

5 Arc

5.22 Arc amb forces concentrades. Plantilla

5.22.1 Arc amb forces concentrades. Exemple. Can Sollerich

5.22 Arc amb forces concentrades. Plantilla

En el llibre 'Patis de Palma' de P. de Montaner i Manuel Oliver. Editor: Guillermo Canals, 2006, apart de mostrar la bellesa dels patis de Palma, es presenta una qüestió molt interessant i que requereix un estudi amb el programa GeoGebra. Es tracta que els suports dels arcs superiors creen en l'arc inferior càrregues concentrades que incideixen directament en les dovelles que el conformen. Aquestes càrregues són suficientment altes per crear distorsions a la línia de pressió de l'arc provocant tensions massa altes o lliscaments inadmissibles a les dovelles? La present aplicació estudia el tema en general (5.22), i un cas particular, el de Can Sollerich de Palma (Mallorca) (5.22.1). Aquest no és l'únic cas en què es dona aquesta particularitat a les càrregues. A les figures 5.82, 5.83 i 5.84 es s'ensenyen altres exemples que es troben en el llibre abans esmentat.



Can Montenegro

Fig. 5.82



Can Ordines d'Almendra

Fig. 5.83



Can Berga

Fig. 5.84

El càlcul consisteix, en primer lloc, en calcular la càrrega P (fig. 5.85) provocada pels arcs superiors, cosa que es fa a partir del full de càlcul de GeoGebra. Aquesta càrrega està provocada

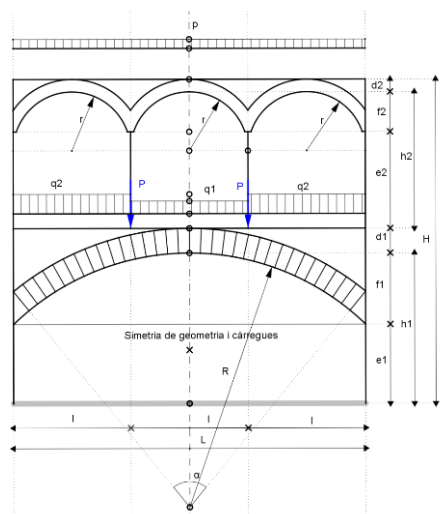
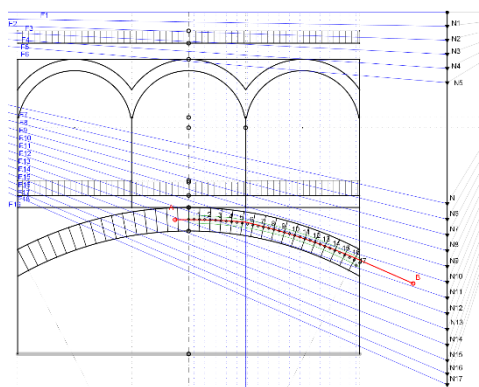


Fig. 5.85

a la seva vegada per la càrrega uniformement repartida p , la càrrega d'implementació dels sinus dels arcs superiors i el pes de les dovelles dels mateixos arcs. La càrrega p es regula per un punt mòbil i una escala de càrregues, mentre que els pesos específics de la implementaria dels arcs superiors γ_s i de les dovelles γ_d es controlen per punts lliscants. Les càrregues en l'arc inferior són P , col·locada amb gravetat en la vertical del suport superior, les càrregues uniformement repartides q_1 i q_2 , la implementaria del sinus de l'arc inferior, el pes propi de les dovelles i la càrrega lineal q_l del balcó. Excepte els valors de q_1 i q_2 totes les altres càrregues es determinen per punts lliscants. Aquestes es calculen

Per a cadascuna de les dovelles, provocant càrregues concentrades, i estan aplicades en el seu centre. Són els valors d' N_i . Amb aquests valors es construeix un polígon funicular que passa pels punts mòbils A i B, la qual cosa obliga a fer primerament un polígon funicular d'aproximació. Atès que els arcs són simètrics, de geometria i càrrega, en referència a una línia vertical que

passa pel centre de l'arc inferior, permet estalviar recursos de GeoGebra i, a més, sabèr 'a priori' que la força a la dovella número 1 es horitzontal. El polígon funicular ens dona la força que actua a cada dovella F_i (fig. 5.86), però aquesta no actua en el centre de la dovella sinó que es produeix amb una certa excentricitat e_i (Recordar que el polígon funicular que passa per 3 punts, o per dos amb una direcció coneguda, que es el nostre cas, és inestable, especialment en el punt A). De la mateixa manera F_i té una inclinació amb referència a l'horitzontal, que permetrà



descompondre-la en una força normal a la dovella $F_{n,i}$ i una tangencial $F_{t,i}$ (per aquesta qüestió es tria la cara més a l'esquerra o més superior de la dovella). Coneguda l'amplada de l'arc b_i , la rosca o cantell de cadascuna de les dovelles, la força normal i l'excentricitat, es poden calcular les tensions a la cara de l'extradós $\sigma_{sup,i}$ i a la de l'intradós $\sigma_{inf,i}$. De la mateixa manera, sabent la càrrega tangencial i la secció de la cara de la dovella, és immediat calcular la tensió tangencial $\sigma_{t,i}$, el signe de la qual indicarà la tendència a alçar-se o a baixar de la directriu de l'arc.

Fig. 5.86

D'altra banda, el moviment dels punts A i B, que pot ser qualsevol, ha de permetre, sempre que sigui possible, que la línia de pressió de l'arc (diagrama de formes del polígon funicular) passi pel nucli central de l'arc, cosa que assegurarà que no es produeixen traccions (en el cas de les dovelles, la seva separació).

5.22.1 Arc amb forces concentrades. Exemple. Can Sollerich

La figura 5.87 mostra una vista del pati de Can Sollerich al carrer de Sant Gaietà, 10 de Palma. És



una fotografia extreta del llibre 'Patis de Palma' de P. de Montaner i Manuel Oliver. Es poden veure els tres arcs superiors i els dos suports d'aquests que són sustentats simètricament per l'arc inferior compost per dovelles. La forma de treballar ha consistit en col·locar la fotografia de la figura 5.87 a la plantilla de l'aplicació 5.22. En referència a les dades introduïdes (fig. 5.89) s'han de fer les següents consideracions:

Fig. 5.87

- .1. No es disposa de més fotografies que la es veu a la figura 5.87 i, atès que no és perfectament frontal, apareixen certes distorsions entre la fotografia i l'alçat de l'aplicació 5.22 (fig. 5.88).
- .2. L'amplada dels arcs, tant superior b_s com inferior b_i , s'ha considerat de 0.3 m.
- .3. El pes específic de l'implementaria dels arcs, tant superior γ_s com inferior γ_i , s'ha considerat de 17.1 kN/m^3 .
- .4. El pes específic de les dovelles (conceptualment el mateix a tots els arcs) s'ha fixat amb el valor de $\gamma_d = 23.7 \text{ kN/m}^3$.
- .5. Quant a les càrregues, els valors assignats han estat, en kN/m , de $q_1 = 30.28$, $q_2 = 20.71$ i $p = 15.05$. S'ha menyspreat el pes propi dels suports.

Quan els resultats (fig. 5.89) obtinguts, es fan els següents comentaris.

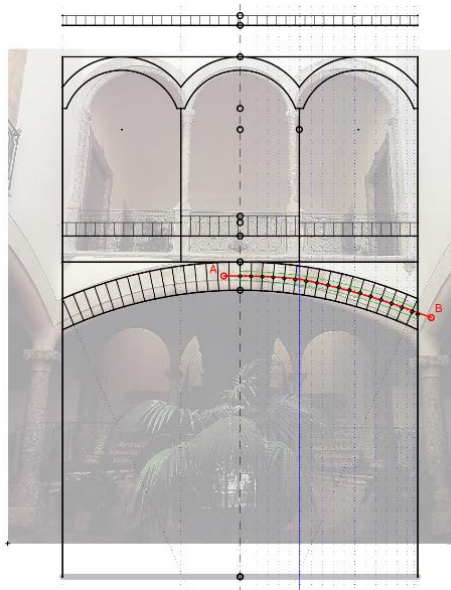


Fig. 5.88

Geometria (m)	Resultats
l= 2.51	P. Càrrega concentrada= 46.64 kN
L= 7.53	
h1= 6.07	n. Nom dovella
h2= 4.06	N _i (kN). Càrrega gravitatòria a les dovelles
H= 11.02	F _i (kN). Força les dovelles. Poligon funicular
e1= 5.23	F _n (kN). Força normal a les dovelles
e2= 3.25	F _t (kN). Força tangencial a les dovelles
f1= 0.84	e _i (cm). Excentricitats
f2= 0.81	osup _i (N/mm²). Tensions fibra superior dovella
d1= 0.6	oinf _i (N/mm²). Tensions fibra inferior dovella
d2= 0.29	ot _i (N/mm²). Tensions tangencials
R= 8.86	
r= 1.25	
α= 46.9°	
	n...N _i ...F _i ...F _n ...F _t ...e _i ...osup _i ...oinf _i ...ot
	1...8.87...465.39...465.39...0...0.24...2.65...2.53...0
	2...8.92...465.48...465.47...-3.04...0.54...2.73...2.45...-0.02
	3...8.97...465.73...465.69...-6.03...0.77...2.79...2.39...-0.03
	4...9.01...466.16...466.07...-9...1.15...2.89...2.29...-0.05
	5...9.05...466.77...466.61...-11.95...1.68...3.03...2.16...-0.07
	6...6.83...474.29...473.26...31.35...2.95...3.41...1.86...0.17
	7...6.87...475.66...474.95...25.99...1.52...3.05...2.24...0.14
	8...6.9...477.13...476.68...20.59...0.37...2.75...2.55...0.11
	9...6.92...478.69...478.45...15.15...0.5...2.53...2.8...0.08
	10...6.94...480.36...480.26...9.65...1.1...2.38...2.97...0.05
	11...6.96...482.13...482.11...4.08...1.43...2.3...3.07...0.02
	12...6.97...483.99...483.99...-1.57...1.49...2.29...3.09...-0.01
	13...6.97...485.95...485.89...-7.31...1.27...2.36...3.05...-0.04
	14...6.97...488...487.82...-13.15...0.77...2.5...2.92...-0.07
	15...6.96...490.14...489.77...-19.09...0.01...2.73...2.72...-0.11
	16...6...492.37...491.73...-25.15...1.06...3.03...2.45...-0.14
	17...4.78...494.36...493.31...-32.21...2.42...3.41...2.08...-0.18
Càrregues (kN/m)	
q1= 30.38	
q2= 20.71	
p= 15.05	

Fig. 5.89

1. La càrrega concentrada P ha resultat de 46.64 kN.
2. La línia de pressió de l'arc passa, en tot moment, pel seu nucli central (fig. 5.88).
3. Coincidint amb la càrrega concentrada deguda als arcs superiors apareix una discontinuïtat en la línia de pressió de l'arc inferior.
4. La màxima tensió normal produïda en l'extradós de l'arc ha estat de $\sigma_{sup,i} = 3.41 \text{ N/mm}^2$ a la dovella de número 6 i 17.
5. La màxima tensió normal produïda en l'intradós de l'arc ha estat de $\sigma_{inf,i} = 3.09 \text{ N/mm}^2$ a la dovella de número 12.
6. La màxima tensió tangencial ha estat de -0.18 N/mm^2 a la dovella de número 17.
7. Que aquestes tensions poden tenir certes oscil·lacions en els seus valors en funció de les posicions dels punts mòbils A i B.

8. Els valors de les tensions normals són considerables, però es creu que el material amb què estan formades les dovelles pot suportar-les fàcilment.
9. Els valors de les tensions tangencials són francament petits. De la dovella 6 a la 11 (positius) es produeix una tendència al moviment ascendent. De la dovella 2 a la 5 i de 12 a 17 (negatius) es produeix una tendència al moviment descendent. La dovella 1 roman inalterada.
10. De la dovella 5 a la 6 (de -0.07 a $+0.17 \text{ N/mm}^2$) es produeix un salt important de les tensions tangencials, amb tota seguretat produït per la càrrega concentrada P.
11. Les càrregues considerades han estat de servei, és a dir, sense cap referència als coeficients de seguretat.

12. Encara que les tensions tangencials hagin estat baixes, el moviment de les dovelles es deu únicament al fregament entre cares de dovelles, del que es desconeix el seu coeficient μ .

Com a conclusió s'ha de dir que, en general, no són aconsellables les càrregues concentrades en els arcs formats amb dovelles. En el cas d'obres ja realitzades, com la d'aquest exemple de Can Sollerich, atès que no es dona l'avís de col·lapse previ en forma de lesió, caldria revisar periòdicament que no s'hagin produït moviments de les dovelles, especialment aquelles que coincideixen amb les càrregues concentrades dels suports superiors.