

Exercise TE-02

Support Design: rock mass classifications-based methods *Soutènement : systèmes de classifications*

Assistant: A. Guggisberg (EPFL-LEMR)

Ex. TE02.1

a) Using the empirical method for support design based on Barton (Q-system) rock mass classification system, determine an appropriate support system for a tunnel with 10 m diameter built 220 m below ground for accessing a hydroelectric cavern, in the following rock mass:

highly fractured siltstone rock mass ($\gamma = 26.8 \text{ kN/m}^3$), with 2 joint sets (1 sub-horizontal and 1 sub-vertical // to tunnel axis), and many random fractures, average RQD is 41%¹. Joints appear continuous observed in tunnel, joint surfaces are slickenside and undulating, and highly weathered, joint are separated by about 3-5 mm, filled with clay. The average rock material uniaxial compressive strength is 65 MPa. Water inflow per 10 m tunnel length is observed of approximately 50 l/min, with considerable outwash of joint fillings.

En utilisant la méthode empirique de dimensionnement des soutènements base sur le système de classification du massif rocheux de Barton (Q) déterminer la méthode de soutènement la plus approprié pour un tunnel de 10m de diamètre construit à 220 m de profondeur pour l'accès à une central hydroélectrique. Le massif est caractérisé comme suit :

Massif de siltite très fracturées ($\gamma = 26.8 \text{ kN/m}^3$), avec 2 systèmes de discontinuités (1 subhorizontal et 1 subvertical parallèlement à l'axe du tunnel), avec des nombreuses fissures, le RQD moyen est 41%, les discontinuités apparaissent comme continues, leur surfaces sont lustrées et ondulées, très altérées avec un remplissage d'argile d'environ 3-5 mm d'épaisseur. La résistance à compression uniaxiale moyenne de la roche intacte est 65 MPa. Les infiltrations d'eau sur mesurés sur environ 10 m de longueur du tunnel sont approximativement de 50 l/min, avec une érosion considérable des joints.

b) Evaluate the support necessary according to the method based on the Bieniawsky (RMR-system) rock mass classification system and compare with previous results

Evaluer le soutènement nécessaire selon la méthode basé sur le système de classification du massif rocheux de Bieniawsky (RMR) et comparer les résultats.

¹ Since the joint spacing is not directly given here it is possible to estimate it by the formula: $RQD = 100 e^{-0.1\lambda}(0.1\lambda + 1)$, with λ (joint frequency) = 20 $\rightarrow$ We obtain Joint spacing $s = 0.05 \text{ m}$.

Du moment que l'espacement des joints n'est pas donné directement il est possible d'utiliser la formule suivante: $RQD = 100 e^{-0.1\lambda}(0.1\lambda + 1)$, avec λ (fréquence des discontinuités) = 20 $\rightarrow$ On obtient un espacement $s = 0.05 \text{ m}$.

Ex. TE02.2

a) Using the empirical method for support design based on Barton (Q-system) rock mass classification system, determine an appropriate support system for a highway tunnel with 20 m of span and 10 m height, in the following rock mass:

sandstone rock mass ($\gamma = 27 \text{ kN/m}^3$), fractured by 2 joint sets plus random fractures (1 // to tunnel axis dipping at 30° and 1 $\perp$ to tunnel axis dipping at 70°), average RQD is 70%, average joint spacing is 0.11 m. Joint surfaces are slightly rough, highly weathered with stains and weathered surface but no clay found on surface, joints are generally in contact with apertures generally less than 1 mm. The average rock material uniaxial compressive strength is 85 MPa. The tunnel is to be excavated at 80 m below ground level and the groundwater table is 10 m below the ground surface.

En utilisant la méthode empirique de dimensionnement des soutènements base sur le système de classification du massif rocheux de Barton (Q) déterminer la méthode de soutènement la plus approprié pour un tunnel autoroutier de 20m de largeur et 10m de hauteur, construit dans un massif rocheux caractérisé comme suit :

Massif de calcaire ($\gamma = 27 \text{ kN/m}^3$), fracturé avec 2 familles de discontinuités (1 // à l'axe du tunnel avec pendage à 30° et l'autre $\perp$ à l'axe du tunnel avec pendage 70°), plus quelques discontinuités aléatoires. Le RQD moyen est de 70%, l'espacement des joints est 0.11 m, les joints sont généralement rugueux et ondulés, fortement altérés avec quelques taches sans présence de remplissage argileux. Les épontes sont généralement en contact avec une ouverture inférieure à 1 mm. La résistance à la compression uniaxiale moyenne de la roche intacte est de 85 MPa. Le tunnel doit être excavé à une profondeur de 80 m avec hauteur de la nappe à 10 m sous la surface.

b) Evaluate the support necessary according to the method based on the Bieniawsky (RMR-system) rock mass classification system and compare with previous results

Evaluer le soutènement nécessaire selon la méthode basé sur le système de classification du massif rocheux de Bieniawsky (RMR) et comparer les résultats.

Ex. TE02.3

a) Using the empirical method for support design based on Barton (Q-system) rock mass classification system, determine an appropriate support system for a permanent mine tunnel with 6 m of span and 4 m height, in the following rock mass:

Granite rock mass ($\gamma = 27.5 \text{ kN/m}^3$) with 3 joint sets (1 sub-horizontal, 1 sub-vertical // to tunnel axis, $\perp$ to tunnel axis dipping at 55° - drive against dip), average RQD is 80%, average joint spacing is 0.4 m. Joint surfaces are generally stepped and rough, tightly closed and un-weathered, the excavation surface is wet but not dripping, average rock material uniaxial compressive strength is 160 MPa, the tunnel is excavated to 800 m below the ground.

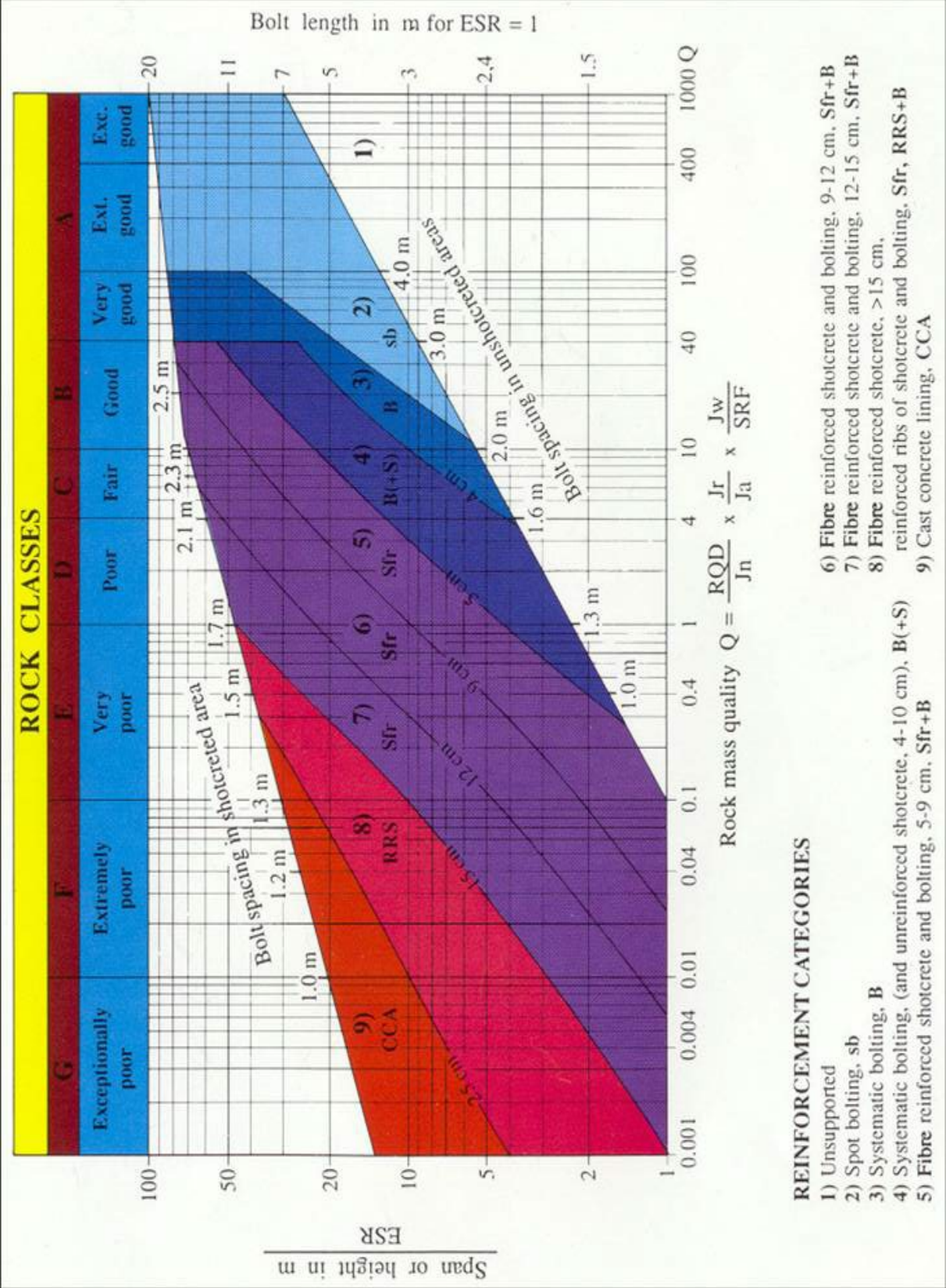
En utilisant la méthode empirique de dimensionnement des soutènements base sur le système de classification du massif rocheux de Barton (Q) déterminer la méthode de soutènement la plus approprié pour un tunnel d'accès à une mine (usage permanent) de 6m de largeur et 4m de hauteur, construit dans un massif rocheux caractérisé comme suit :

Massif de granit ($\gamma = 27.5 \text{ kN/m}^3$) avec trois familles de discontinuités (1 subhorizontale, 1 subverticale // à l'axe du tunnel, et 1 $\perp$ à l'axe du tunnel avec pendage 55° - en considérant un avancement contre le pendage). Le RQD moyen est de 80%, l'espacement moyen des joints est 0.4 m. Les surfaces des discontinuités sont généralement à gradins et rugueuses, fermées et sans signes d'altération. Le contour d'excavation est mouillé mais sans points d'égouttement, la résistance à compression moyenne de la roche intacte est de 160 MPa. Le tunnel est excavé à une profondeur de 800m sous la surface du sol.

b) Evaluate the support necessary according to the method based on the Bieniawsky (RMR-system) rock mass classification system and compare with previous results.

Evaluer le soutènement nécessaire selon la méthode basé sur le système de classification du massif rocheux de Bieniawsky (RMR) et comparer les résultats.

Q-system based:



RMR-system based:

Rock mass class	Excavation	Rock bolts (20 mm diameter, fully grouted)	Shotcrete	Steel sets
I - Very good rock <i>RMR: 81-100</i>	Full face, 3 m advance.	Generally no support required except spot bolting.		
II - Good rock <i>RMR: 61-80</i>	Full face , 1-1.5 m advance. Complete support 20 m from face.	Locally, bolts in crown 3 m long, spaced 2.5 m with occasional wire mesh.	50 mm in crown where required.	None.
III - Fair rock <i>RMR: 41-60</i>	Top heading and bench 1.5-3 m advance in top heading. Commence support after each blast. Complete support 10 m from face.	Systematic bolts 4 m long, spaced 1.5 - 2 m in crown and walls with wire mesh in crown.	50-100 mm in crown and 30 mm in sides.	None.
IV - Poor rock <i>RMR: 21-40</i>	Top heading and bench 1.0-1.5 m advance in top heading. Install support concurrently with excavation, 10 m from face.	Systematic bolts 4-5 m long, spaced 1-1.5 m in crown and walls with wire mesh.	100-150 mm in crown and 100 mm in sides.	Light to medium ribs spaced 1.5 m where required.
V – Very poor rock <i>RMR: < 20</i>	Multiple drifts 0.5-1.5 m advance in top heading. Install support concurrently with excavation. Shotcrete as soon as possible after blasting.	Systematic bolts 5-6 m long, spaced 1-1.5 m in crown and walls with wire mesh. Bolt invert.	150-200 mm in crown, 150 mm in sides, and 50 mm on face.	Medium to heavy ribs spaced 0.75 m with steel lagging and forepoling if required. Close invert.