

Características mecánicas del granito de Sta. María de Martorelles (Barcelona)

por ROSA MARÍA ESBERT *

RESUMEN

Se estudian las características petrográficas del granito de Sta. María de Martorelles así como su estado de fisuración, alteración, etc..., haciendo especial hincapié en aquellos aspectos que puedan influir sobre el futuro comportamiento deformacional del mismo.

La resistencia a la compresión nos marca dos grupos bien definidos que corresponden a resistencias medias de 876,5 Kg/cm² y 1.280 Kg/cm² respectivamente. Estos dos grupos están íntimamente relacionados con el grado de fisuración de la roca, el grupo de resistencia más baja corresponde a muestras con una extensa red de microfisuración orientada en una dirección, en el segundo grupo la fisuración es menos marcada y no presenta orientaciones preferentes.

A partir de la determinación del módulo de elasticidad se han obtenido los módulos relativos correspondientes, dándonos todos ellos valores superiores a 500 lo cual asigna a la roca un elevado módulo relativo (Dere y Miller) (1966).

SUMMARY

Petrographic characteristics of "Sta. Maria de Martorelles" granite are studied, besides of its fissuration, weathering state etc..., insisting specially on those aspects that can have and influence on the future straining behavior of the same.

Compressive strength gives two well defined groups, corresponding to average strengths of 876,5 Kg/cm² and 1.280 Kg/cm² respectively. Those two groups have a close relationship with the fissuration degree in the rock, the group with less strength corresponds to specimens with an extended microfissuration system, oriented in a single trend, in the other group the fissuration is less pronounced and it hasn't any preferred orientations.

From the determination the modulus of elasticity it has been obtained the correspondent "relative moduli", giving in all the tests values of more than 500, this means a "high relative modulus" in this rock (Deere y Miller 1966).

INTRODUCCIÓN

La zona de Sta. María de Martorelles de donde proceden las muestras graníticas estudiadas está en-

clavada al NE de Barcelona, al otro lado del río Besós. La cantera de la cual se han seleccionado los bloques, para su posterior estudio petrográfico así como para la determinación de ciertos parámetros sobre resistencia mecánica, está muy cerca de la citada población y se asienta en el gran batolito granítico que forma las llamadas Sierras de Levante de Barcelona, conjunto de montañas bajas pertenecientes a la cordillera Pre-litoral.

Se ha escogido este tipo de roca por varias razones:

1) Las rocas graníticas y el granito en especial han sido ampliamente estudiadas en el campo geológico e ingenieril, luego tenemos siempre modelos de referencia con qué cotejar nuestros resultados.

2) Cuando se llevan a cabo estudios experimentales sobre el comportamiento deformacional en rocas se procura trabajar con muestras "intactas", es decir, aquellas que no presentan características estructurales a gran escala tales como: diaclasas, planos de estratificación, fracturas y zonas milonitizadas, etc., ya que estas características enmascararían el verdadero comportamiento mecánico de la roca. El granito de Martorelles seleccionado, reunía todas las características de roca "intacta".

3) El acceso así como la selección de bloques en la cantera, explotada por la empresa Cyasa, resultaba sencillo y en caso de presentar dificultades disponíamos de maquinaria y mano de obra adecuada.

Características petrográficas del granito de Sta. María de Martorelles

El granito de Martorelles es un granito de grano grueso, con estructura granuda holocristalina y de composición mineralógica muy uniforme. Como minerales esenciales presenta: cuarzo, ortosa, plagioclasa y biotita. Como accesorios encontramos apatito, magnetita y zircón y como secundarios clorita y epidota fundamentalmente.

* Rosa M.ª Esbert. Departamnto de Petrología. Universidad de Oviedo.

En su mineralogía resaltan algunos detalles característicos: El cuarzo presenta abundantes inclusiones que a causa de su tamaño submicroscópico son difíciles de identificar. Está fuertemente tectonizado, lo cual se traduce por la presencia de extinciones: ondulante, en mosaico, mosaico orientado..., que reflejan las distorsiones sufridas por la red del mineral cuando éste se halla sometido a deformaciones de intensidad creciente.



Foro 1. Mosaico orientado en el seno del cuarzo, el cual nos traduce las tensiones a que dicho mineral ha estado sometido en el conjunto de la roca N.C. x 33.

La ortosa presenta un avanzado grado de alteración siendo difícil de reconocer la naturaleza de esta alteración por vía microscópica normal.

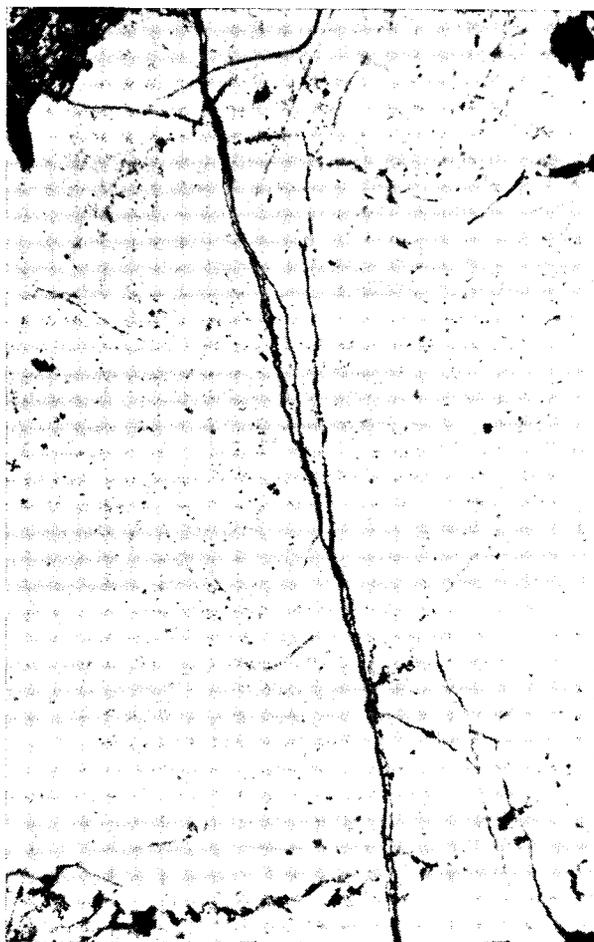
La plagioclasa, tipo albita, se presenta en la mayoría de casos en granos idiomorfos con característica extinción zonal. Es también frecuente que en las diferentes zonas de los citados cristales unas veces y otras en el núcleo, se distribuyan las hidromicas, tipo sericita, de origen secundario.



Foro 2. Cristales de plagioclasas tipo albita. Puede observarse la extinción así como las diferentes zonas de alteración. N.C. x 33.

En los cristales de biotita observamos también la presencia de deformaciones, como ya habíamos citado en el cuarzo, las cuales se traducen en un arqueamiento de las líneas de exfoliación, que en determinados casos llega a la rotura y desplazamiento relativo de dichas líneas de exfoliación.

Aparte de estas características particulares, el granito de Sta. María de Martorelles se caracteriza por presentar una microfisuración abundante que afecta en especial al cuarzo y a los feldespatos en general. Encontramos fisuras inter-granulares, intra-granulares, trans-granulares, abiertas, cerradas y neomineralizadas.



Foro 3. Detalle de una fisura intra-granular neomineralizada en el seno de un cristal de cuarzo, rico en inclusiones. Puede apreciarse que además de la citada fisura existen otras de menor significación en diferentes direcciones N.C. x 50.

Un estudio detallado de tales microfisuras nos pone de relieve que en determinadas áreas el granito presenta una verdadera red de fisuración, desarrollada de manera especial en una dirección preponderante, lo cual, como veremos en la parte experimental,

tiende a provocar el rápido colapsamiento de la roca, lo que traducido en términos geo-mecánicos equivale a una reducción en la resistencia mecánica de la misma.



Foro 4. Red de fisuras desarrolladas en el seno del cuarzo. Puede reconocerse como no existe ninguna característica mineralógica de la roca que condicione el recorrido de tales fisuras.

Ensayos mecánicos

Los ensayos mecánicos a compresión se han realizado sobre probetas cilíndricas, extraídas de los bloques seleccionados en la cantera "Cyasa" de Sta. María de Martorelles.

Estas probetas cilíndricas tenían aproximadamente unos 5 cm de diámetro y esbeltez $2 \left(\frac{H}{\varnothing} = 2 \right)$, pues según I. HAWKES y M. MELLOR (1970) ésta es la esbeltez más idónea para las probetas cilíndricas que deban someterse a compresión ya que es la adecuada para una más uniforme distribución de la carga aplicada.

El pulido de las caras paralelas de las probetas ha

sido manual, desechándose el pulido por refrentado ya que el material de refrentado es más blando que la mayoría de rocas y tiene tendencia a romperse, escapando radialmente y produciendo una rotura por tracción que da lugar a una menor resistencia que en las muestras sin refrentar.

Los ensayos se han llevado a cabo en una prensa de accionamiento electromecánico tipo "P E", sistema Maier, de 50 Tm.

La velocidad de aplicación de la carga ha procurado mantenerse constante a lo largo de los ensayos puesto que sabemos que por lo general, la resistencia a la compresión de la roca aumenta con la velocidad de carga. Sin embargo para velocidades del orden entre 0,70 a 7 Kg/cm²/seg la variación de la resistencia es muy pequeña así que, las fluctuaciones que haya podido sufrir la velocidad en nuestros ensayos creemos que no influirá de manera notoria en los resultados.

Resultado de los ensayos

Dispusimos de un total de veinte probetas, las cuales se sometieron a compresión simple.

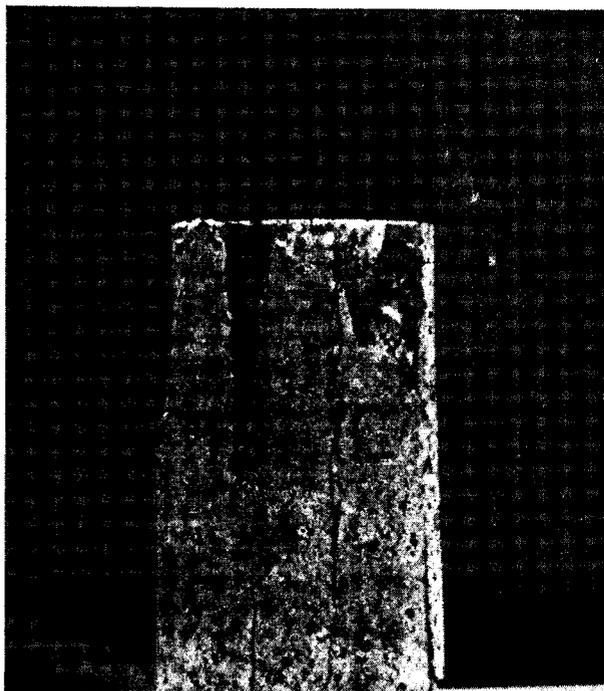
Del examen de los resultados obtenidos podemos deducir que aparte de una probeta, que nos dio un valor anómalo de resistencia a la compresión, 422 Kg/cm², deducimos que mecánicamente existen dos grupos de granitos, un primer grupo que con una resistencia media de 876,5 Kg/cm² y un segundo grupo, con resistencia a la compresión del orden de 1.280 Kg/cm². Esquematzamos en la siguiente tabla los resultados:

Grupo	Diámetro Medio (cm)	Altura Máx-Mín. (cm)	Velocidad apli. carga Kg/cm ² /sg	Carga Kg	Resistencia Kg/cm ²
1	5,15	10,424 10,245	5,18	18.343	876,5
2	5,15	10,424 10,245	5,18	26.733	1280

La media de ambos grupos sería de 1.078 Kg/cm². El valor anómalo de la probeta G M 15 fue debido a su colocación defectuosa con relación a los platos de carga de la prensa.

Considerando los estudios realizados por diversos autores, sobre resistencia de los granitos a compresión uniaxial, las muestras de Martorelles se integrarían: en el grupo 1) como granitos de resistencia media (σ entre 560 y 1.120 Kg/cm²) y en el grupo 2) como granitos de resistencia alta (σ entre 1.120 y 2.250 Kg/cm²).

En cuanto al tipo de rotura, estos granitos presentan la típica rotura en "exfoliación axial".



Foro 5. Probeta de granito de Santa María de Martorelles ensayado a compresión uniaxial, con su típica rotura de "exfoliación axial". En la parte superior de la probeta se marca un incipiente cono de penetración de carga, propio de las roturas cataclásticas.

Cálculo del módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad es una de las constantes elásticas que con más frecuencia se determina en la roca. El método generalmente empleado para evaluar esta constante consiste en aplicar sobre una probeta que se someterá a compresión uniaxial un dispositivo que medirá la deformación de la misma al someterla a este esfuerzo. Este dispositivo llamado medidor de deformación o "strain gages" se puede colocar paralelo o normal a la dirección de la carga. Su modo operativo se basa en la utilización de las variaciones de la resistencia eléctrica que sufre un conductor, cuando se halla sometido a deformación, para medir presiones.

Estos medidores de deformación, transforman así un movimiento mecánico en una señal eléctrica, basándose en el hecho de que cuando un alambre es estirado se incrementa su longitud y se disminuye su diámetro, por lo que aumenta su resistencia eléctrica.

El cambio en la resistencia es por consiguiente una medida del movimiento mecánico que va sufriendo el cual a su vez es indicador de la presión aplicada.

En el presente trabajo el cálculo del módulo de

elasticidad E , así como el registro gráfico de la curva correspondiente, se ha efectuado con un registrador potenciómetro X - Y Philips P M 8120 con base de tiempos para transformación del P M 8120 a registros Y - T.

Se ha trabajado con cinco probetas de roca de las mismas características que las utilizadas para los ensayos a compresión, escogidas al azar entre el conjunto de las que se han preparado. Estas probetas han sido cargadas, para la determinación del módulo de elasticidad, hasta $\frac{1}{3}$ de la carga de rotura, es decir, hasta $359,3 \text{ Kg/cm}^2$.

Cada una de las probetas ha sido sometida a tres ciclos sucesivos de carga-descarga para comprobar las desviaciones existentes. La probeta G M - 1 tuvo que desecharse, pues en el segundo ciclo sufrió rotura por una fisura que macroscópicamente no había sido apreciada. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Probeta	Ciclos	Módulo Elasticidad E
G M - 3	1.º Ciclo $E = 6,314.10^5$	$E = 6,457.10^5$
	2.º Ciclo $E = 6,500.10^5$	
	3.º Ciclo $E = 6,557.10^5$	
G M - 4	1.º Ciclo $E = 8,350.10^5$	$E = 8,327.10^5$
	2.º Ciclo $E = 8,275.10^5$	
	3.º Ciclo $E = 8,358.10^5$	
G M - 8	1.º Ciclo $E = 6,423.10^5$	$E = 6,592.10^5$
	2.º Ciclo $E = 6,680.10^5$	
	3.º Ciclo $E = 6,673.10^5$	
G M - 10	1.º Ciclo $E = 6,423.10^5$	$E = 6,721.10^5$
	2.º Ciclo $E = 6,740.10^5$	
	3.º Ciclo $E = 7,000.10^5$	

Los respectivos módulos relativos $\frac{E}{\sigma}$ son: 590, 771, 611 y 623, es decir, todos superiores a 500, por lo que según la clasificación mecánica de DEERE y MILLER (1966) son rocas de la clase H, es decir, con elevado módulo relativo.

CONCLUSIONES

Como resultado de todas las observaciones podemos señalar que existen determinados factores o estadios inherentes a la roca, que condicionan extraordinariamente su resistencia a la compresión, tal es el caso de la microfisuración. En este trabajo se ha podido constatar que aquellas muestras que presentaban marcada fisuración en una dirección daban al ser ensayadas valores bastante más bajos de resistencia a la compresión, $876,5 \text{ Kg/cm}^2$, que aquellas otras también fisuradas en mayor o menor grado, pero sin orientación preferente en dicha fisuración. En ellas la resistencia a la compresión uniaxial alcanzaba 1.280 Kg/cm^2 .

El cálculo del módulo de elasticidad nos ha permitido aplicar los criterios de clasificación geomecánica de DEERE y MILLER (1966), para este granito, resultando ser una roca que puede integrarse en las clases CH y BH, es decir, presenta una resistencia que varía de media a alta y un elevado módulo relativo. Estos parámetros considerados desde el punto de vista geomecánico nos dan una primera idea sobre la "calidad mecánica" del granito de Sta. María de Martorelles.

Agradecimiento

Al concluir este trabajo deseo expresar mi agradecimiento al Sr. Enrique Vázquez, Director del Laboratorio Regional de Materiales, 5.^a Jefatura Provincial del M.O.P., gracias a cuya ayuda se han podido realizar los ensayos mecánicos, así como, a la em-

presa "Cyasa, S. A.", quien nos facilitó las muestras y el acceso a sus canteras.

BIBLIOGRAFÍA

- HAWKER, I., MELLOR, M. (1970): "Uniaxial testing in rock mechanics laboratories". *Eng. Geolog.* Vol. 4, pp., 177-285.
- MONTOTO, M. (1970): "Acción tectónica y transformaciones mineralógicas en rocas graníticas". *Boletín Geológico y Min.* T-LXXXI-II-III, pp. 192-198.
- MONTOTO, M., ESBERT, R. M. (1971): "Deformación y rotura de roca; criterios petrográficos para su estudio". *I Congreso Hispano-Luso-Americano de Geología Económica.* Madrid-Lisboa, pp. 129-147.
- OVER y DUVAL (1967): "Rock Mechanics and the design of structures in rock". John Wiley & Sons Inc. New York. London. Sydney.
- STAGG-ZIENKIEWICZ (1970): "Mecánica de Rocas en la Ingeniería Práctica". Editorial Blume. Madrid.

Recibido para publicación: 9 de diciembre de 1972.