

6 Cúpula

6.2 Cúpula. Concrecionada. Plantilla

6.2.1 Cúpula. Concrecionada. Exemple

6.2 Cúpula. Concrecionada. Plantilla

Una cúpula concrecionada, també anomenada corticals o 'cascarones', és la que es pot considerar com a continua, com la formada per formigó, però també aquelles construïdes amb material discontinu, com per exemple maçoneria o maó, en les quals les juntes no són reals, com es podria donar a les cúpules formades per dovelles.

Aquesta aplicació, a diferència de l'aplicació que tracta de les cúpules Schwedler vistes en el punt 6.1, es pot considerar absolutament general. La cúpula concrecionada que prenem com a plantilla està formada per 7 plans paral·lels més la base. Aquests paral·lels són el·lipses les dimensions de les quals es regulen per punts lliscants (fig. 6.5). L'el·lipse superior pot ser un òcul. La càrrega més important és la produïda pel pes propi, de forma que s'ha de concretar el pes específic i el gruix del material de què està composta la cúpula. Aquesta càrrega pròpia és sobre la superfície en verdadera magnitud (superfície en planta dividida pel cosinus de l'angle que forma la planta amb la inclinació del sector). En tot cas, també es pot carregar considerant una sobrecàrrega d'utilització, o de qualsevol altre tipus com el manteniment, que es calcula sobre la superfície del sector en planta. Cas que les bases del paral·lels no siguin circulars, s'ha de definir un grilló (*gajo*): aquest serà la base de càlcul. S'han de definir tants grillons com siguin necessaris fins trobar el que dona sol·licitacions pèssimes. L'equilibri de forces ens donaran les forces en els meridians i en els paral·lels. Totes les forces es troben en plans tangents a la superfície de la cúpula segons paral·leles o meridians. Únicament es consideren traccions o compressions. No es consideren els possibles moments de flexió o els esforços tallants. Aquesta aplicació es troba ben documentada a l' *Estática Aplicada* de Rudolf Saliger. Editorial Labor 1968.

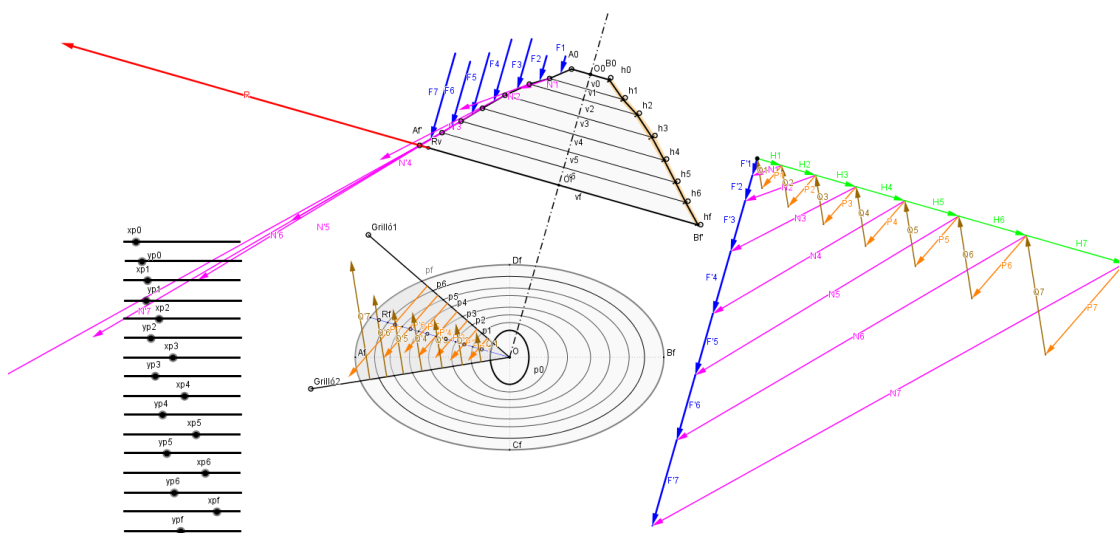


Fig. 6.5

Els resultats obtinguts són els següents (fig. 6.6):

- .Forces N_i dirigides segons els meridians.
- .Forces H_i segons els paral·lels i que es descomponen en les forces P_i i Q_i .
- .Forces P_i segons les tangents als paral·lels i dirigides lògicament segons els diferents plans que formen els paral·lels.
- .Forces Q_i segons les tangents als paral·lels i dirigides lògicament segons els diferents plans que formen els paral·lels.

Aquestes forces produeixen tensions al material de la cúpula que s'indiquen a les taules corresponents. Generalment, les forces generades són de compressió. Les de tracció seran ràpidament detectades.

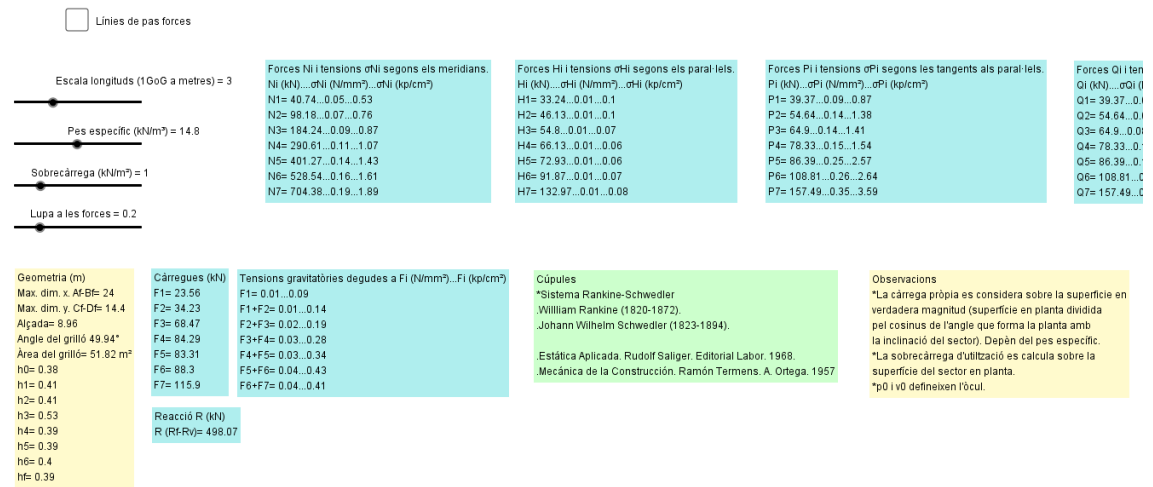


Fig. 6.6

6.2.1 Cúpula. Concrecionada. Exemple

Com a exemple de cúpula concrecionada s'ha triat la famosa cúpula del Taj Mahal a Agra, Índia (fig. 6.7). La construcció es va efectuar entre 1631 i 1643. Per la dificultat en la recerca d'informació tècnica, aquesta està concretada a les fotos que s'adjunten a la vista gràfica de l'exemple. En tot cas, no es tracta tant de fer un estudi històric de les cúpules com d'observar la capacitat geomètric-estructural de GeoGebra.

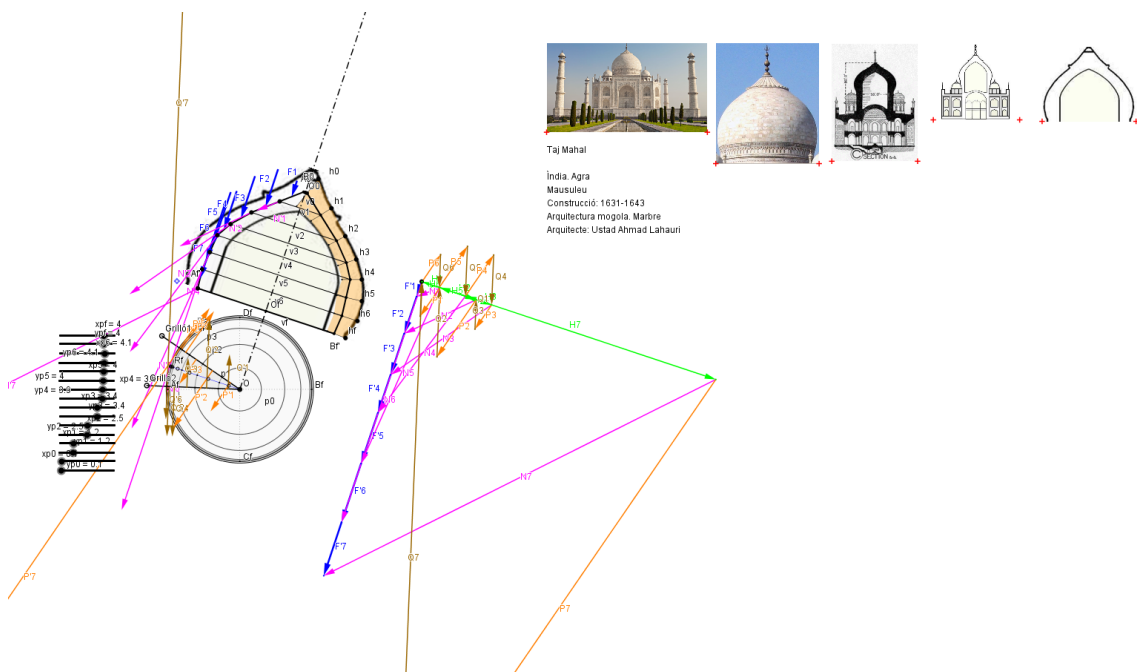


Fig. 6.7

D'aquest exemple es comenta el procés d'elaboració (fig. 6.8).

.1. Es col·loca la fotografia o esquema de fons de la secció que amb més fidelitat representi la geometria real de la cúpula. El primer inconvenient ha estat en establir l'alçada de la cúpula,

atès que aquesta es prolonga en vertical sobre parets, en primer lloc, i pilars posteriorment, fins arribar a la fonamentació. Finalment, es decideix una alçada aproximada de 19.48 m. El diàmetre màxim s'estableix en 22.40 m. A partir d'aquest valor ja es pot dissenyar una escala de longituds, en aquest cas, 1 GoG (magnitud de pantalla de GeoGebra) equival a 2.8 m.

.2. Es mouen els plans paral·lels, tant en alçat com en planta, amb l'intent d'ajustar la forma de la cúpula. Atès que la planta és circular, únicament s'efectuarà un sol càlcul en un grilló qualsevol, per exemple, en un angle del 32.11 graus i una àrea de 35.12 m.

.3. Es determinen els gruixos $h_0 \dots h_f$ de la cúpula definits prèviament per la posició dels paral·lels i que estan compresos entre 3 i 5.44 m..

.4. A partir del pes específic considerat, 23 kN/m³, que correspon al marbre ordinari, l'aplicació calcula les càrregues gravitatòries F1...F7 que estan compreses entre 435 i 1686 kN, evidentment en el grilló considerat. Com a càrrega de manteniment s'ha considerat 1 kN/m².

.5. La construcció gràfica per obtenir l'equilibri ens diu que en els paral·lels 4, 5 i 6 es produeixen traccions.

.6. Les màximes tensions col·lectives es produeixen en els meridians amb valors compresos entre 0.15 i 5.4 N/mm². En els paral·lels les forces Pi i Qi produeixen tensions molt baixes, compreses entre 0.07 i 1.37 N/mm². Excepte en la base, on les tensions es dispren a 15.72 N/mm², i que a compressió no han de produir cap problema. Quant a les traccions als paral·lels indicats, es produeixen tensions de valors compresos entre 0.32 a 1.37 N/mm² que tampoc han de ser un impediment per al marbre. En els casos en què la tracció no pot ser suportada pel material, és necessària la col·locació d'un encerclament, generalment metàl·lic, per evitar lesions a tracció.



Fig. 6.8

Ningú dubta de la bellesa de la cúpula del Taj Mahal, ni que aquest factor pot eclipsar qualsevol tipus de crítica que es pugui fer, però s'han de fer dues reflexions: 1. Atès que tot fa pensar que, efectivament, la cúpula és massissa, les seves dimensions són desmesurades. Compari's les dimensions de la construcció barroca contemporània amb la cúpula estudiada. 2. El disseny de cúpules hauria de ser de tal manera que no es produïssin traccions. Aquestes poden produir lesions importants amb reparacions cares i generalment poc estètiques.