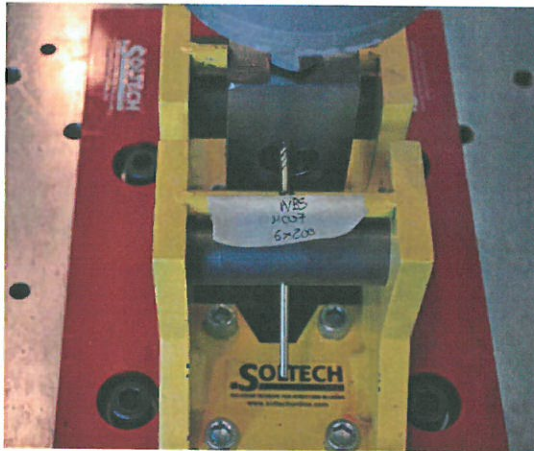


*Fotografia 3. Setup di prova, vista frontale del sistema di prova per test ciclici su viti*

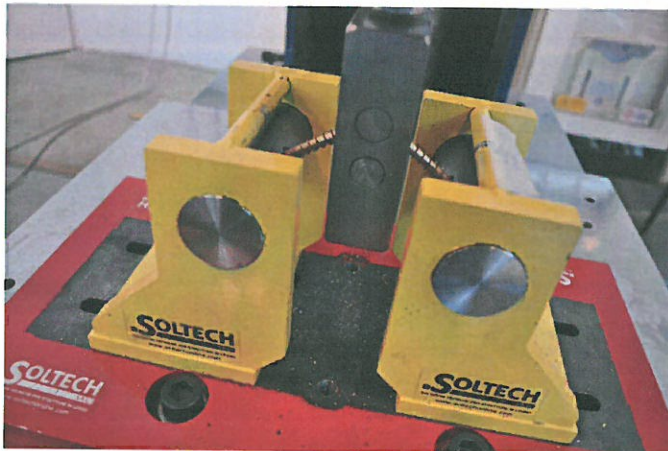


*Fotografia 4. Setup di prova, vista laterale del sistema di prova per test ciclici su viti*





Fotografia 5. Vite WBS diametro 6mm, durante il test (a sinistra) e vite WBS diametro 6mm, dopo il test (la vite presenta un angolo di piegatura maggiore di quello imposto durante il test a causa della necessità di estrarre la vite dal setup a fine prova)



Fotografia 6. Vite BSF diametro 8mm, durante il test (a sinistra) e vite BSF diametro 8mm, dopo il test (la vite presenta un angolo di piegatura maggiore di quello imposto durante il test a causa della necessità di estrarre la vite dal setup a fine prova)



Fotografia 7. Vite BSF diametro 10mm, durante il test (a sinistra) e vite BSF diametro 10mm, dopo il test (la vite presenta un angolo di piegatura maggiore di quello imposto durante il test a causa della necessità di estrarre la vite dal setup a fine prova)



Fotografia 8. Vite BSF diametro 12mm, durante il test (a sinistra) e vite BSF diametro 12mm, dopo il test (la vite presenta un angolo di piegatura maggiore di quello imposto durante il test a causa della necessità di estrarre la vite dal setup a fine prova)



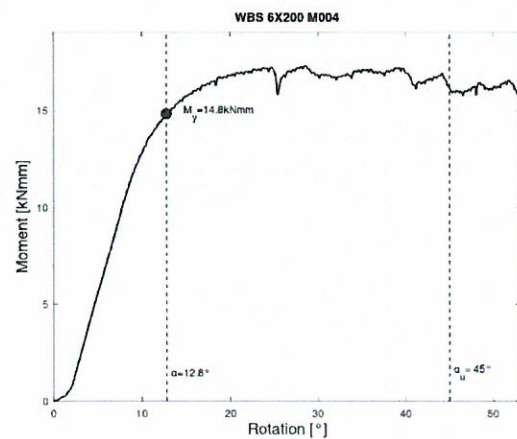
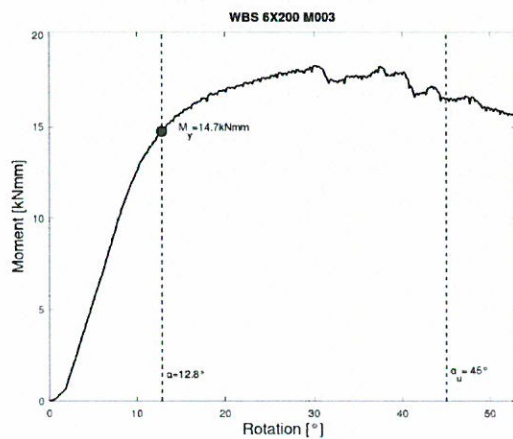
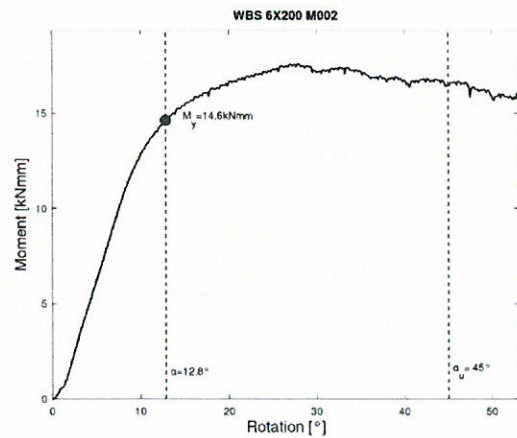
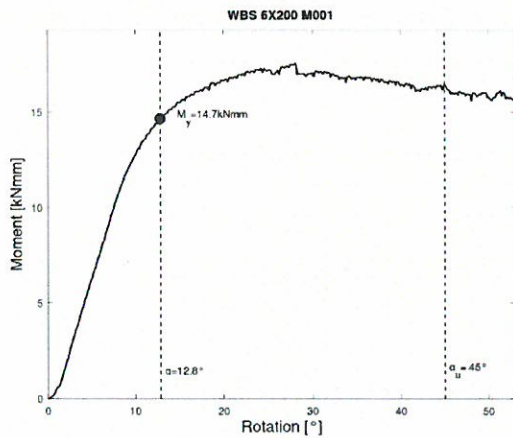
Fotografia 9. Spinotto diametro 12mm, durante il test (a sinistra) e spinotti diametro 12mm, dopo il test (la vite presenta un angolo di piegatura maggiore di quello imposto durante il test a causa della necessità di estrarre la vite dal setup a fine prova)

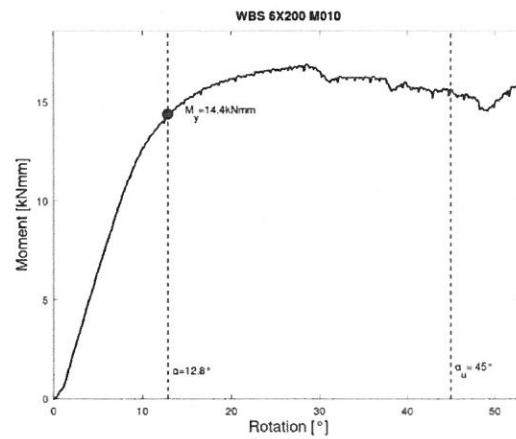
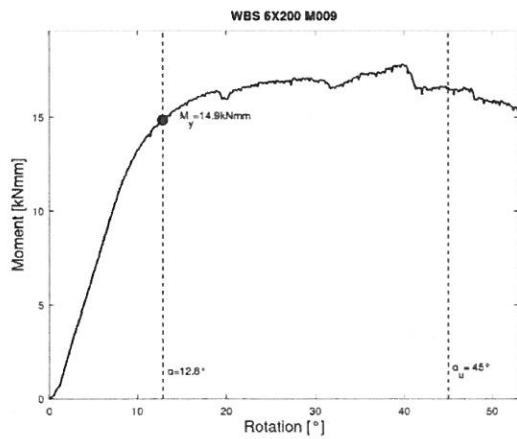
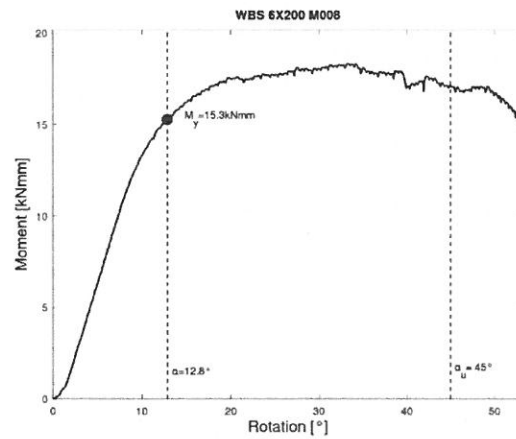
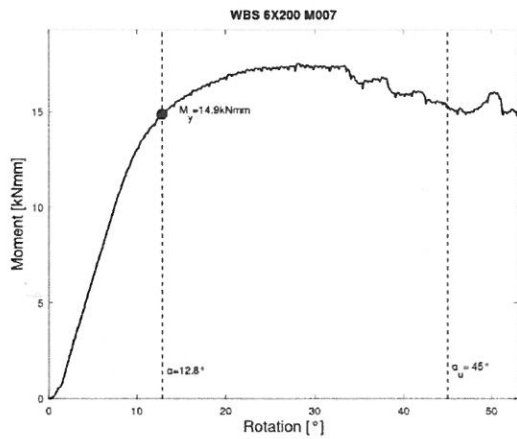
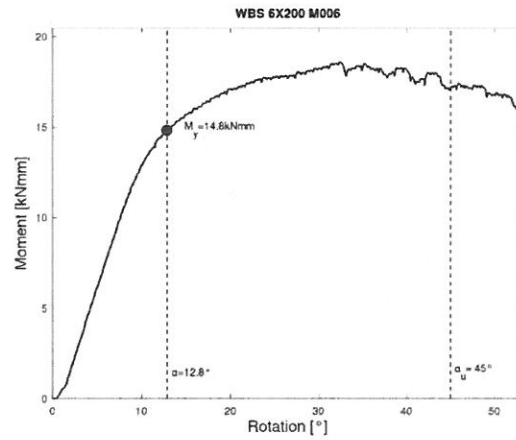
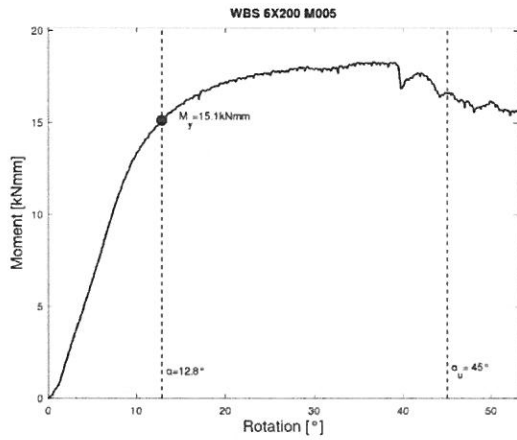


## 4. CURVE SPERIMENTALI

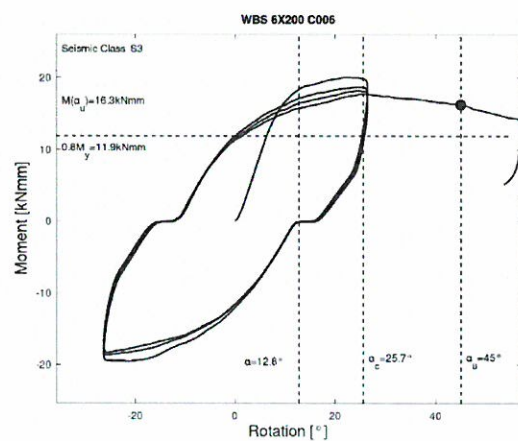
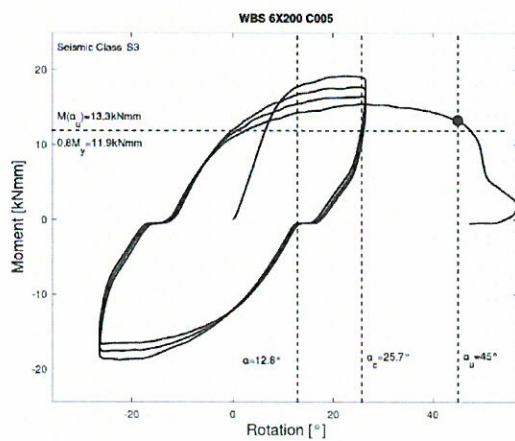
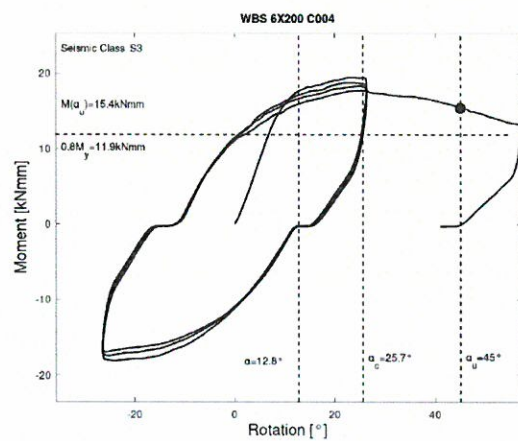
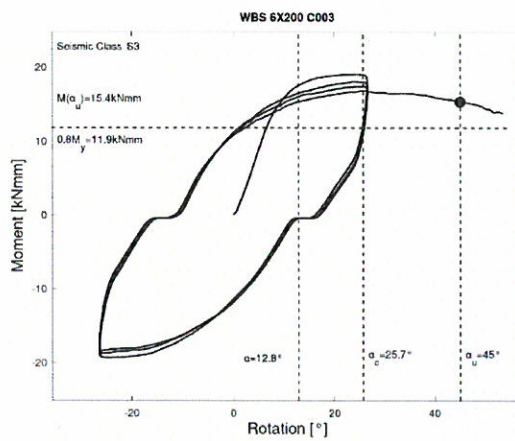
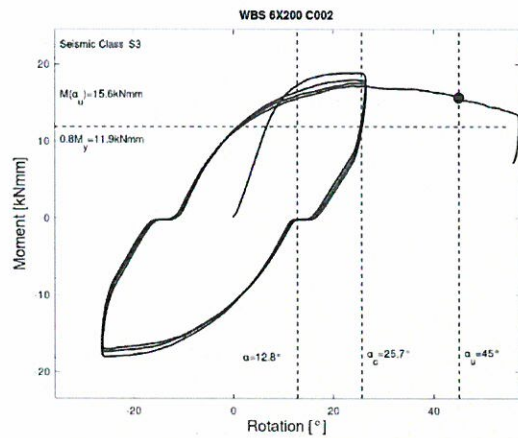
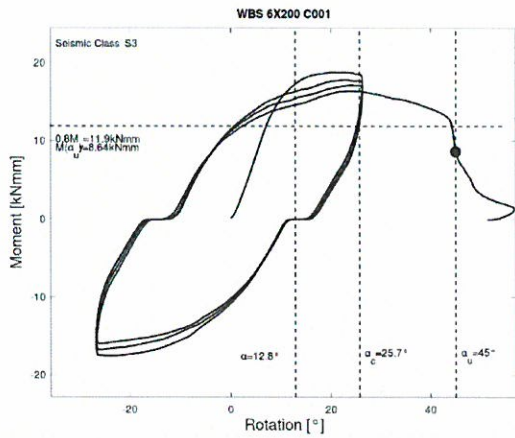
### 4.1 Viti WBS 6×100

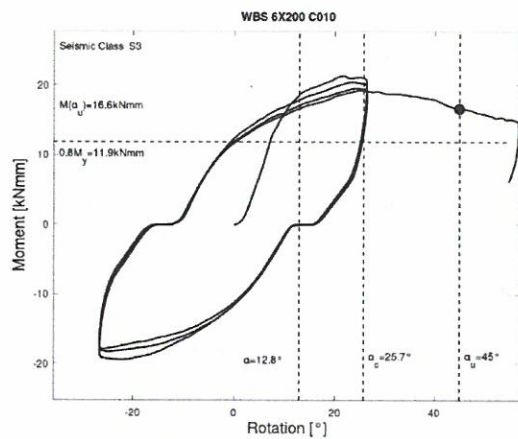
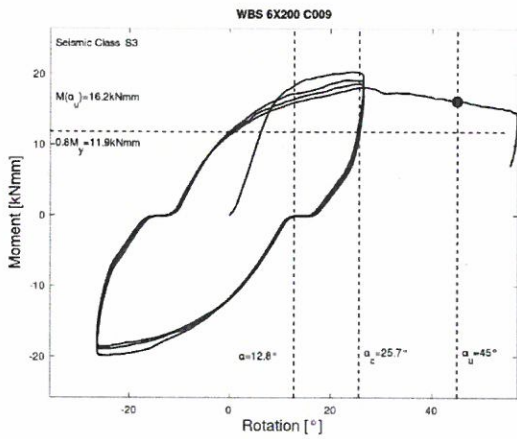
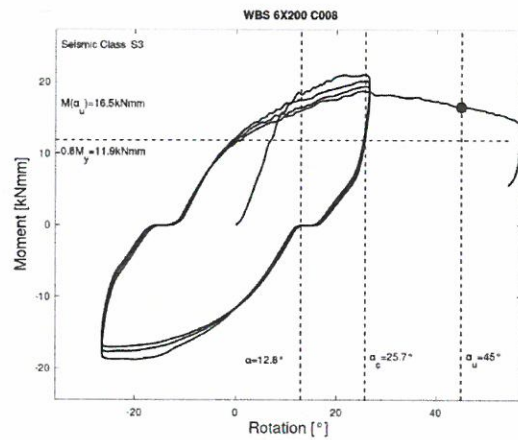
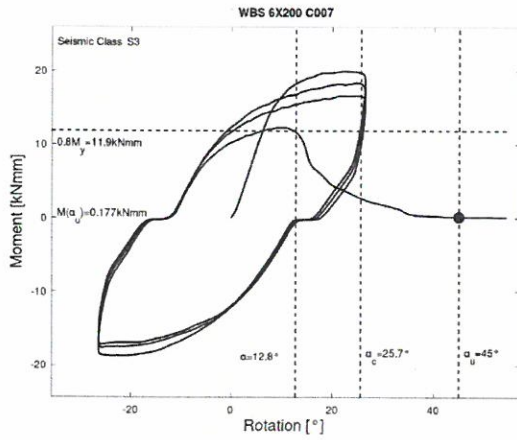
#### 4.1.1 Test monotoni



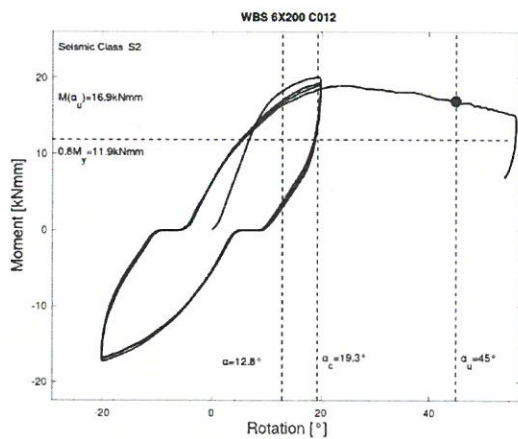
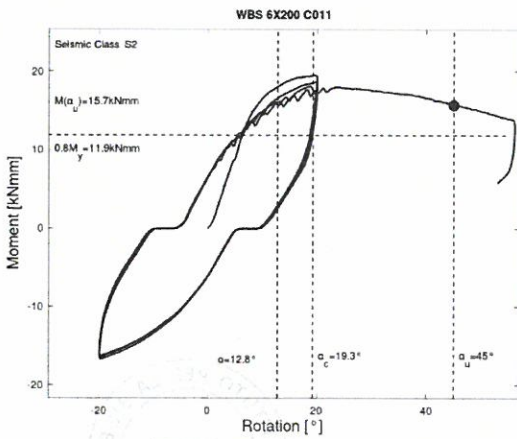


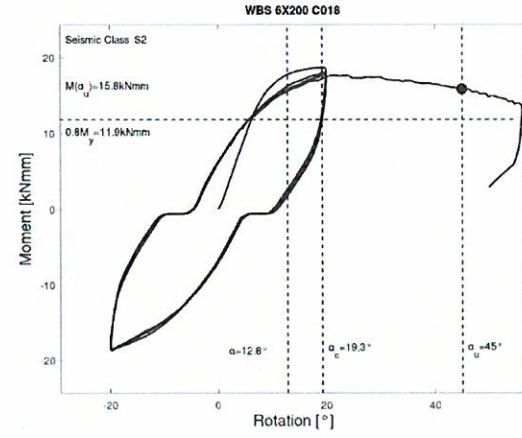
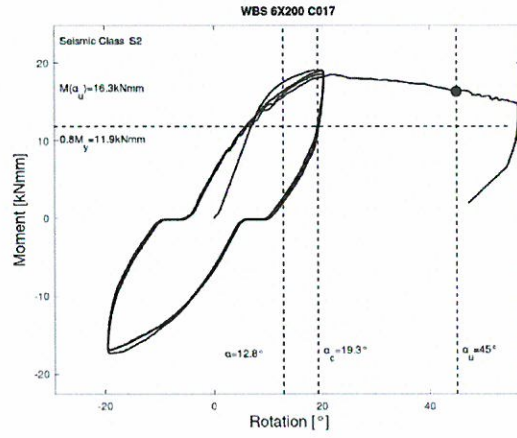
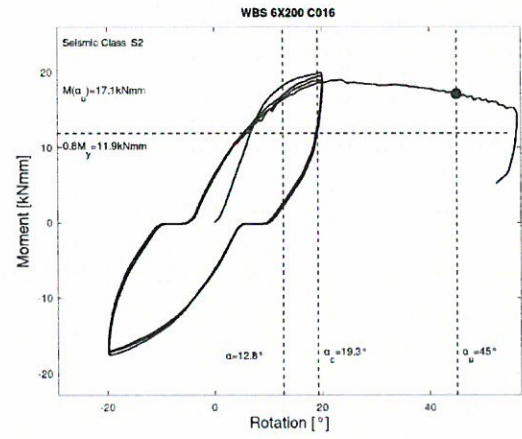
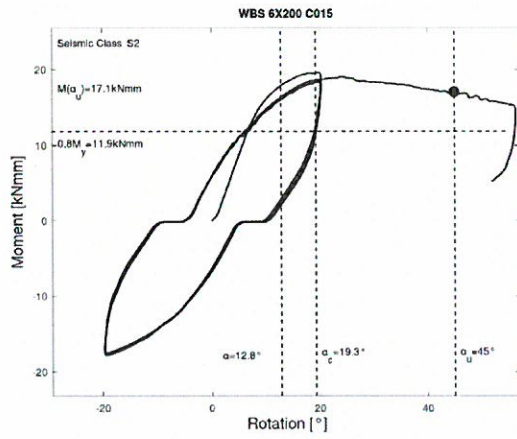
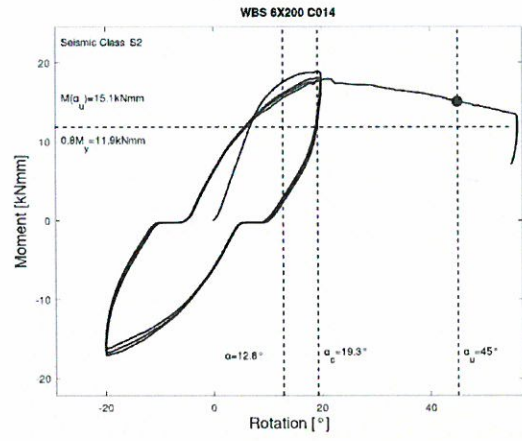
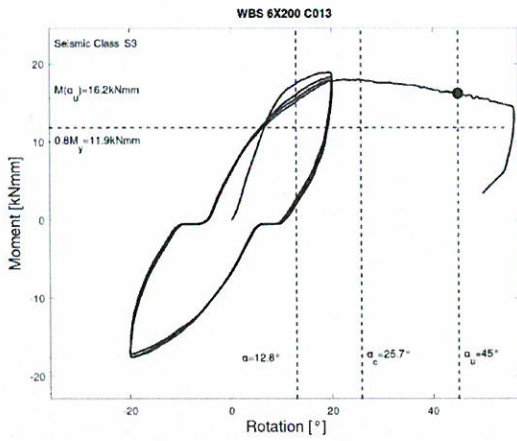
#### 4.1.2 Test ciclici – S3

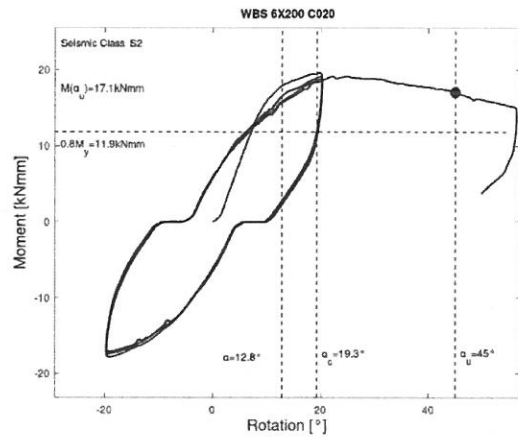
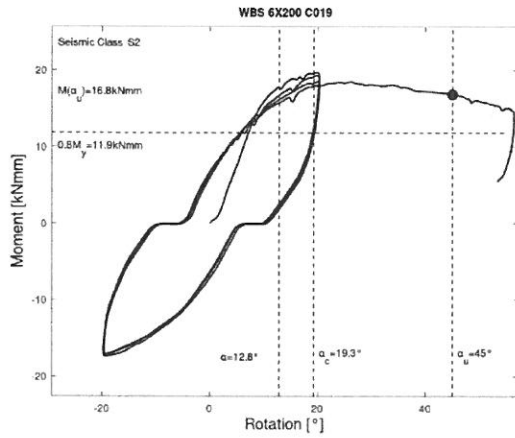




### 4.1.3 Test ciclici – S2

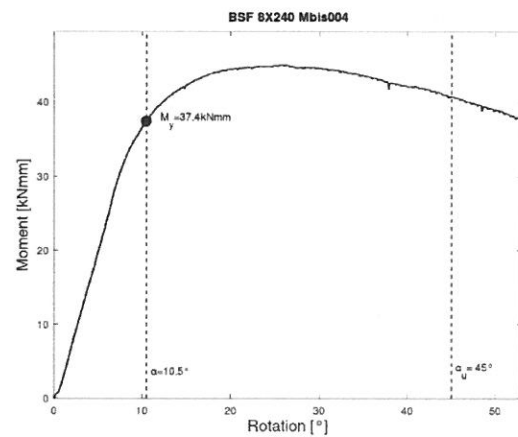
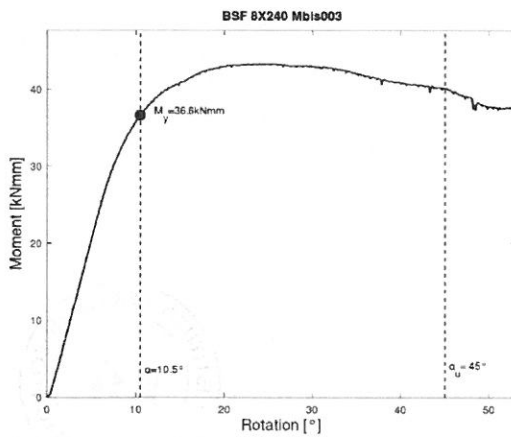
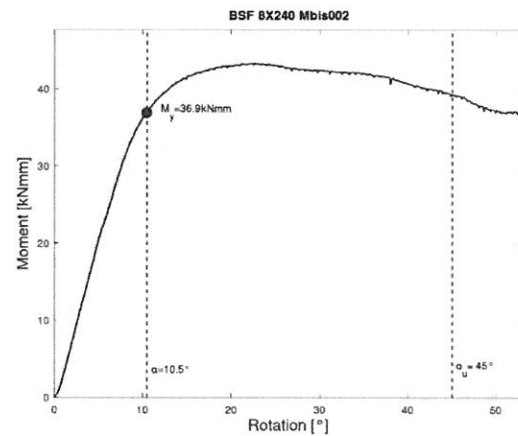
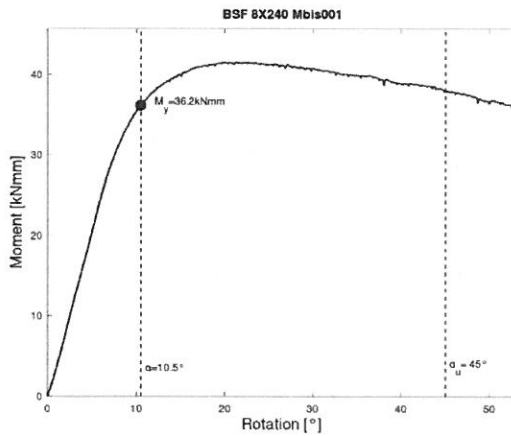


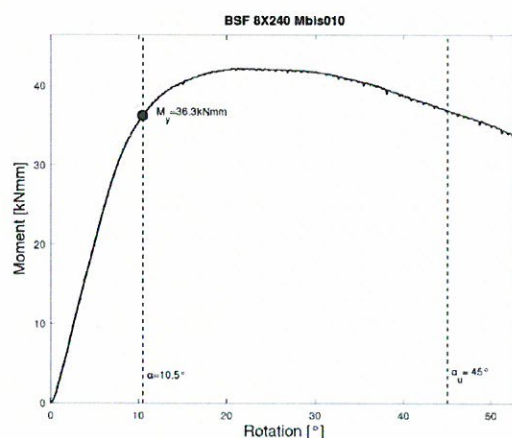
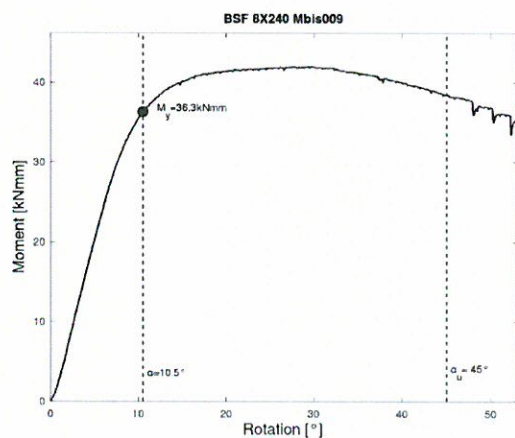
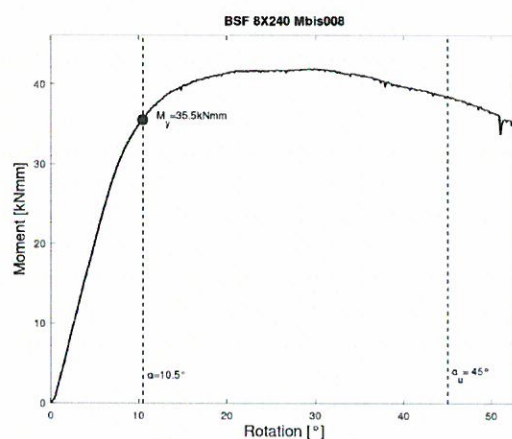
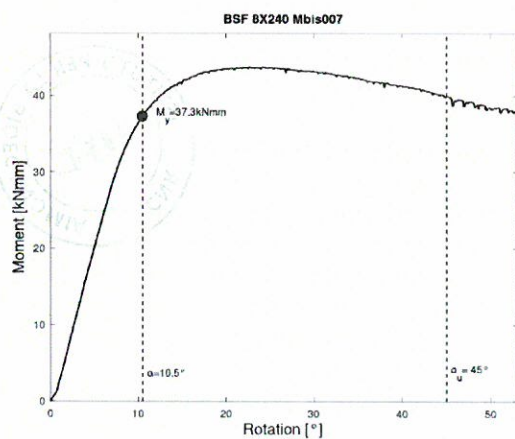
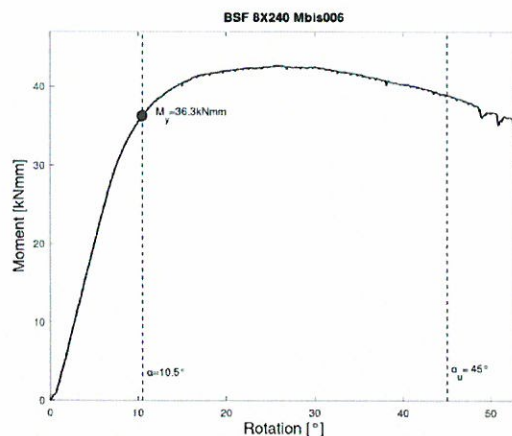
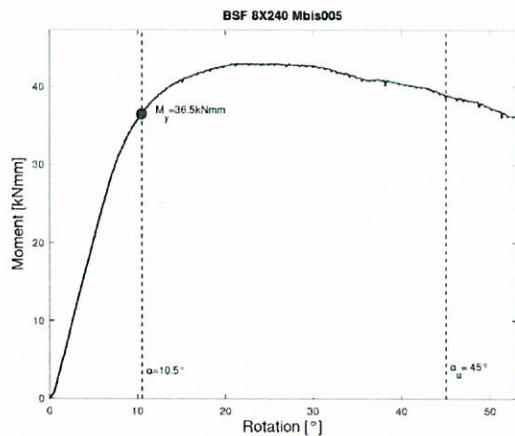




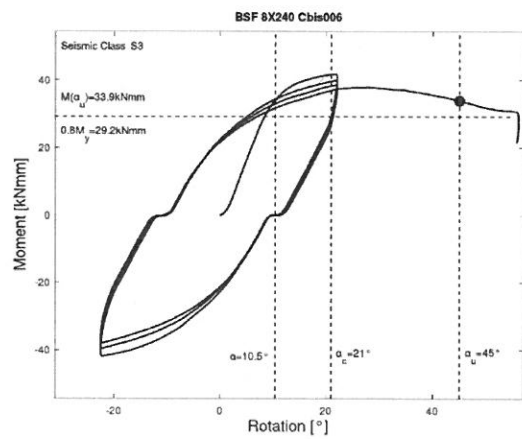
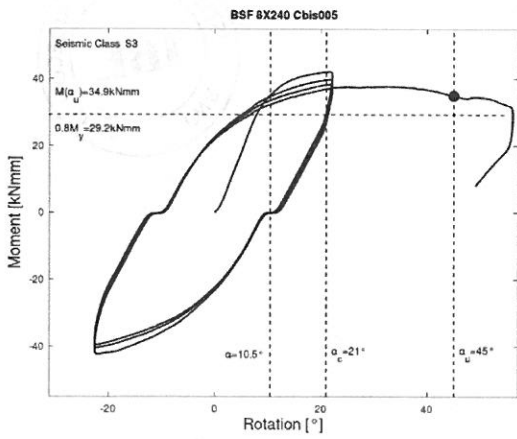
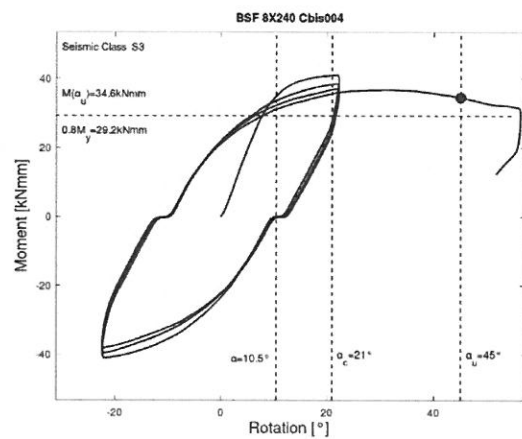
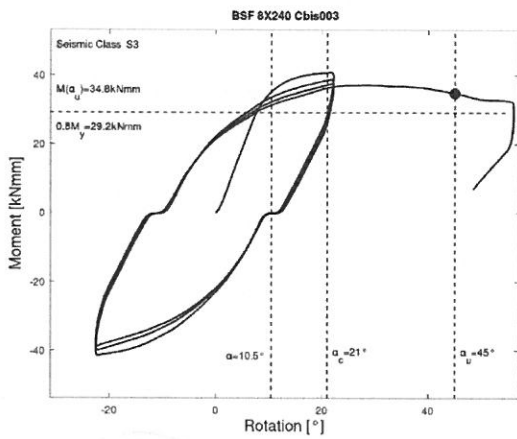
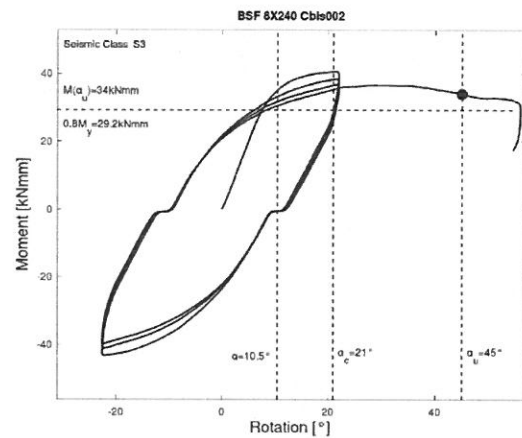
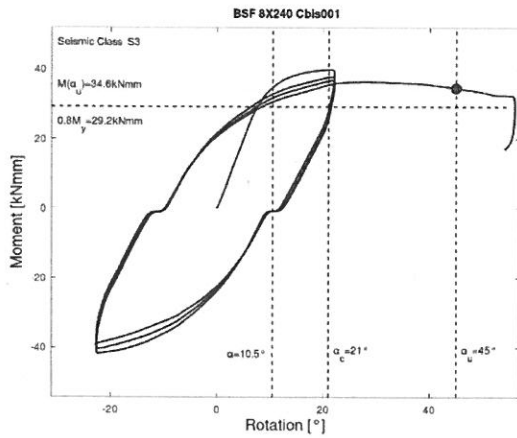
## 4.2 Viti BSF 8x240

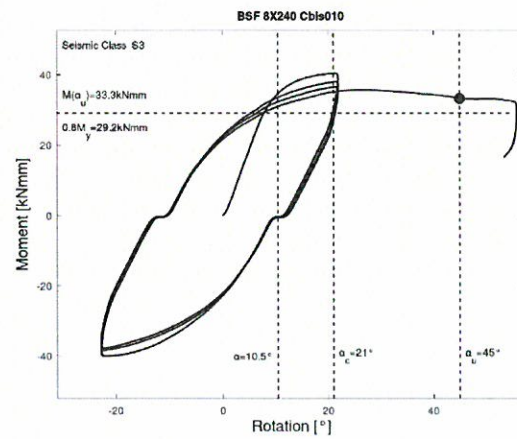
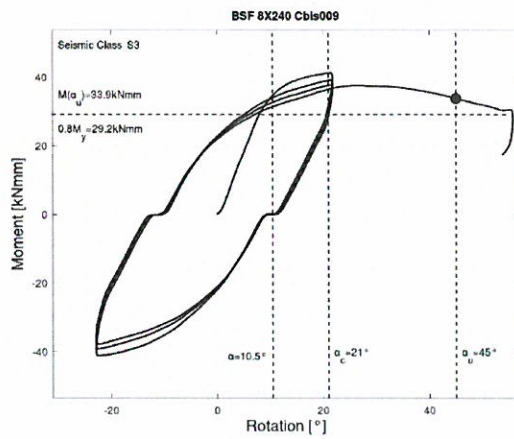
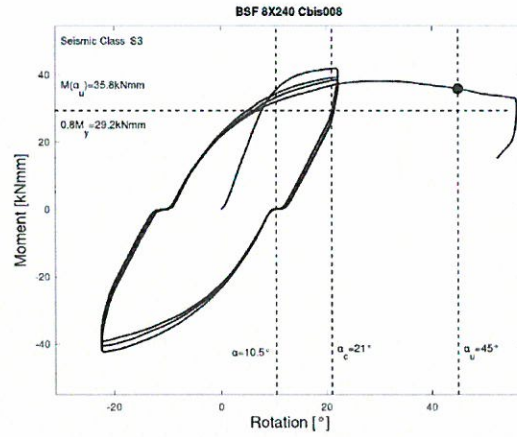
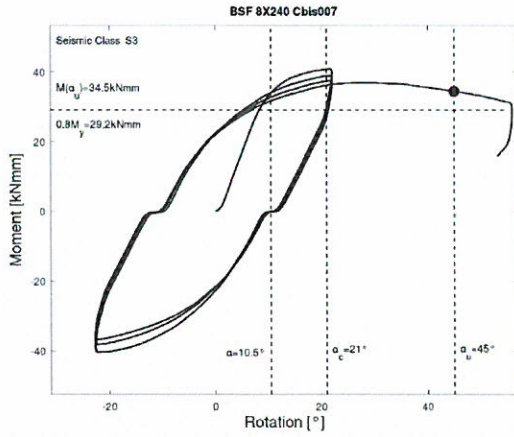
### 4.2.1 Test monotoni





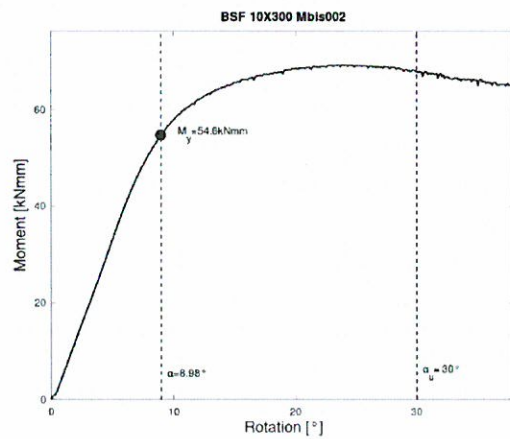
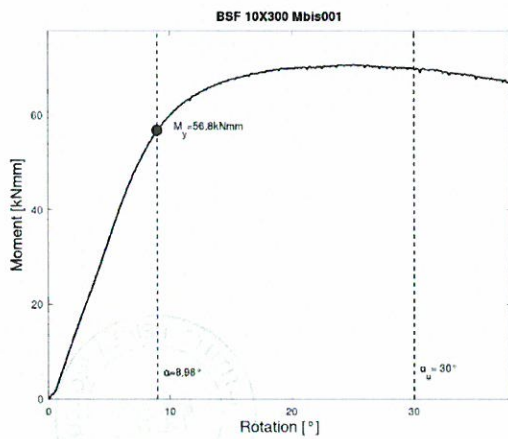
## 4.2.2 Test ciclici

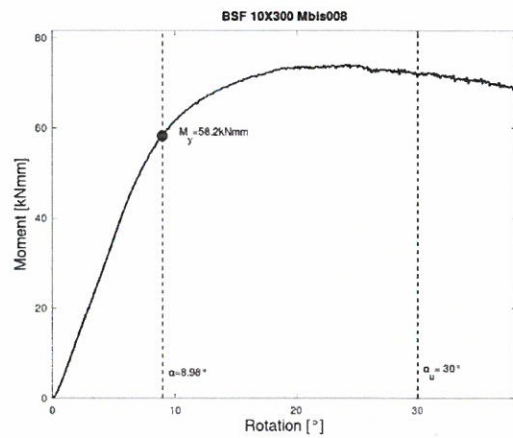
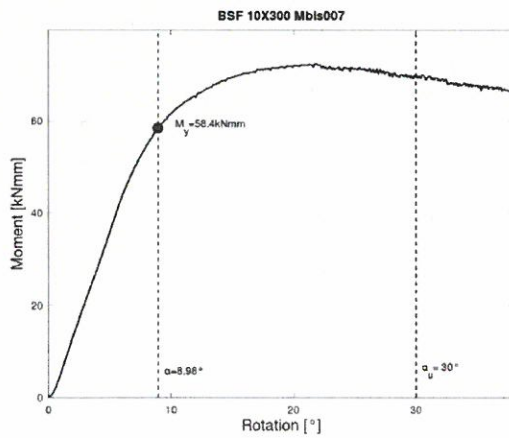
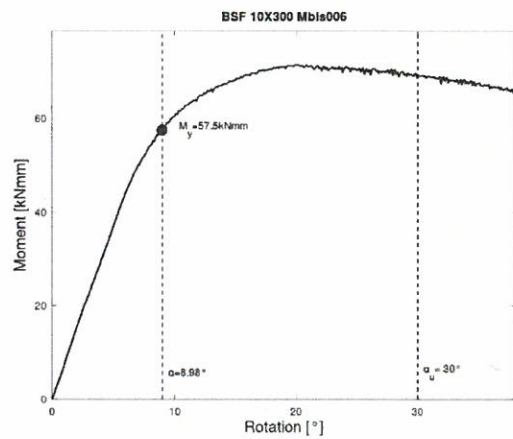
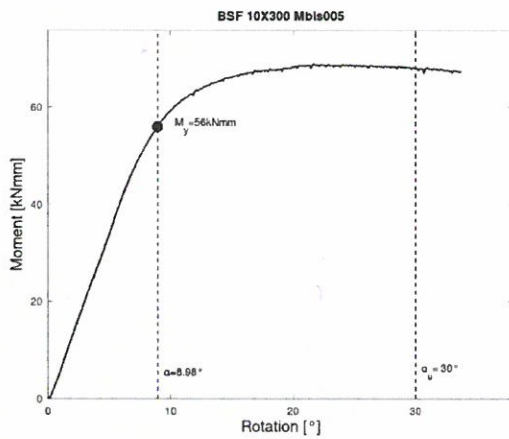
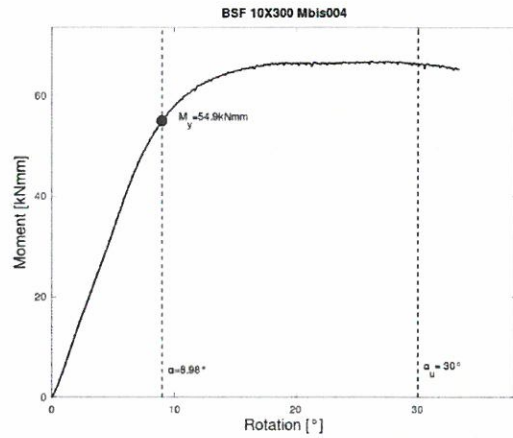
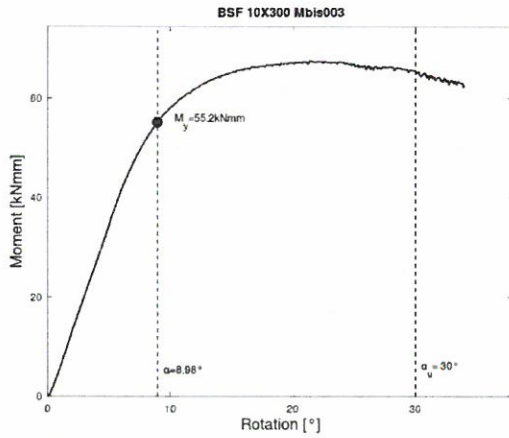


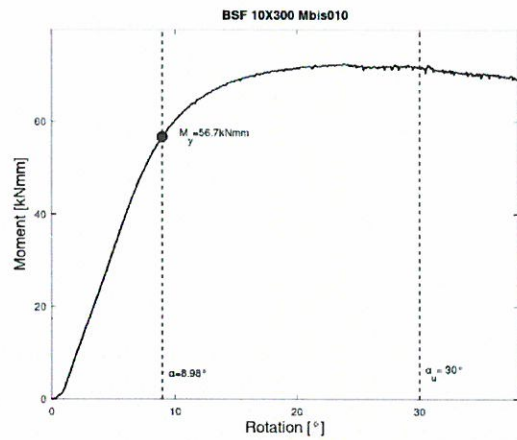
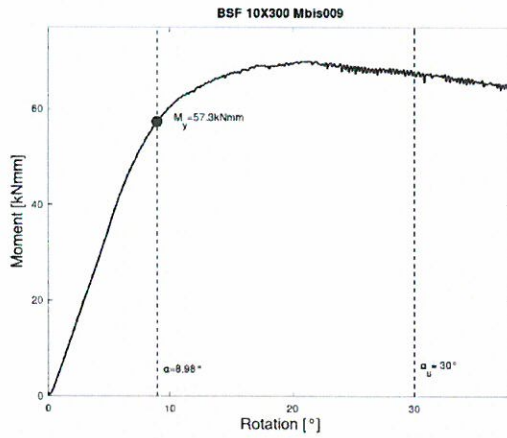


### 4.3 Viti BSF 10×300

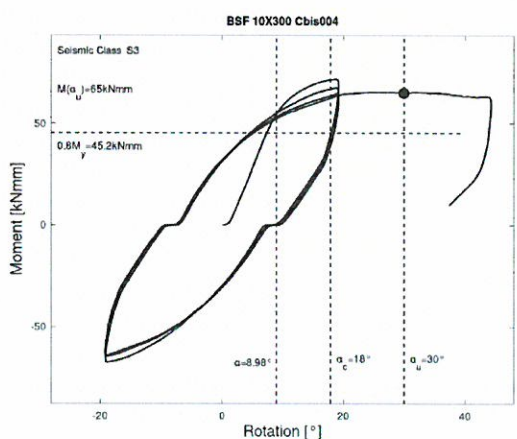
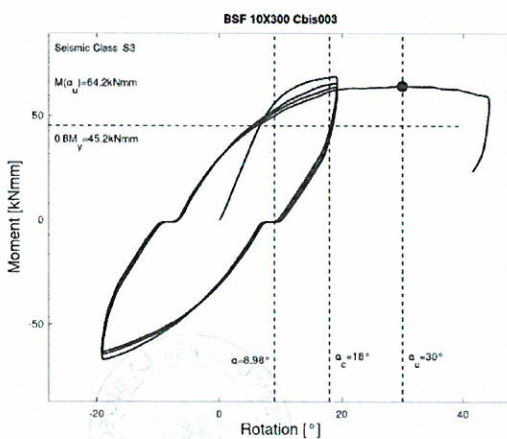
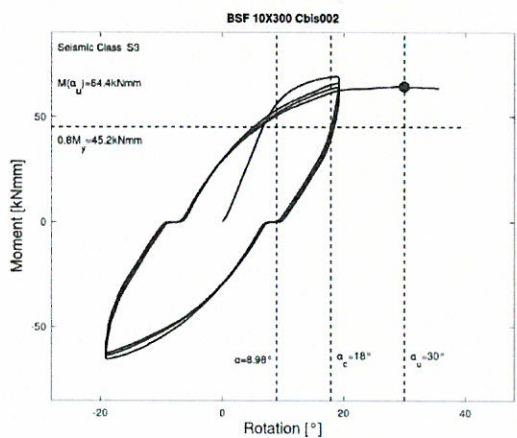
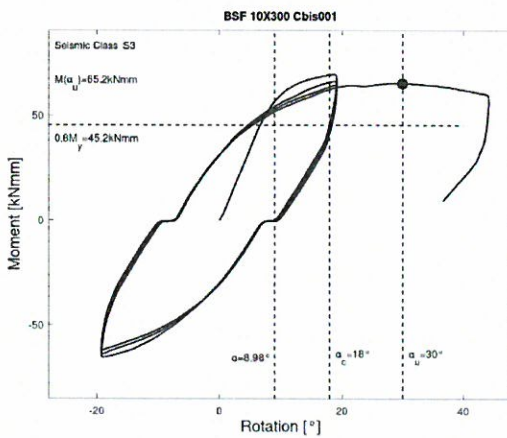
#### 4.3.1 Test monotoni

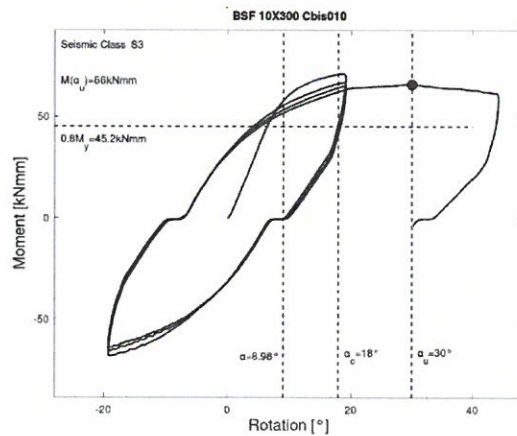
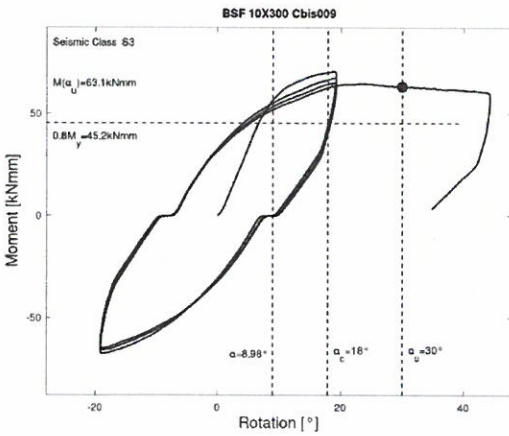
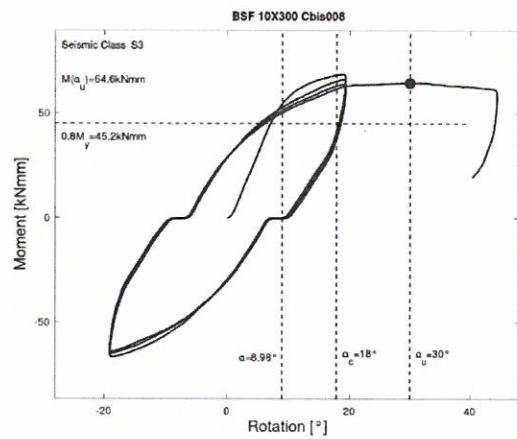
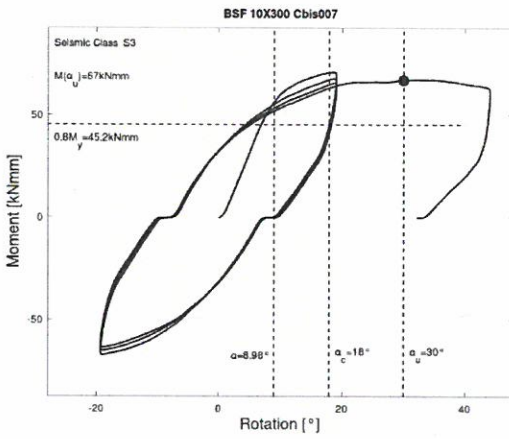
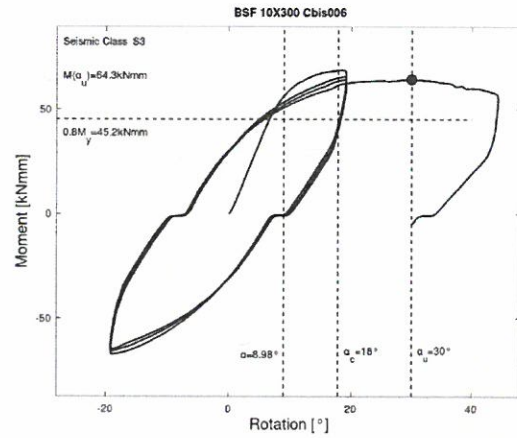
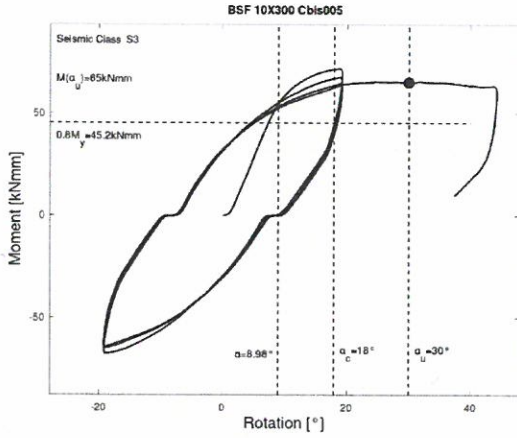






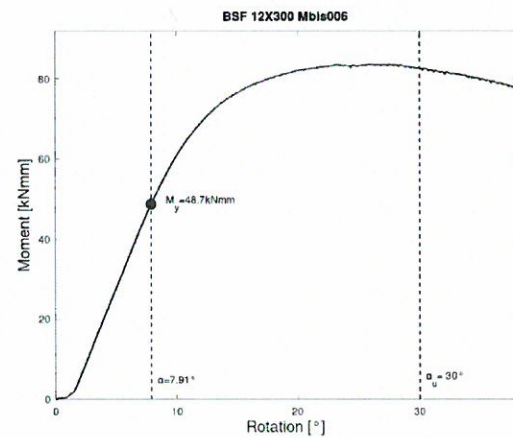
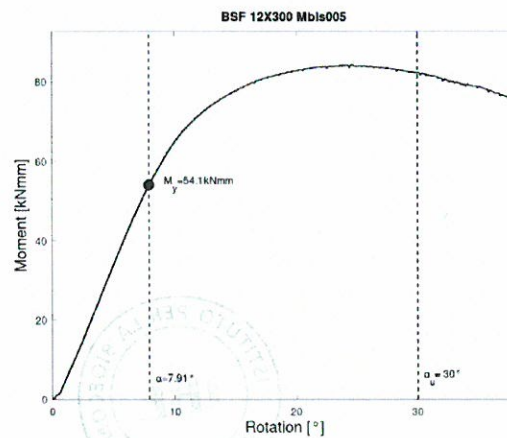
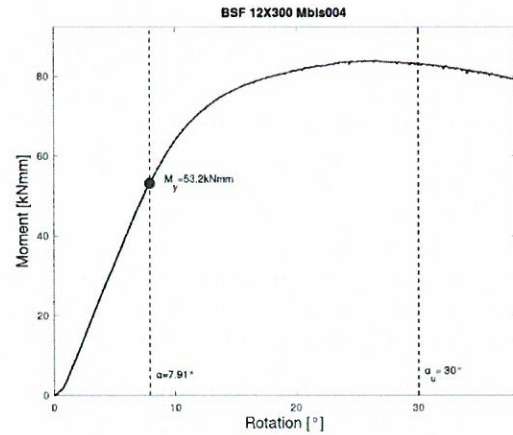
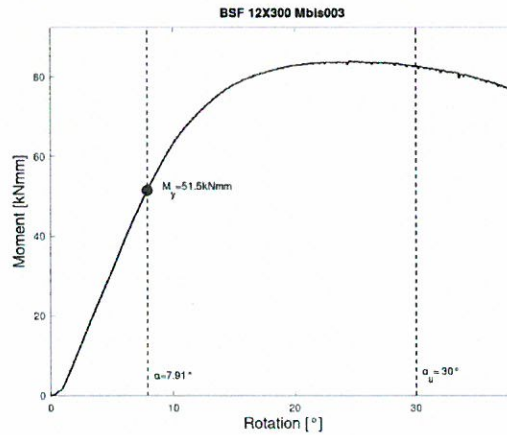
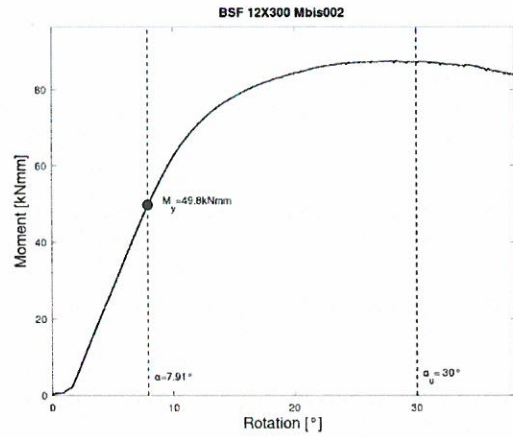
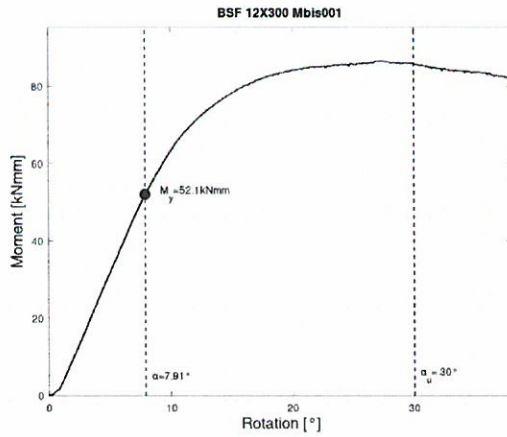
### 4.3.2 Test ciclici

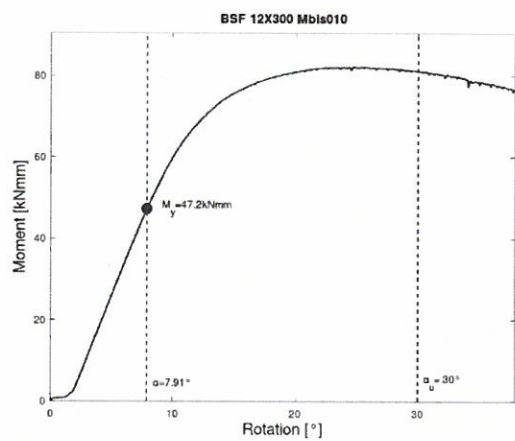
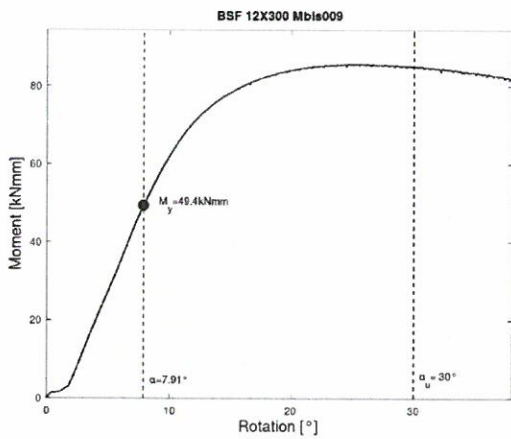
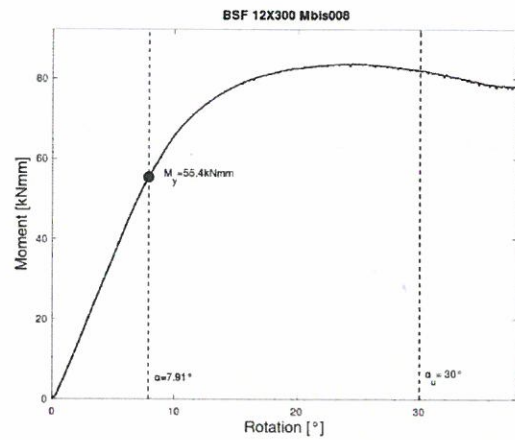
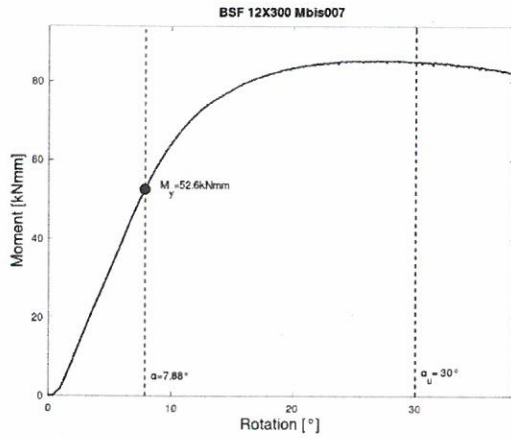




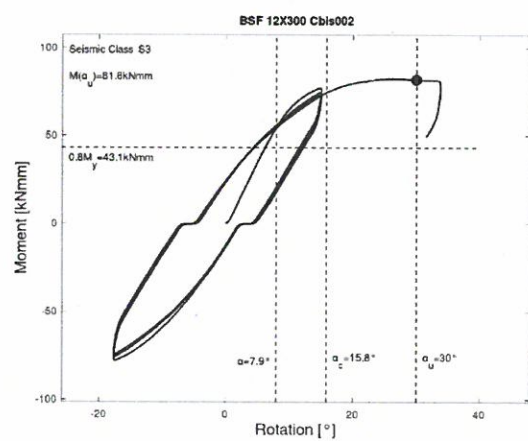
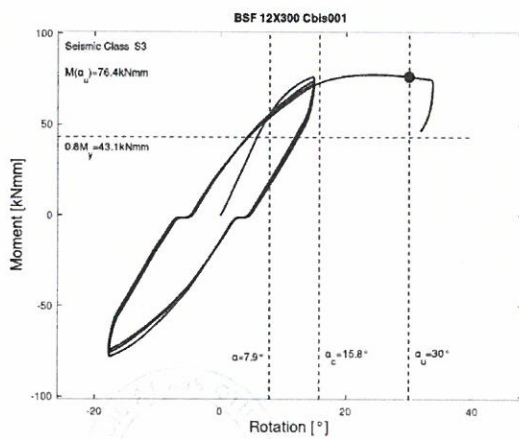
## 4.4 Viti BSF 12x300

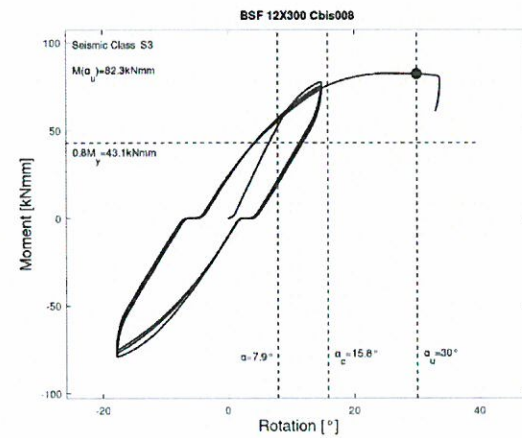
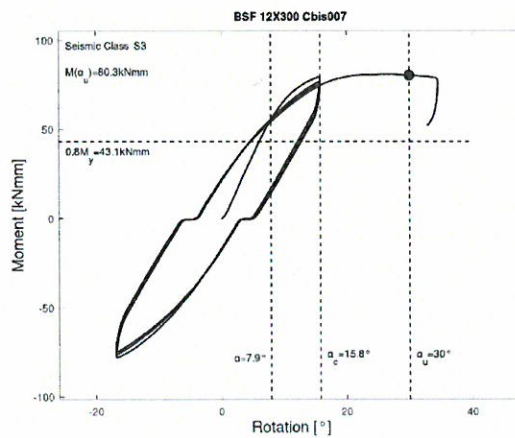
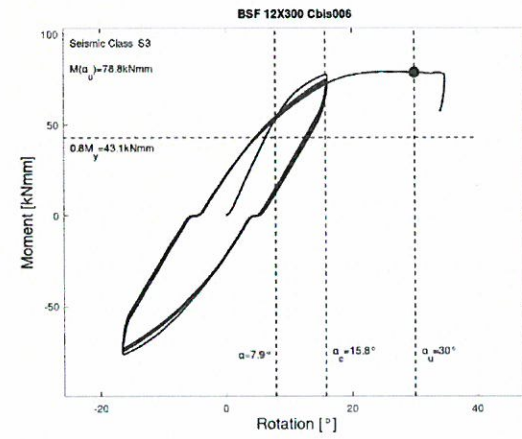
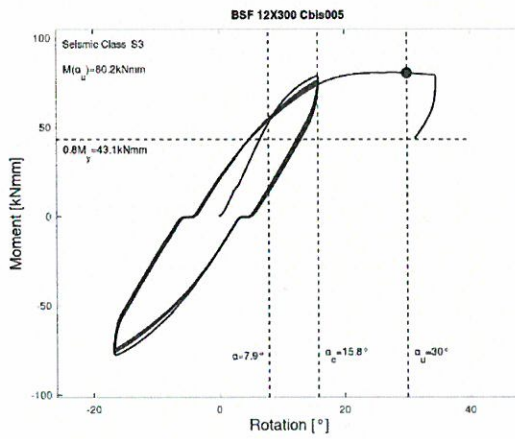
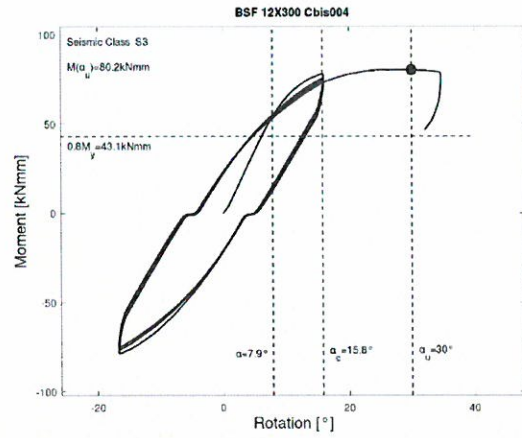
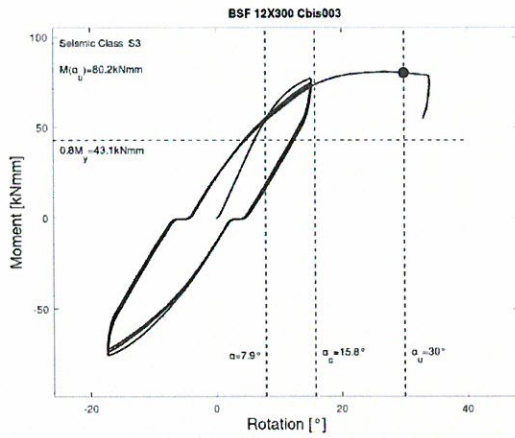
### 4.4.1 Test monotoni

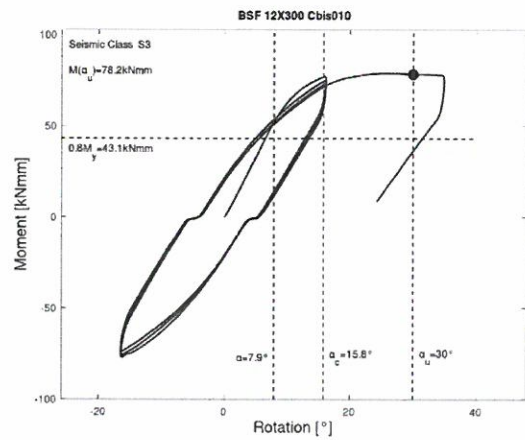
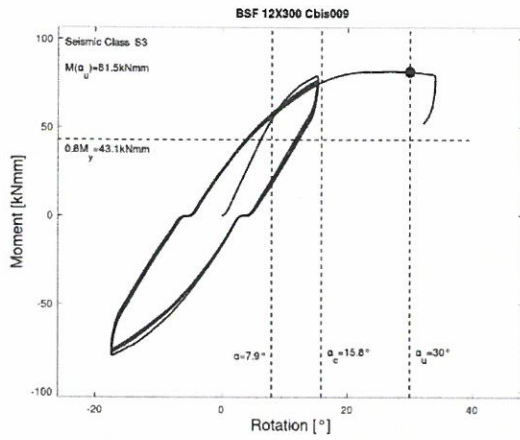




#### 4.4.2 Test ciclici

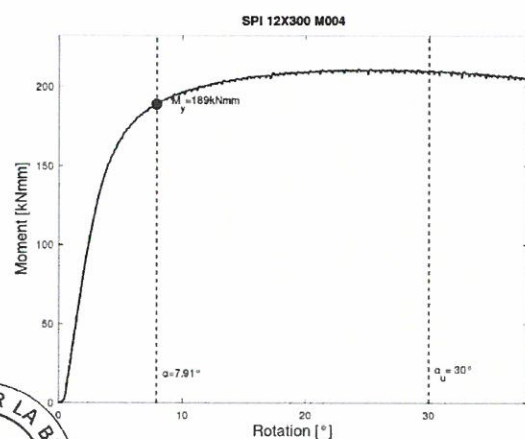
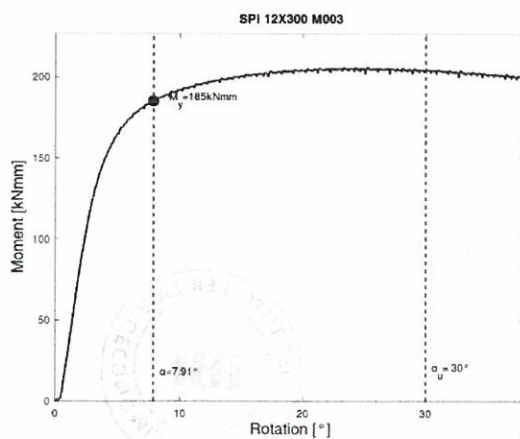
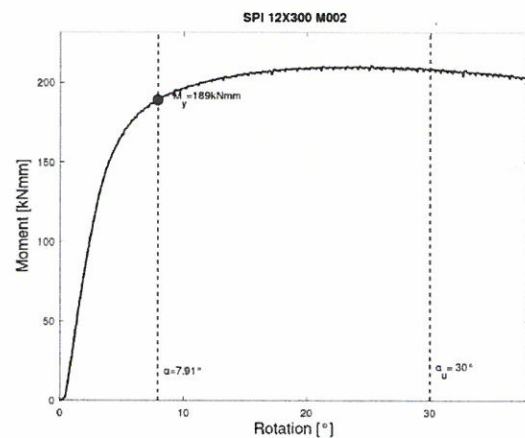
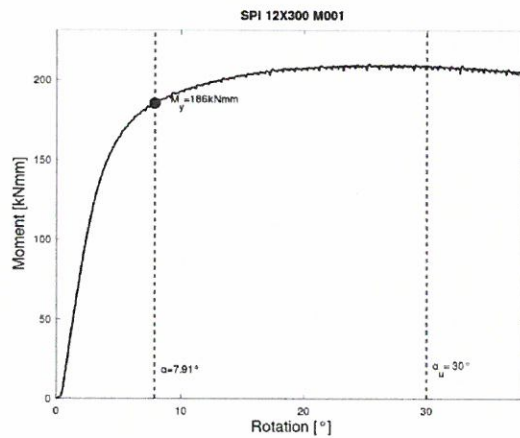


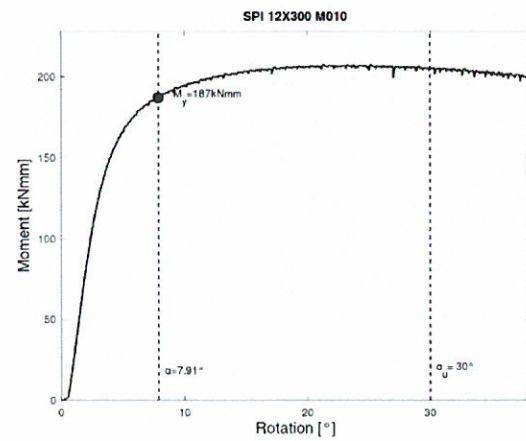
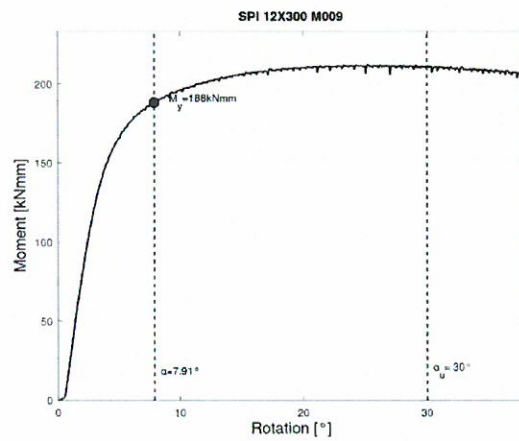
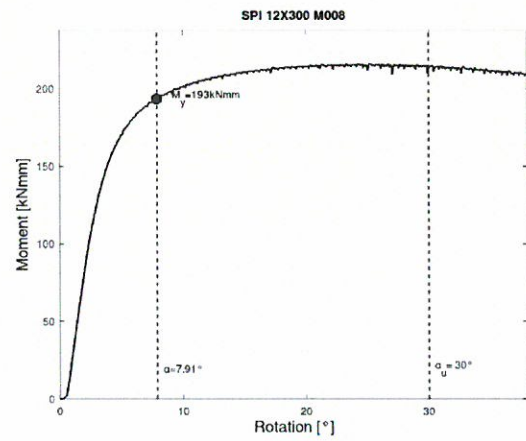
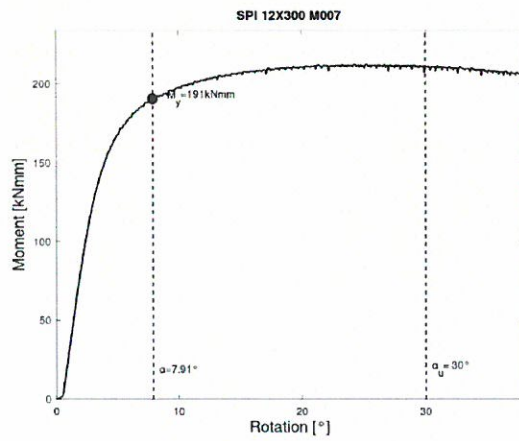
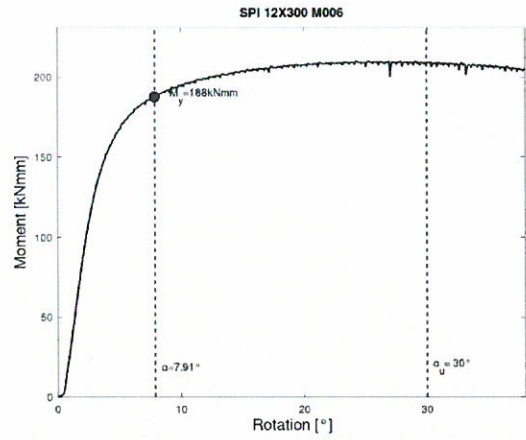
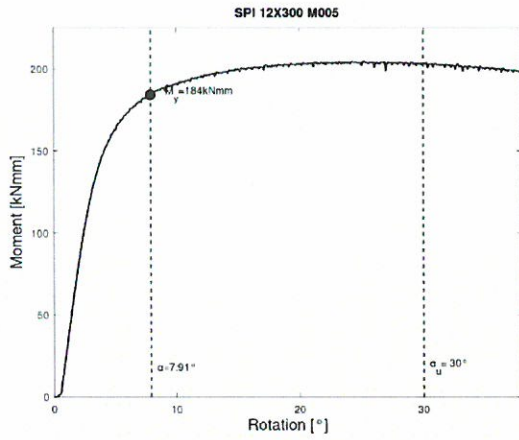




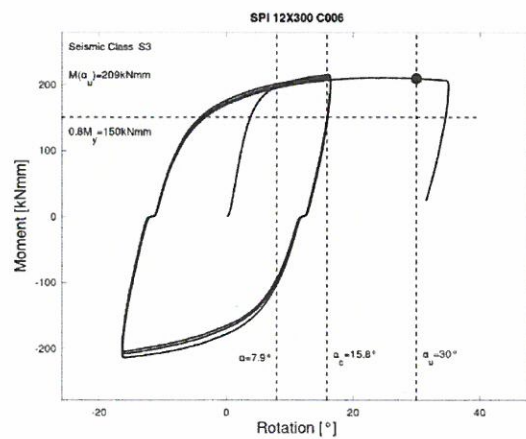
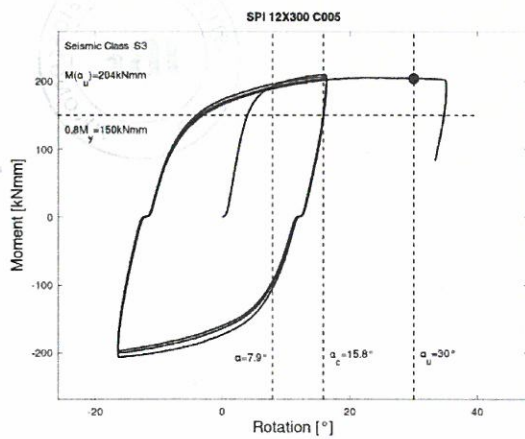
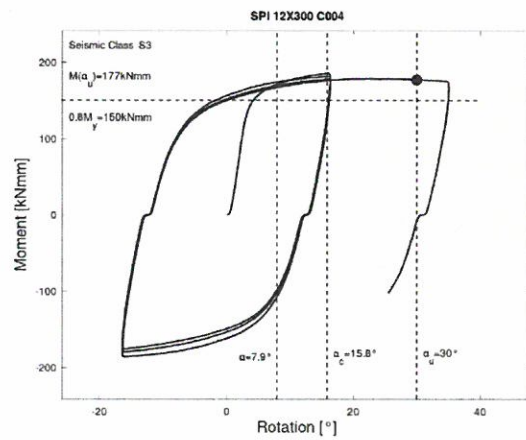
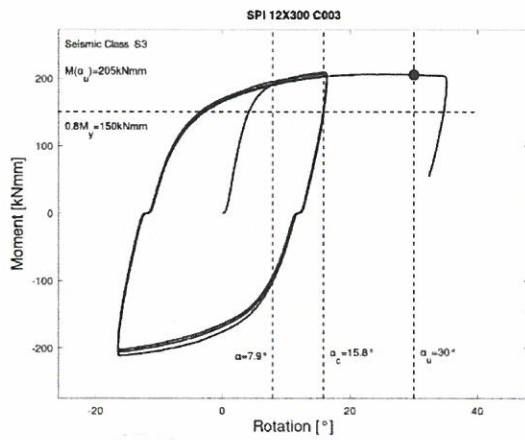
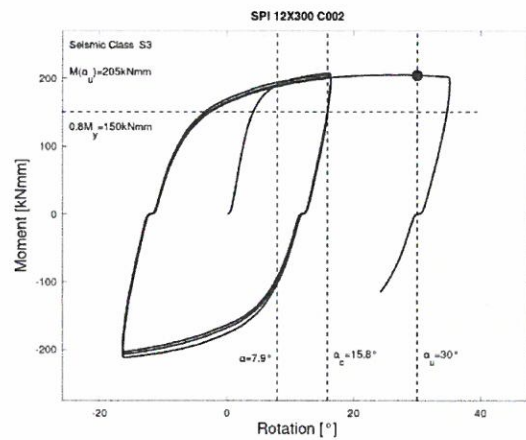
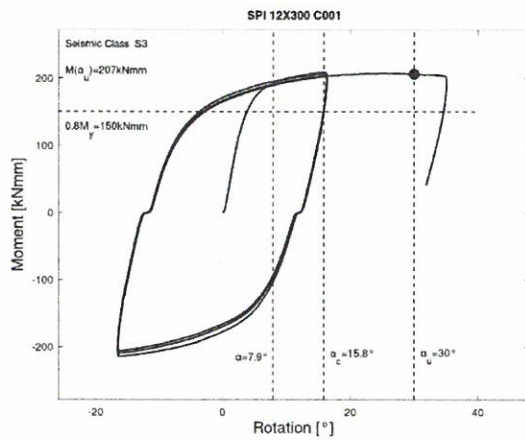
## 4.5 Spinotti 12x300 Tipo #1

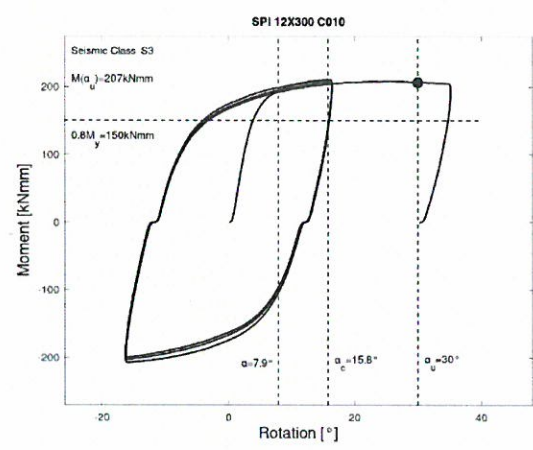
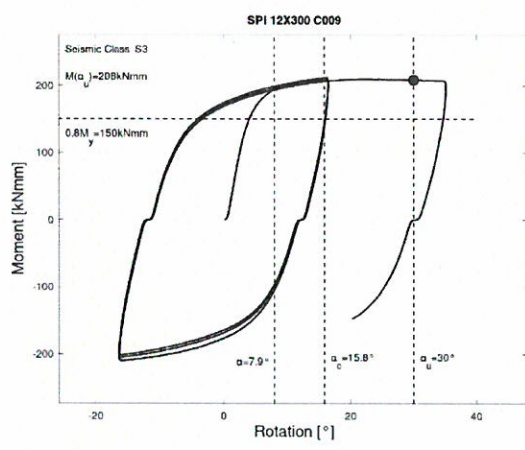
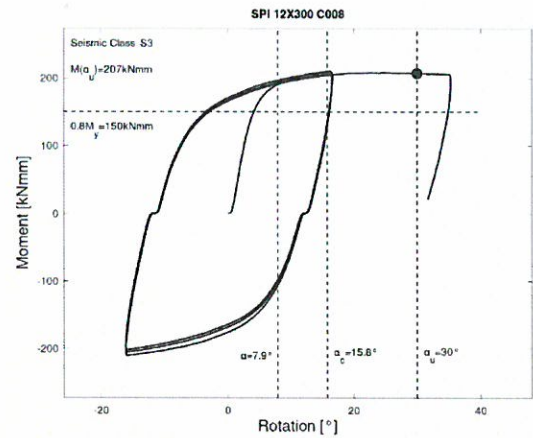
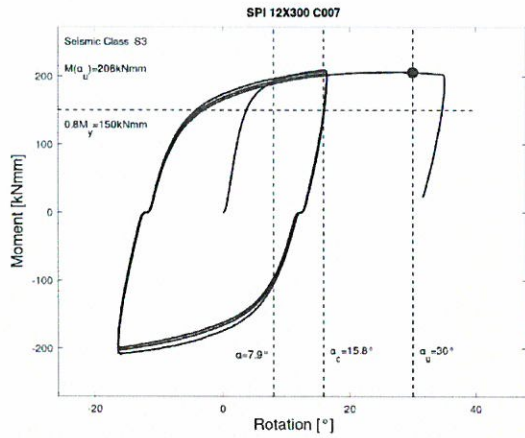
### 4.5.1 Test monotoni





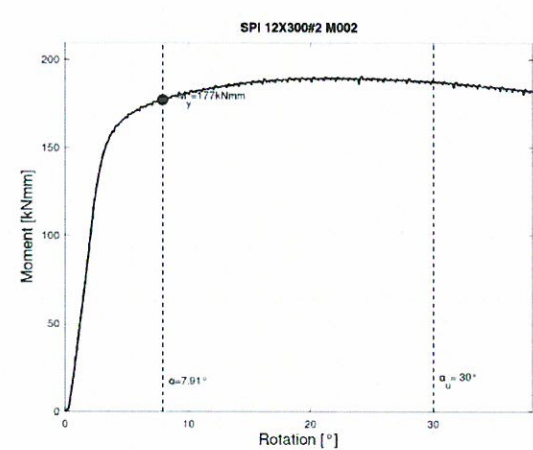
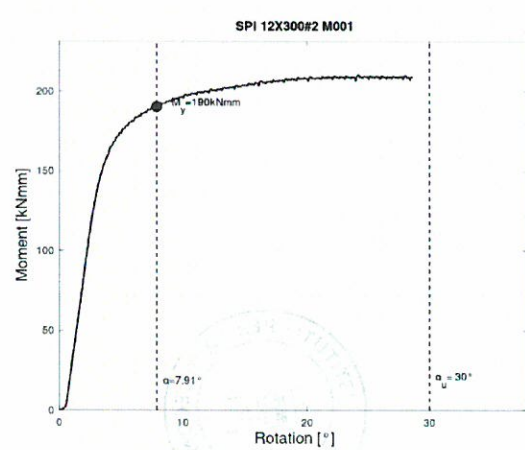
## 4.5.2 Test ciclici

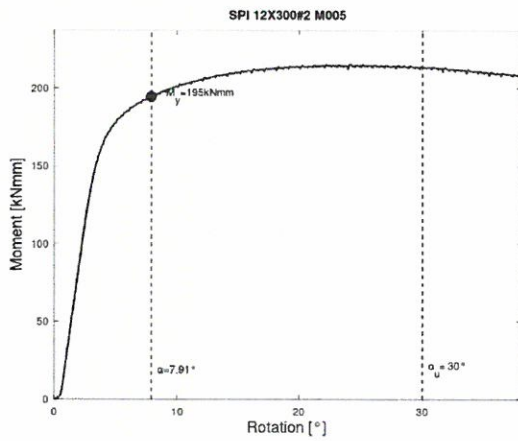
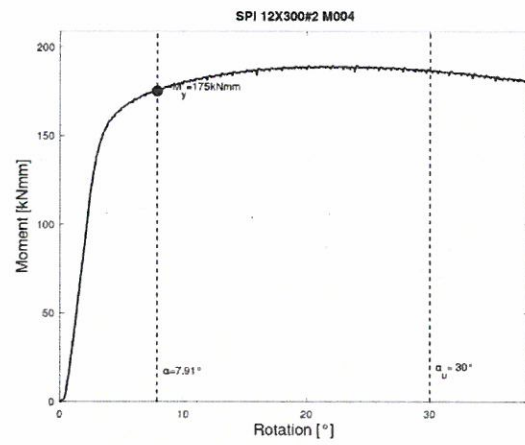
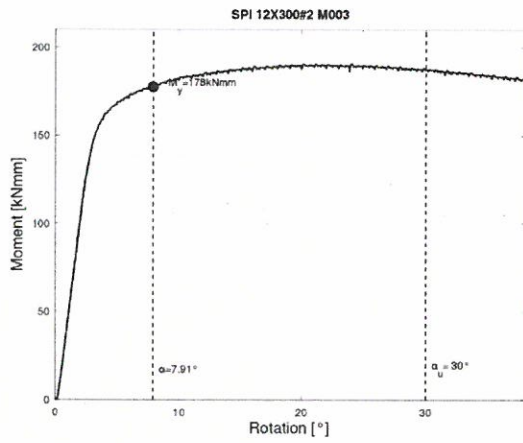




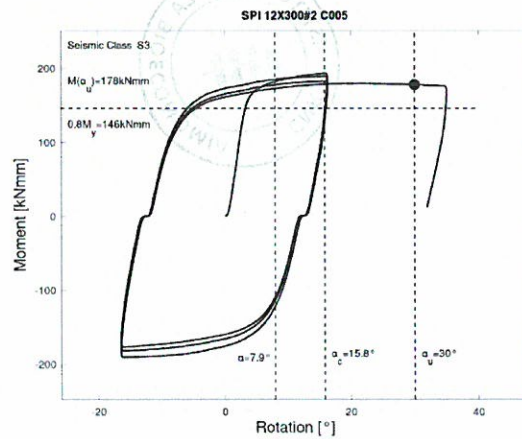
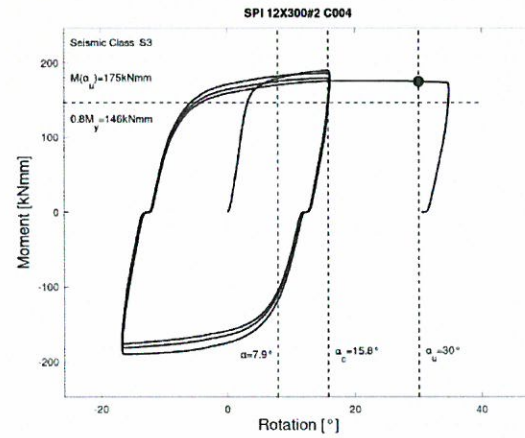
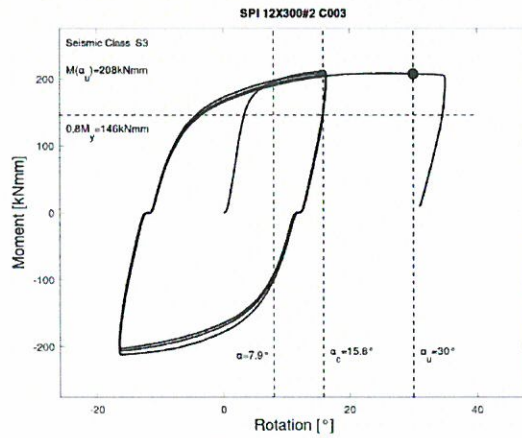
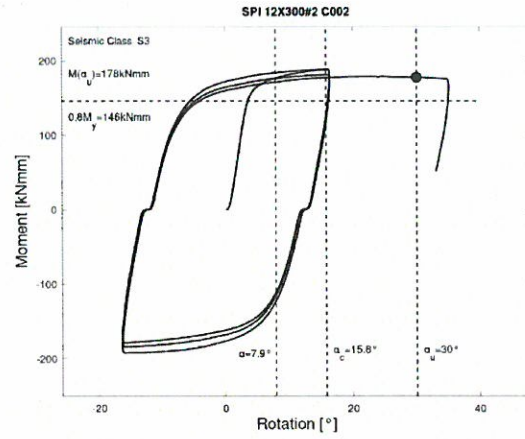
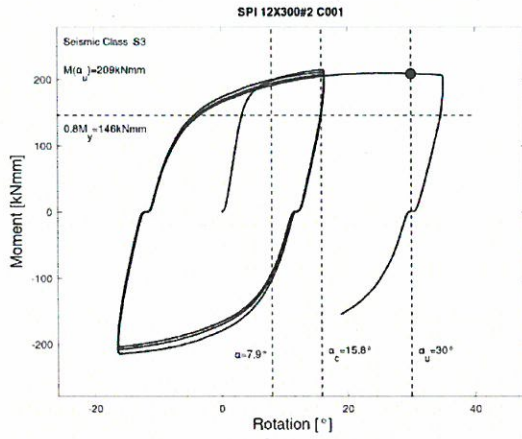
## 4.6 Spinotti 12x300 Tipo #2

### 4.6.1 Test monotoni



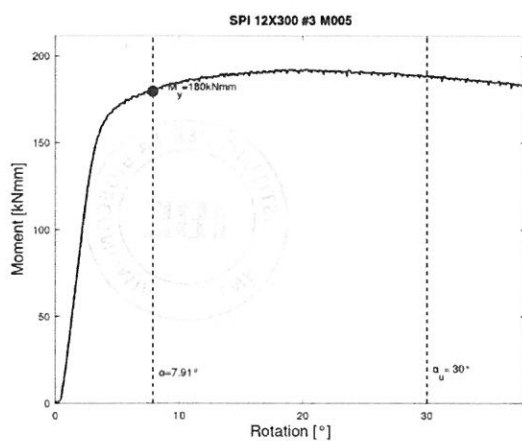
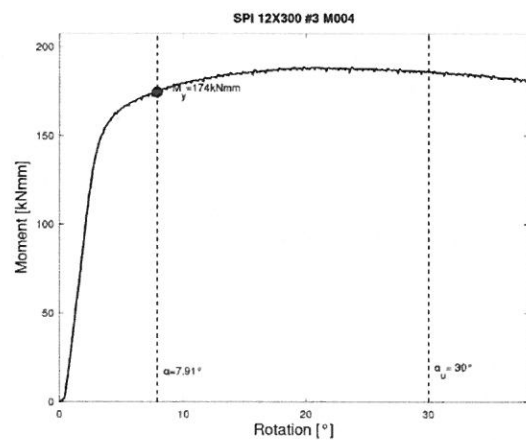
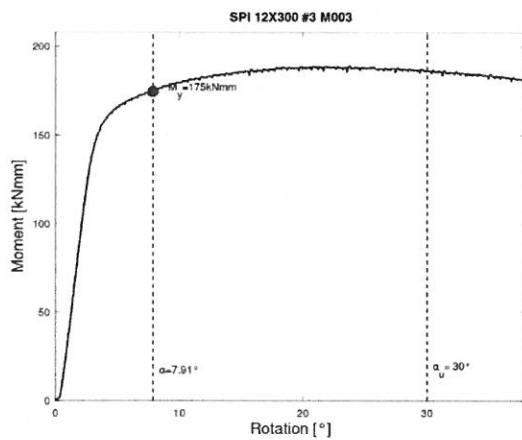
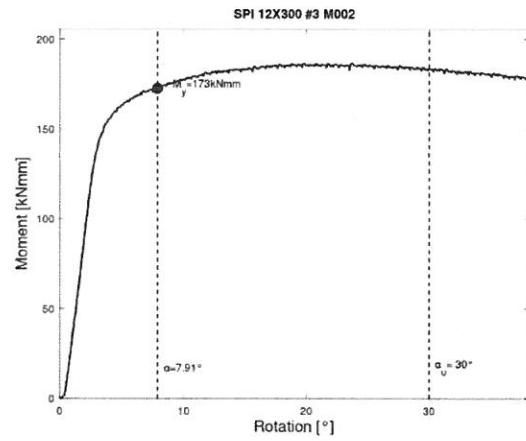
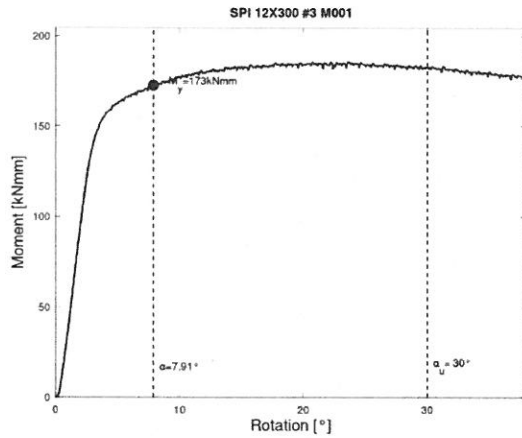


## 4.6.2 Test ciclici



## 4.7 Spinotti 12x300 #3

### 4.7.1 Test monotoni



## 4.7.2 Test ciclici

