

Treball de Fi de Grau

Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials (GETI)

Anàlisi del comportament de columnes de prestatgeria metàl·lica a flexió i a flexió combinada amb esforç axial

ANNEXOS

Autora: Sellés Hontoria, Clara

Directors: Roure Fernandez, Francesc
Pastor Artigues, M. Magdalena

Convocatòria: Setembre 2020



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria
Industrial de Barcelona



Sumari

| | |
|--|----------|
| ANNEXOS | 4 |
| ANNEX A: Imatges de la fallida experimental dels puntals | 4 |
| A.1. Assajos a quatre punts de força | 4 |
| A.2. Assajos a sis punts de força | 5 |
| ANNEX B: Resultats de treballs anteriors emprats al treball | 7 |
| B.1. Resultats test a columna curta | 7 |
| B.2. Resultats per la simulació de les superfícies de fallida reals | 7 |
| ANNEX C: Comparació dels resultats normatius | 8 |
| C.1. Comparació dels quocients normatius a 4 i 6 punts de força | 8 |
| C.2. Comparació de càrregues últimes normatives a 4 i 6 punts..... | 8 |
| C.3. Comparació de quocients entre resultats normatius i reals a 4 i 6 punts | 9 |

ANNEXOS

ANNEX A: Imatges de la fallida experimental dels puntals

A.1. Assajos a quatre punts de força



Fig. A.1: Fallida de l'assaig a flexió a 4 punts de força en posició b. Fallida per abonyegament en el punt de càrrega.



Fig. A.2: Fallida de l'assaig a flexió a 4 punts de força en posició d. Fallida per vinclament distorsional.



Fig. A.3: Fallida de l'assaig a flexió a 4 punts de força en posició e. Fallida per abonyegament en el punt de càrrega.

A.2. Assajos a sis punts de força



Fig A.4: Fallida de l'assaig a flexió a 6 punts de força en posició b. Fallida per abonyegament al punt de càrrega.

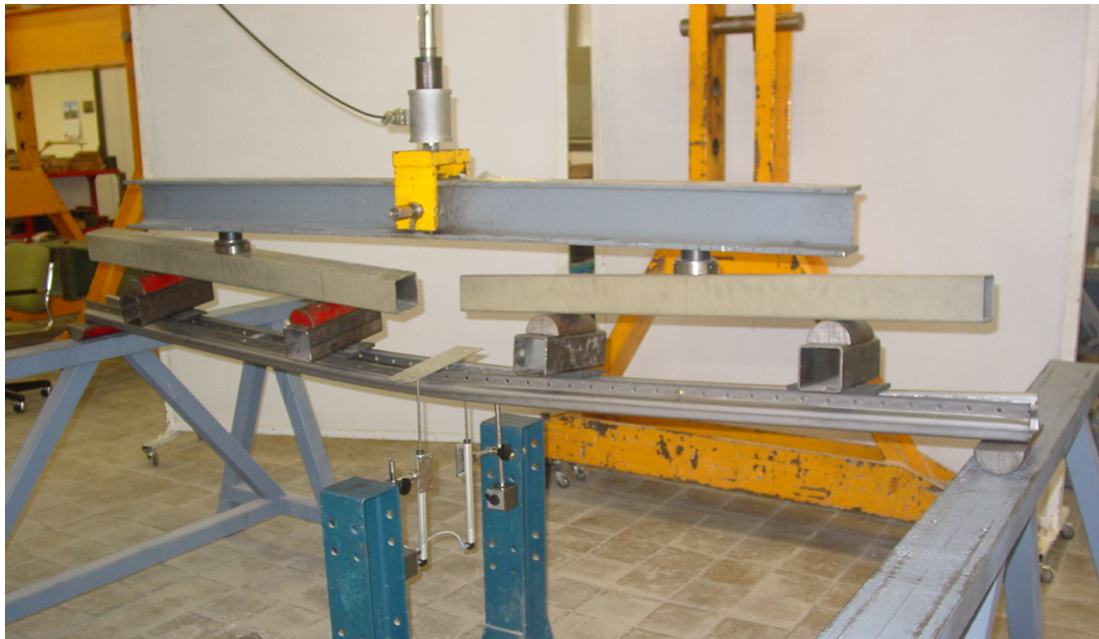


Fig A.5: Fallida de l'assaig a flexió a 6 punts de força en posició d. Fallida per flexotorsió.



Fig A.6: Fallida de l'assaig a flexió a 6 punts de força en posició e. Fallida per abonyegament en el punt de càrrega.

ANNEX B: Resultats de treballs anteriors emprats al treball

B.1. Resultats test a columna curta

| | Longitud [mm] | | |
|---------------------------------|---------------|--------|--------|
| | 700 | 1200 | 1500 |
| $N_{db,Rd}$ [kN] | 91,78 | 101,06 | 101,76 |
| $N_{b,Rd}$ [kN] | 105,68 | 98,32 | 84,89 |
| ε | 0,87 | 1,03 | 1,20 |
| A_{eff} [mm ²] | 316,46 | 355,13 | 355,13 |
| $A_{eff,db}$ [mm ²] | 274,76 | 355,13 | 355,13 |
| M_{cr} [N·m] | 41744 | 14341 | 9253 |

Taula B.1: Resultats dels tests a columna curta per a les diferents longituds del puntal de perfil SL que s'empren pel càlcul normatiu. Font:[2]

B.2. Resultats per la simulació de les superfícies de fallida reals

| Longitud [mm] | Excentricitat [mm] | N_{SIM} [kN] | | | |
|---------------|--------------------|----------------|-------|-------|-------|
| | | y/z | 0 | 12 | 25 |
| 700 | 10 | | 60,16 | 55,82 | 45,31 |
| | 5 | | 73,32 | 62,70 | 49,08 |
| | 0 | | 94,01 | 69,52 | 52,24 |
| | -6 | | 92,52 | 72,48 | 54,46 |
| | -11 | | 75,49 | 67,31 | 54,42 |
| 1200 | 10 | | 56,59 | 52,80 | 44,48 |
| | 5 | | 68,78 | 60,78 | 48,79 |
| | 0 | | 90,42 | 69,13 | 52,15 |
| | -6 | | 89,04 | 68,85 | 52,95 |
| | -11 | | 74,38 | 63,39 | 51,28 |
| 1500 | 10 | | 52,50 | 49,19 | 41,95 |
| | 5 | | 63,83 | 56,59 | 46,44 |
| | 0 | | 86,28 | 64,67 | 48,96 |
| | -6 | | 82,82 | 61,95 | 48,13 |
| | -11 | | 68,76 | 57,54 | 46,33 |

Taula B.2: Càrregues de fallida últimes reals per a les diferents longituds i excentricitats de càrrega del puntal de perfil SL. Font [2]

ANNEX C: Comparació dels resultats normatius

C.1. Comparació dels quocients normatius a 4 i 6 punts de força

| L [mm] | Excentr. [mm] | diferència entre quocients normatius | | | | | | | | |
|-----------|------------------|--------------------------------------|------|------|-----------------------|-------|-------|-----------------------|-------|------|
| | | $\frac{N_{Sd}}{N_{0,0}}$ | | | $\frac{M_y}{M_{y,m}}$ | | | $\frac{M_z}{M_{z,m}}$ | | |
| | | y/z | 0 | 12 | 25 | 0 | 12 | 25 | 0 | 12 |
| 700 | 10 | -0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | -0,04 | -0,05 | -0,02 | 0,00 | 0,00 |
| | 5 | -0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | -0,03 | -0,05 | 0,00 | -0,01 | 0,00 |
| | 0 | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | -0,04 | -0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | -6 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | -0,03 | -0,04 | -0,01 | 0,01 | 0,00 |
| | -11 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | -0,03 | -0,04 | -0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 1200 | 10 | -0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | -0,05 | -0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,01 |
| | 5 | -0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | -0,04 | -0,06 | 0,00 | -0,01 | 0,00 |
| | 0 | 0,00 | 0,04 | 0,03 | 0,00 | -0,04 | -0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | -6 | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,00 | -0,05 | -0,04 | -0,01 | 0,00 | 0,00 |
| | -11 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | -0,04 | -0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1500 | 10 | -0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | -0,04 | -0,05 | -0,02 | 0,00 | 0,00 |
| | 5 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | -0,04 | -0,05 | -0,01 | 0,00 | 0,00 |
| | 0 | 0,00 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | -0,04 | -0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | -6 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,00 | -0,04 | -0,05 | -0,01 | 0,00 | 0,00 |
| | -11 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | -0,04 | -0,05 | -0,01 | 0,00 | 0,00 |

Taula C.1: Diferència entre els quocients normatius a quatre punts de força i a sis punts de força.

C.2. Comparació de càrregues últimes normatives a 4 i 6 punts

| Longitud [mm] | Excentricitat [mm] | Diferència de N_{Sd} [kN] | | | |
|------------------|-----------------------|-----------------------------|-------|------|------|
| | | y/z | 0 | 12 | 25 |
| 700 | 10 | | -0,68 | 1,39 | 1,87 |
| | 5 | | -0,52 | 2,03 | 2,38 |
| | 0 | | 0 | 3,07 | 3,1 |
| | -6 | | 1,26 | 1,88 | 2,78 |
| | -11 | | 1,63 | 2,58 | 2,57 |
| 1200 | 10 | | -0,72 | 1,74 | 2,25 |

| | | | | |
|------|------------|-------|------|------|
| | 5 | -0,58 | 2,50 | 2,84 |
| | 0 | 0 | 3,76 | 3,66 |
| | -6 | 1,39 | 3,27 | 3,24 |
| | -11 | 1,75 | 2,97 | 2,97 |
| 1500 | 10 | -0,61 | 1,47 | 1,94 |
| | 5 | -0,47 | 2,08 | 2,41 |
| | 0 | 0 | 3,08 | 3,09 |
| | -6 | 1,14 | 2,72 | 2,76 |
| | -11 | 1,45 | 2,51 | 2,44 |

Taula C.2: Diferència entre les forces de fallida normatives calculades a partir dels moments resistents a 6 punts de força i les de a partir de 4 punts de força, en aquest ordre.

C.3. Comparació de quocients entre resultats normatius i reals a 4 i 6 punts

| Longitud [mm] | Excentricitat [mm] | Diferència entre quocients | | |
|------------------|-----------------------|----------------------------|----------|-----------|
| | | $\frac{N_{Sd}}{N_{SIM}}$ | 0 | 12 |
| | y/z | | | |
| 700 | 10 | -0,01 | 0,02 | 0,04 |
| | 5 | 0 | 0,03 | 0,05 |
| | 0 | 0 | 0,04 | 0,06 |
| | -6 | 0,01 | 0,02 | 0,05 |
| | -11 | 0,03 | 0,03 | 0,05 |
| 1200 | 10 | -0,01 | 0,04 | 0,06 |
| | 5 | -0,01 | 0,04 | 0,06 |
| | 0 | 0 | 0,05 | 0,07 |
| | -6 | 0,02 | 0,04 | 0,06 |
| | -11 | 0,02 | 0,05 | 0,06 |
| 1500 | 10 | -0,01 | 0,03 | 0,05 |
| | 5 | 0 | 0,04 | 0,05 |
| | 0 | 0 | 0,05 | 0,07 |
| | -6 | 0,02 | 0,05 | 0,06 |
| | -11 | 0,02 | 0,04 | 0,06 |

Taula C.3: Diferència entre els quocients càrrega normativa/càrrega real calculats a partir dels moments resistents a 6 punts de força i els de 4 punts de força, en aquest ordre.