

15 Regions D. Bieles i tirants

15.10 Fàbrica maó. Càrrega concentrada. Bieles i tirants

A les rehabilitacions o intervencions dels edificis existents és freqüent efectuar estintolaments de les parets mestres de fàbrica de maó que permetin disminuir la seva longitud o crear noves o més grans obertures. Les parets dels pisos superiors transmeten noves càrregues que s'han de sustentar sobre nous elements estructurals, generalment jàsseres. Aquestes provoquen càrregues concentrades sobre les parets que es veuen sotmeses a canvis del seu estat tensional que, en general, són difícils de mesurar. Aquesta aplicació aborda el problema de forma geomètrica amb l'ajuda de GeoGebra.

A la tesi doctoral de Alvaro Viviescas Jaimés '*Modelos simples para el análisis de muros de obra de fábrica de ladrillo cargados en su plano*' escrita el 2009 i dirigida pel professor Pere Roca Fabregat, s'exposa un mètode de càlcul de parets basat en les bieles i tirants. El mètode fa temps que s'utilitza en el formigó armat, principalment en aquells objectes estructurals en els quals el model de flexió convencional no es pot aplicar. Atès que el tema ja s'exposava en el capítol 15 'Regions D. Bieles i tirants' de la Geometria Estructural i també pel seu fort component geomètric, es creu convenient abordar el tema aplicat a les parets de fàbrica de maó de forma geomètrica.

Dels diversos models que amb la utilització de les bieles i tirants es poden fer, en aquesta aplicació se n'han triat dos. En els dos casos, la condició necessària és que tant les forces exteriors a l'esquema estructural com les interiors a les bieles i tirants es trobin en equilibri. El primer model són dues bieles que esquiven una porta (fig. 15.10) i, en el segon, les bieles esquiven una finestra (fig. 15.11). En el primer model es formen dues bieles A1-B1-C1 i A2-B2-C2 i un sol tirant que es troba a mitat d'altura h de la paret. En aquest punt les bieles poden canviar la seva direcció. En el segon model, les bieles A1-B1-C1-D1 i A2-B2-C2-D2 se separen per donar cabuda a una finestra i això obliga a col·locar dos tirants a altura variable i en aquests punts les bieles poden canviar d'orientació. Aquests moviments es fan a sentiment amb l'única condició que les tensions a compressió de les bieles i les de tracció als tirants no superin uns valors admissibles. La compressió a les bieles s'entén perfectament, però no així la tracció en els tirants, atès que aquests no existeixen físicament. La tracció que produeixen els tirants és abstracta, no és la convencional que podria produir, per exemple, una compressió excèntrica, sinó que provoca un esforç en la direcció del tirant, en un àmbit d'altura y i gruix de paret e . No és possible establir un valor de comparació per dictaminar l'estat de la paret sotmesa a aquesta sol·licitació. No es coneix cap norma o estudi que abordi el tema. Afortunadament, la paret es troba, en tot cas, comprimida provocant tensions normals favorables a la tracció transversal. Però necessàriament haurà de ser el sentit comú o el coneixement intens de la paret qui, finalment, permeti dictaminar la seva idoneïtat. El moviment de les bieles i dels propis tirants permetran ponderar el valor de les tensions en aquests.

Un dels punts més importants de l'aplicació és la determinació de l'angle α . Aquest regula la inclinació, amb referència a la vertical, de les bieles comprimides i, més exactament, la inclinació de les seves cares. D'aquesta manera, amb els punts mòbils i lliscants es pre-dimensionen les bieles, però sense superar la inclinació donada per α (quan aquesta inclinació és superada, apareix un avís a la casella de resultats i, simultàniament, la línia que defineix la cara de la biela es torna de color vermell). A la tesi doctoral d'Alvaro Viviescas es diu que per calcular el valor d' α s'utilitza el criteri de Mohr-Coulomb, tal que $\tan\alpha = \tan\phi + c/\sigma_n$, sent ϕ l'angle de fregament intern, c la cohesió i σ_n la compressió vertical mitja. No es realitza cap exemple pràctic, de manera que aquesta fórmula, i per tant el valor d' α , queda totalment desdibuixada. Efectivament, el criteri de Mohr-Coulomb està pensat per a l'anàlisi de sòls en què tant ϕ com c

tenen un sentit físic, cosa que no passa a les parets de fàbrica de maó. Afortunadament, s'ha pogut comprovar que, com el valor c/σ_n és molt petit, es pot dir que α és molt semblant a ϕ , però el concepte d'angle de fregament intern en la fàbrica de maó és difícil d'assimilar. Per tant, s'haurà de ser curosos amb aquests valors i el que representen.

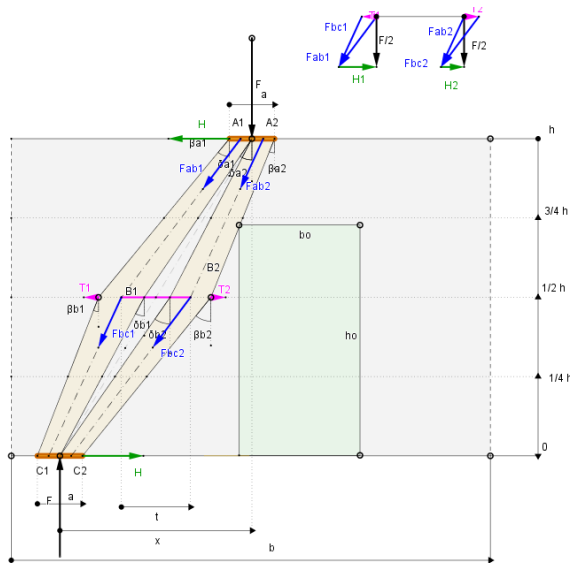


Fig. 15.10

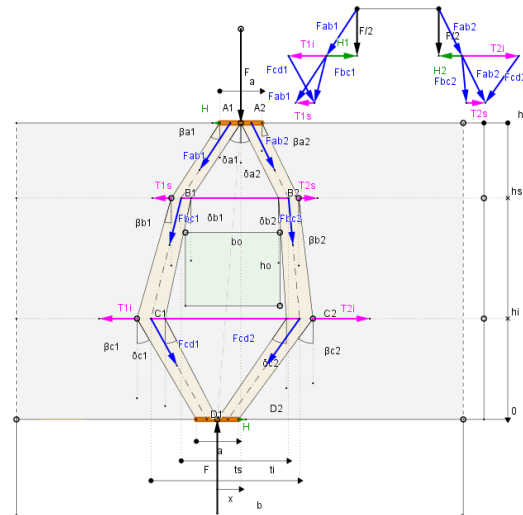


Fig. 15.11

Amb la intenció d'omplir de contingut el criteri de Mohr-Culomb, s'ha utilitzat la taula de Jaffe de 1973 (fig. 15.12) on, en el context de la mecànica del sol, es relaciona el pes específic amb la cohesió i l'angle de fregament intern. Atès que el pes específic de la fàbrica de maó és determinable, serà aquest el paràmetre d'entrada per al càlcul de l'angle α . La idea és col·locar un punt lliscant on es pugui entrar el pes específic γ de la fàbrica de maó, i que amb aquest valor es determini el valor de c i de ϕ . Amb els valors de la taula de Jaffe s'han obtingut unes corbes d'ajust que són polinòmiques de segon grau. Són les següents:

La que relaciona γ i c : $c=6.9 \cdot \gamma^2-16.42 \cdot \gamma+9.71$

La que relaciona γ i ϕ : $\phi=120.58 \cdot \gamma^2-305.6 \cdot \gamma+198.98$

A l'aplicació s'han transformat les unitats de la taula de Jaffe a unitats usuals. Per a alguns valors

Density, g/cm^{-3}	Cohesion, kPa	Internal friction angle, deg
0.99	0.3	13
1.43	0.1	17
1.60	0.5	19
1.70	3.0	14
1.87	2.7	56

La densitat massiva, la cohesió i l'angle de fricció intern de les dades experimentals (Jaffe, 1973)

de γ es poden trobar desajustos entre la taula de Jaffe i les corbes d'ajust. Observi's que el valor de σ_n és variable segons el nivell en què es faci el càlcul.

Fig. 15.12

Com s'ha dit, el tirant provoca traccions a la fàbrica de maó. La tesi doctoral d'Alvaro Viviescas suposa que aquestes traccions es manifesten a la meitat de la seva zona d'influència. En el primer model, la zona d'influència és $h/2$. En el segon model, aquesta zona d'influència està determinada per les cares superior i inferior de l'obertura i la cara superior i inferior respectivament de la paret.

L'equilibri de l'estructura obliga a la creació d'una força H . Aquesta es manifesta a l'entrega superior i inferior de les bieles. Com s'observa, H té valors importants en el primer model i no tant en el segon model. La força H no hauria de preocupar si el sostre, tant superior com inferior

de la paret, es troba en condicions de poder-la absorbir, cosa que freqüentment és el més probable.

Les plataformes d'entrega de les bieles per a la càrrega F tenen una amplada a variable amb un punt lliscant. La tensió a què es troba la paret en aquestes zones es calcula simplement dividint la carrega F per a·e. El més probable és que aquesta tensió sigui la més alta de les que es produeixen a les bieles. Per tant, la definició d'a és important. Algunes instruccions, com el 'Documento Básico SE-F. Seguridad estructural: Fábrica' en l'Anejo F permeten el càlcul del factor d'increment per a càrregues concentrades, però aquesta qüestió no es contempla a l'aplicació.

Tampoc es contempla a la present aplicació el guerxament. L'esveltesa de les parets, sotmeses a esforços gravitatoris a compressió, pot produir efectes de deformació transversal importants. La instrucció 'Norma Básica de la Edificació. NBE-90 FL-90 Muros resistentes de fábrica de ladrillo' resol la qüestió establint una relació entre altura de la paret h i l'esveltesa. El resultat d'aquesta relació és que la paret pot augmentar virtualment la seva altura a canvi de no considerar el guerxament.

A la figura 15.13 es veuen els resultats obtinguts en el primer model. Cal destacar els valors de les tensions a compressió a les bieles i els esforços de tracció al tirant. També cal destacar el valor de la força horitzontal H.

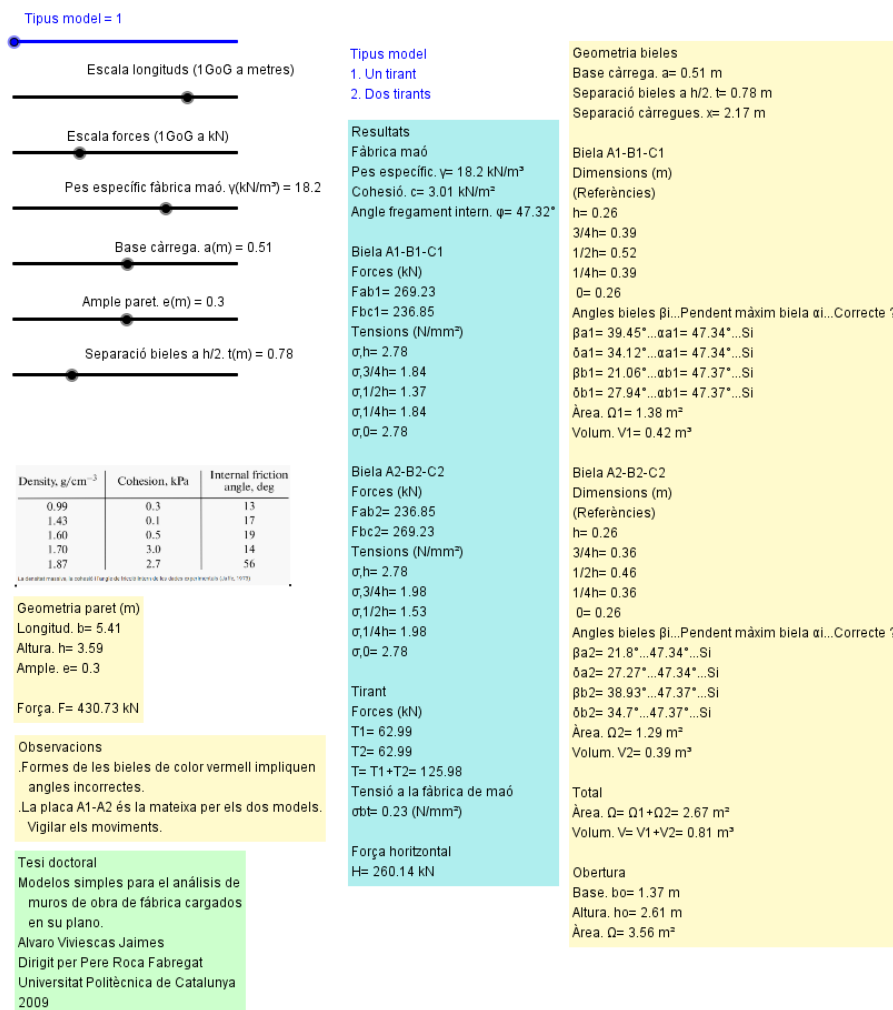


Fig. 15.13