

HIDROMECHANICAL SIMULATION IN A FRACTURED ROCK MASS: THE EXPERIMENTAL SITE OF COARAZE (SOUTHERN-ALPS, FRANCE)

SERGI CORBERA I GAJU
PERE PRAT & CLAUDIO SCAVIA

Els processos hidromecànics en massissos rocosos fracturats extensos i permeables han estat pobrament estudiats a causa de les diferents maneres de determinar les condicions de contorn en llocs tan extensos. Per això, des del 1997 s'han realitzat experiments *in situ* al camp en un massís rocós calcari fracturat del Sud de França, concretament a Coaraze (aquífer calcari).

El present treball tracta d'augmentar el coneixement de la hidromecànica de massissos rocosos mitjançant l'anàlisi dels esforços i les deformacions de la matriu rocosa i les discontinuïtats del lloc experimental de Coaraze sotmesos a un flux d'aigua estacionari introduït entre les juntes. Aquest flux estacionari es controla *in situ* a través d'una aixeta que es troba en la surgència d'aigües avall del lloc experimental, induint una pressió d'aigua hidrostàtica oposada a la component normal dels esforços en les juntes. El flux d'aigua redueix de forma directe els esforços de tall produint una reducció en les tensions efectives. Els efectes de la pressió d'aigua així com de la pressió litostàtica en les deformacions son simulats amb el programa de càlcul DRAC, per un cas d'anàlisi bidimensional. El paquet informàtic DRAC està basat en el Mètode dels Elements Finitos (FEM) i ha estat desenvolupat pel Dept. d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica, de la Universitat Politècnica de Catalunya. DRAC ha estat dissenyat per a l'anàlisi de la mecànica de roques i altres camps de la geotècnia. En la present tesina es demostra la seva funcionalitat i aplicabilitat com a *mètode discontinu*, considerant separadament el comportament de la roca matriu (element sòlid) i el de les discontinuïtats (elements d'interfàcia). DRAC, per tant, proporciona una bona aproximació a l'hora de tractar amb simulacions hidromecàniques els massissos rocosos fracturats extensos i permeables.

La definició del model geomètric es basa en la caracterització de les discontinuïtats a Coaraze. Una identificació acurada així com una localització de les juntes és de gran importància per a predir la circulació del flux a través de la xarxa de discontinuïtats i el seu efecte sobre les tensions internes, resistència i deformabilitat del massís rocós. Aquest model geomètric permet, doncs, la definició de les coordenades nodals, les connectivitats dels elements del continu i interfàcia, com també la determinació de les condicions de contorn geomètriques i de desplaçament aplicades al domini, per al posterior tractament en l'anàlisi dels Elements Finitos (FEM). En aquesta tesina, s'aplica una major discretització de la malla d'elements finits al llarg de les juntes i contorns geomètrics per a l'obtenció de resultats més precisos. D'aquesta manera, es milloren els resultats numèrics previs duts a terme en el Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica, Politecnico di Torino.

S'ha modelat una petita secció transversal situada a prop de l'aixeta que controla el flux hidràulic, tot diferenciant tres zones en funció de la discretització de la malla d'elements finits. L'anàlisi present s'aplica a la secció A, on es dona un major grau de refinament de la malla. Cinc juntes obliqües i dues juntes verticals han estat definides i modelades, basades en el desenvolupament d'un "espessor zero". Per al continu, s'ha establert un sol tipus de material (calcària) i una llei constitutiva elàstica lineal. Per a les juntes, s'han establert dos tipus de rigidesa, una per a les juntes verticals i l'altre per a les obliqües. Per a ambdós tipus de juntes s'ha emprat una llei constitutiva elastoplàstica perfecta, la qual defineix una rigidesa nul·la sota esforços traccionals. Els valors de les rigideses han estat suposades, a causa de la manca d'informació disponible, mentre que els paràmetres mecànics per al continu s'han extret d'anàlisis numèriques prèvies del lloc experimental. L'anàlisi s'ha dut a terme sota la hipòtesi de deformació plana i petites deformacions. A l'hora de simular el flux estacionari, s'ha programat una sola etapa amb dos passos de càrrega. En el primer només es considera la càrrega deguda al pes propi del massís rocós. D'aquesta manera s'avalua l'estat tensional *in situ* inicial. En el segon, s'introdueix una pressió hidrostàtica deguda a una columna d'aigua de 7.5 m, simulant un flux estacionari a través del tancament de l'aixeta. L'estat tensional del continu així com el desplaçament normal relatiu de les juntes a la fi de cada pas de càrrega són calculats i posteriorment visionats amb l'ús del post-processador DRAC/ITU.

L'anàlisi numèrica de Coaraze aporta valors de l'estat tensional del continu i de l'obertura i/o tancament de les juntes sotmeses a una pressió d'aigua molt confortants. L'ordre de magnitud del desplaçament normal relatiu de les juntes és de micròmetres, situant-se dins la hipòtesis inicial de petites deformacions i dins dels valors experimentals. També queda demostrat que la deformació en les juntes es manté dins del camp elàstic. De totes maneres, es produeix una obertura i/o tancament anòmal i sobtat en les zones d'intersecció entre juntes.

Aquesta tesina s'hauria de considerar com una primera investigació d'un problema molt més complex. D'aquesta manera, futures línies de treball es podrien focalitzar cap a investigacions més exhaustives sobre l'obtenció dels paràmetres mecànics de les discontinuïtats i sobre el comportament numèric de les zones d'intersecció. També es podria realitzar una anàlisi de sensibilitat de les rigideses de les juntes, així com l'aplicació d'una metodologia numèrica que permeti l'estudi de les interaccions hidromecàniques d'un massís rocós sotmès a un flux transitori.