

Lab 14 Rock Mass Rating Classification (RMR)

การจำแนกมวลหิน (Rock Mass) มีความสำคัญต่องานวิศวกรรมเหมืองแร่ในด้านงานธรณีเทคนิค งานอุโมงค์ และงานออกแบบการระเบิด เป็นต้น

Terzaghi (1946) จำแนกมวลหินออกเป็น 7 แบบ ดังนี้

- 1) Intact rock โดยหินแบบนี้จะไม่ปรากฏรอยแตกหรือรอยแยกในเนื้อหิน
- 2) Stratified rock โดยหินแบบนี้จะมีลักษณะเนื้อหินเป็นชั้น ๆ และไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง ชั้นหิน
- 3) Moderately jointed rock ซึ่งหินแบบนี้จะปรากฏรอยแตก (Joint) หรือรอยแยก แต่จะมีการประสานกันของเนื้อหิน
- 4) Blocky and seamy rock หินแบบนี้จะมีลักษณะของหินเนื้อแน่นที่แตกแยกออกจากกัน
- 5) Crushed rock หินแบบนี้จะมีลักษณะการแตกป่นแต่เนื้อหินยังคงมีการเชื่อมกันอยู่
- 6) Squeezing rock หินแบบนี้จะมีลักษณะถูกบีบอัดจนเหลว
- 7) Swelling rock หินแบบนี้จะพองตัวหรือขยายตัวของเนื้อหิน

Deere (1967) เสนอการจำแนกมวลหินแบบ Rock Quality Designation index (RQD) คือเปอร์เซ็นต์ของความยาวรวมของตัวอย่างหินทรงกระบอก(core) ที่มีขนาดยาวมากกว่า 100 มม.(10 ซม. หรือ 4 นิ้ว) ต่อความยาวทั้งหมดของหลุมเจาะที่เจาะตัวอย่างหินนั้น

Bieniawski (1976) ได้เสนอวิธีการจำแนกมวลหินด้วยวิธี Rock Mass Rating (RMR) เพื่อปรับปรุงการจำแนกมวลหินแบบ RQD ซึ่งยังมีข้อจำกัดบ้างเกี่ยวกับ Clay Filling และ Joint Orientation และได้ทำการปรับปรุงอีกหลายครั้งจนกระทั่งปี 1989 ได้กำหนด 6 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำแนกมวลหินแบบ RMR ดังนี้

1. ค่าความแข็งแรงของหินโดยทดสอบด้วยวิธี Uniaxial Compressive Strength (UCS)
2. ค่า Rock Quality Designation (RQD)
3. ระยะห่างของความไม่ต่อเนื่อง (Spacing of Discontinuities)
4. สภาพของความไม่ต่อเนื่อง (Condition of Discontinuities) เช่น ความกว้างของรอยแตก

และความขรุขระ เป็นต้น

5. สภาพน้ำใต้ดิน (Groundwater Conditions)
6. ทิศทางความไม่ต่อเนื่อง (Orientation of Discontinuities)

การการให้คะแนน (Rating) แต่ละพารามิเตอร์สำหรับการจำแนกคุณภาพของมวลหินจะอาศัยข้อมูลตามตารางที่ 14.1

ตารางที่ 14.1 CSIR Geomechanics Classification of Jointed Rock Mass หรือ
Rock Mass Rating (RMR.) โดย Bieniawski (1989)

A. PARAMETERS AND RATING VALUES

PARAMETER			RATING OF VALUES						
1	Strength of intact rock material	Point load strength index	> 10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	For this low range uniaxial compressive test is preferred		
		Uniaxial compressive strength	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	< 1 MPa
	Rating		15	12	7	4	2	1	0
2	Drill core quality R.Q.D		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	< 25%		
	Rating		20	17	13	8	3		
3	Spacing of discontinuities		> 2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm		
	Rating		20	15	10	8	5		
4	Condition of discontinuities (See E.)		Very rough surfaces, not continuous. No separation. Unweathered wall rock	Slightly rough surfaces. Separation <1mm. Slightly weathered wall rock	Slightly rough surfaces. Separation <1mm. Highly weathered wall rock.	Slickensided surfaces or Gouge <5 mm thick, or separation 1-5 mm. Continuous joints.	Soft gouge >5mm thick or Separation >5mm. Continuous joints.		
	Rating		30	25	20	10	0		
5	Ground water	Inflow per 10 m tunnel length	None	< 10 l/min	10-25 l/min	25-125 l/min	> 125 l/min		
		Ratio: Joint water pressure / Major principal stress	0	0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		General conditions	Completely dry	Damp	Wet	Dripping	Flowing		
	Rating		15	10	7	4	0		

B. RATING ADJUSTMENT FOR JOINT ORIENTATIONS (See F.)

Strike and dip orientations of joints		Very favourable	Favourable	Fair	Unfavourable	Very unfavourable
Ratings	Tunnel	0	-2	-5	-10	-12
	Foundations	0	-2	-7	-15	-25
	Slopes	0	-5	-25	-50	-60

C. ROCK MASS CLASSES DETERMINED FROM TOTAL RATINGS

Rating	100-81	80-61	60-41	40-21	<20
Class No	I.	II.	III.	IV.	V.
Description	Very good rock	Good rock	Fair rock	Poor rock	Very poor rock

D. MEANING OF ROCK MASS CLASSES

Class No	I.	II.	III.	IV.	V.
Average stand-up time	10 year for 5m span	6 months for 4m span	1 week for 3m span	5 hour for 1.5m span	10 min. for 0.5m span
Cohesion of the rock mass	>300 kPa	200-300 kPa	150-200 kPa	100-150 kPa	<100 kPa
Friction angle of the rock mass	>45°	40°-45°	35°-40°	30°-35°	<30°

E. GUIDELINES FOR CLASSIFICATION OF DISCONTINUITY CONDITIONS

Discontinuity length (persistence) Rating	< 1 m 6	1-3 m 4	3-10 m 2	10-20 m 1	> 20 m 0
Separation (aperture) Rating	None 6	< 0.1 mm 5	0.1-1 mm 4	1-5 mm 1	> 5 mm 0
Roughness Rating	Very rough 6	Rough 5	Slightly rough 3	Smooth 1	Slickensided 0
Infilling (gouge) Rating	None 6	Hard filling <5 mm 4	Hard filling >5mm 2	Soft filling <5mm 2	Soft filling >5mm 0
Weathering Rating	Unweathered 6	Slightly weathered 5	Mod. weathered 3	Highly weathered 1	Decomposed 0

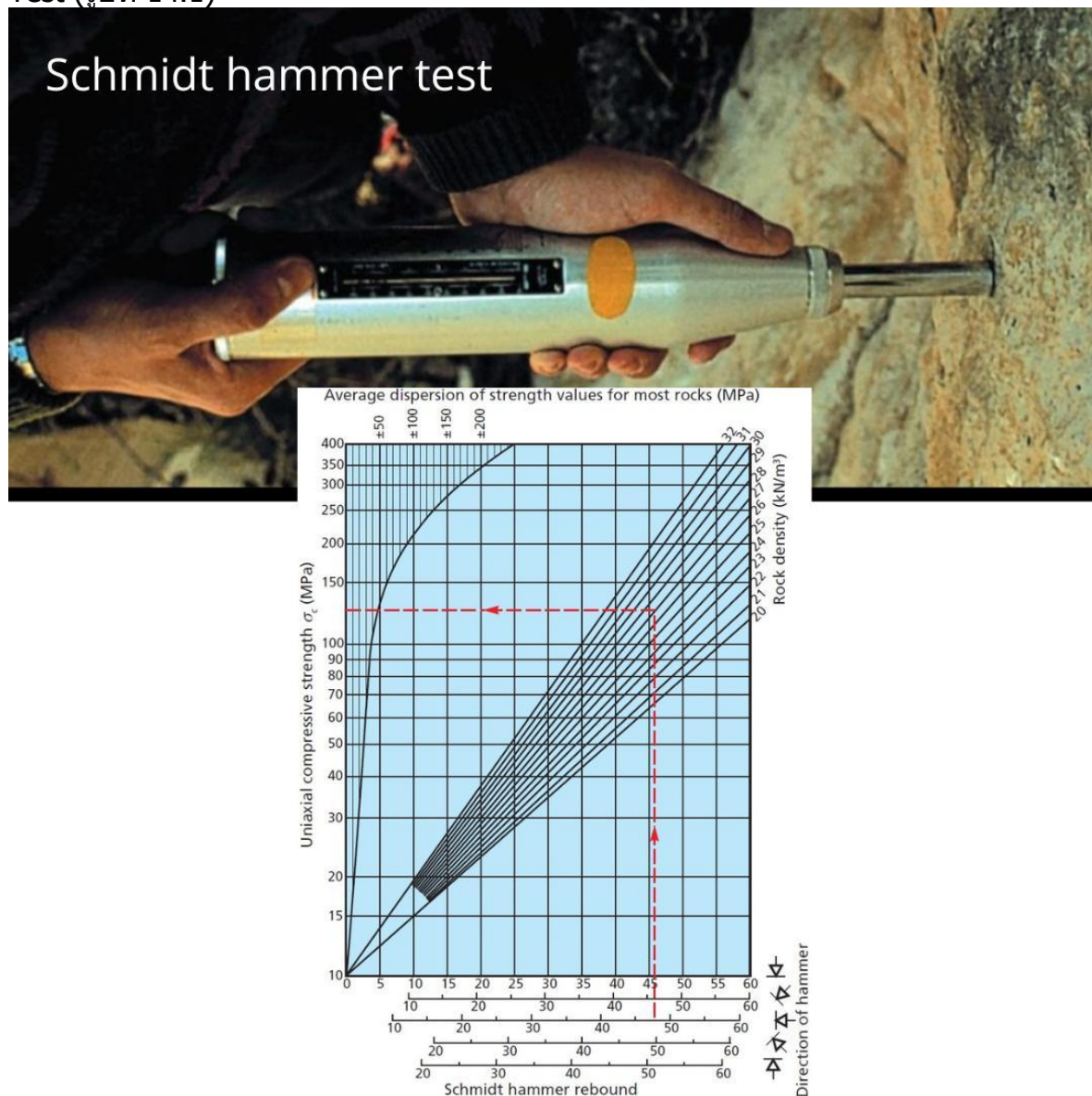
F. THE EFFECT OF JOINT STRIKE AND DIP ORIENTATIONS IN TUNNELING

Strike perpendicular to tunnel axis				Strike parallel to tunnel axis		Dip 0°-20° Irrespective of strike
Drive with dip		Drive against dip				
Dip 45°-90°	Dip 20°-45°	Dip 45°-90°	Dip 20°-45°	Dip 45°-90°	Dip 20°-45°	
Very favorable	Favorable	Fair	Unfavorable	Very unfavorable	Fair	Fair

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำแนกกลุ่มมวลหินสำหรับวิธีนี้ ได้แก่ (อัมรินทร์, 2555)

1. *Strength of intact rock*

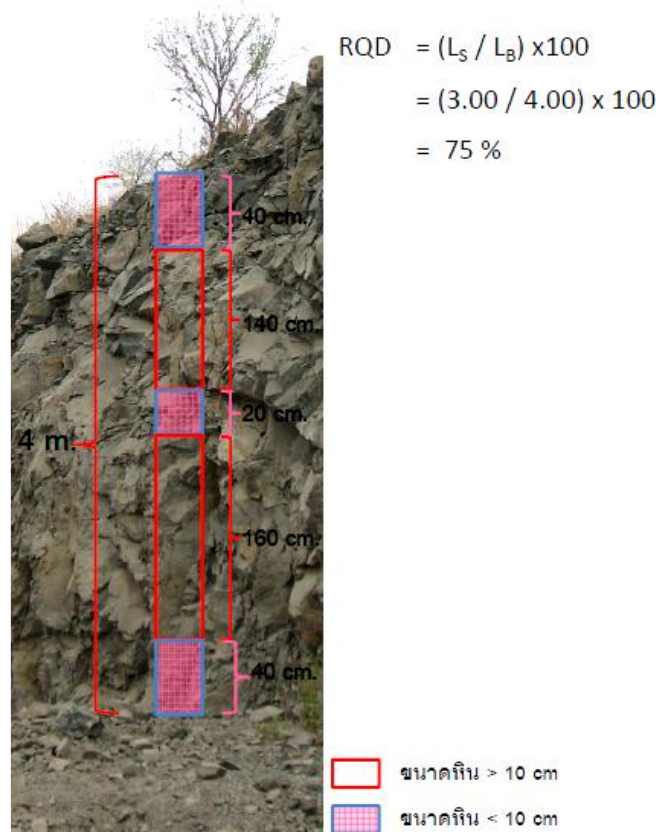
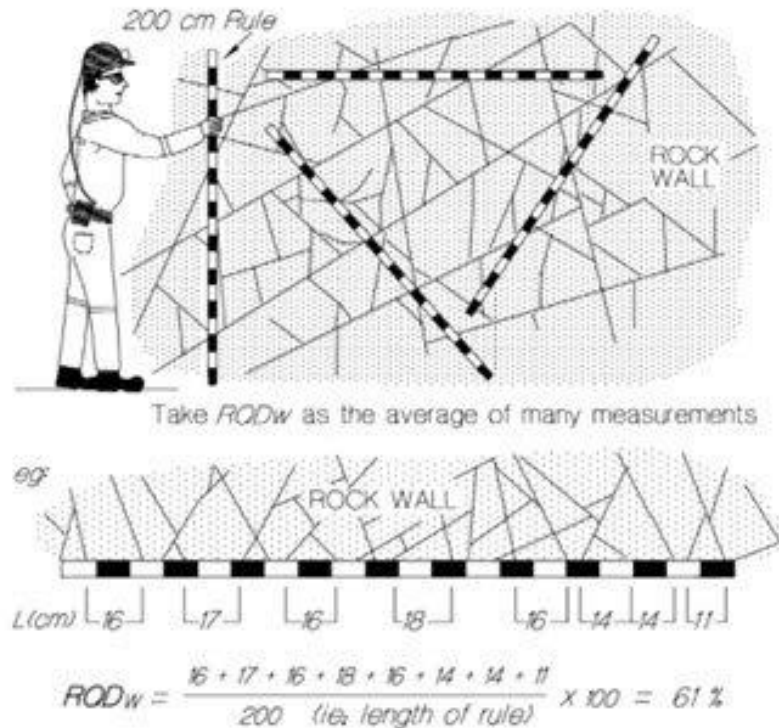
ความแข็งแรงของตัวอย่างหิน (Strength of intact rock) ที่นำมาใช้เป็นค่าความแข็งแรงในแนวแกนเดียว (Uniaxial Compressive Strength) ที่ได้จากการทดสอบหาค่าความแข็งแรงของตัวอย่างหิน (intact rock) แบบให้แรงกดในแนวแกนเดียว หรือค่าความแข็งแรงกดแบบจุด (point load strength) จากการทดสอบตัวอย่างหิน ซึ่งจากตารางที่ 14.1(A) ได้แสดงถึงช่วงของค่าความแข็งแรงและมีการกำหนดลำดับคะแนนของแต่ละช่วงเพื่อนำไปประเมินต่อไป ซึ่งการทดสอบค่า UCS ในภาคสนามที่มีความสะดวกและรวดเร็วจะทำการทดสอบโดยใช้ Schmidt hammer ตามที่ได้กล่าวแล้วในการทดสอบที่ 2 Impact Hardness Test (รูปที่ 14.1)



รูปที่ 14.1 การทดสอบ Impact Hardness Test ในภาคสนามโดยใช้ Schmid hammer

2. Rock Quality Designation (R.Q.D.)

ค่า R.Q.D. จะใช้ค่าที่ได้จากการประเมินตามวิธีการของ Deere (1963) ซึ่งวัดค่าจากตัวอย่างหินทรงกระบอก (Core) ดังได้กล่าวมาแล้วเป็นข้อมูลในการประเมินตามตารางที่ 14.1 (A) และสามารถวัดค่า RQD ในภาคสนามได้ดังรูปที่ 14.2

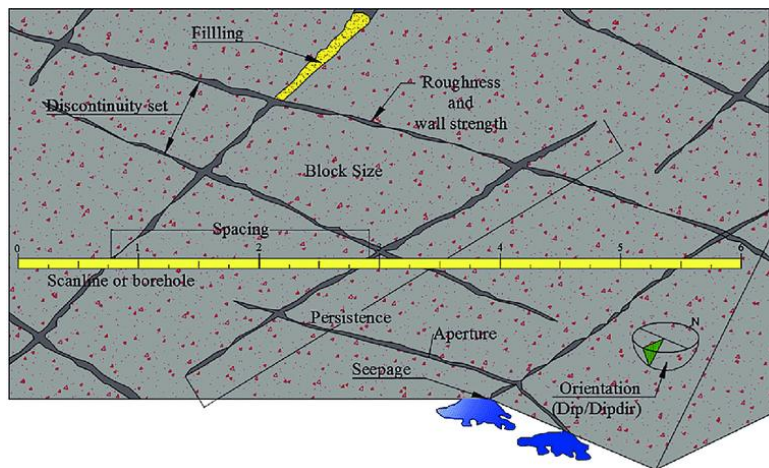


รูปที่ 14.2 การวัดค่า RQD ในภาคสนาม

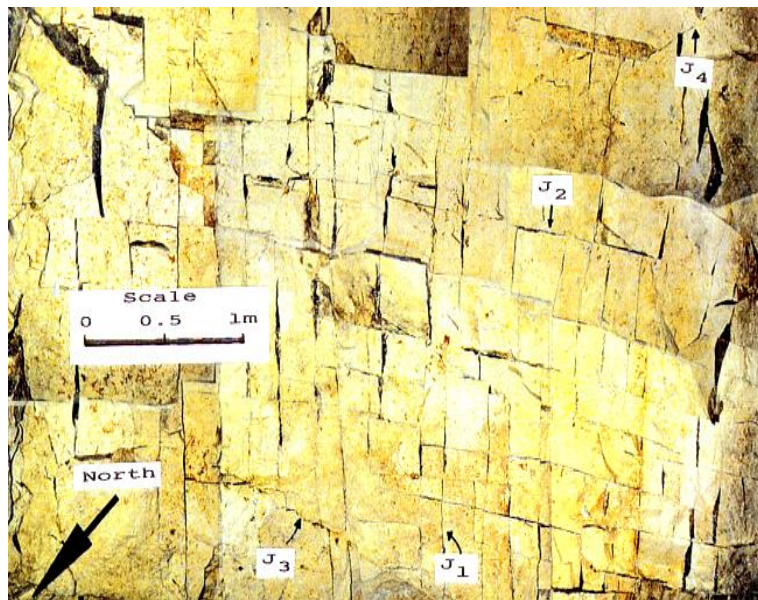
3. Spacing of discontinuities

ระยะห่างของแนวความไม่ต่อเนื่องหรือแนวแยก (spacing of joints) จะใช้วิธีการแบ่งของ Deere (1963) ซึ่งคำว่า joint ณ.ที่นี้จะมีความหมายรวมถึงแต่รอยแยก (joint) รอยเลื่อน (fault) ระนาบชั้นหิน (bedding plane) หรือรอยแตกที่พื้นผิวแบบอื่นๆ (surface of weakness) การประเมินระยะห่างของรอยแตกอาจประเมินได้ในภาคสนาม (รูปที่ 14.3A) หรือจากตัวอย่างหินทรงกระบอกจากหลุมเจาะ (drill core) ได้ถ้ามีข้อมูลเพียงพอ การกำหนดค่าของระยะห่างของรอยแตก (spacing of joints) นี้มีสมมติฐานว่าในมวลหินมี ชุดรอยแตก (joint set) จำนวน 3 ชุด ดังนั้นลำดับคะแนนที่ปรากฏในตารางที่ 14.1 (A) จะเป็นลำดับคะแนนที่ถือได้ว่าประเมินจากสมมติฐานที่อยู่ในสภาพวิกฤติ ถ้ามวลหินมีจำนวนชุดรอยแตกลดกว่านี้ ค่าลำดับคะแนนอาจอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าที่ปรากฏในตารางที่ 14.1(A) ได้

(รูปที่ 14.3B) จากรูปสามารถบอกค่าระยะห่างระหว่างระนาบรอยแตก (JPS = 0.1 – 1 m.) นอกจากนี้ยังสามารถพิจารณา Joint set ได้อีกด้วย โดยในรูปนี้สามารถแบ่งได้สี่ Joint set คือ แนว J1, J2, J3 และ J4



(A)



(B)

รูปที่ 14.3 การวัดค่าความไม่ต่อเนื่องหรือแนวแยกของมวลหิน

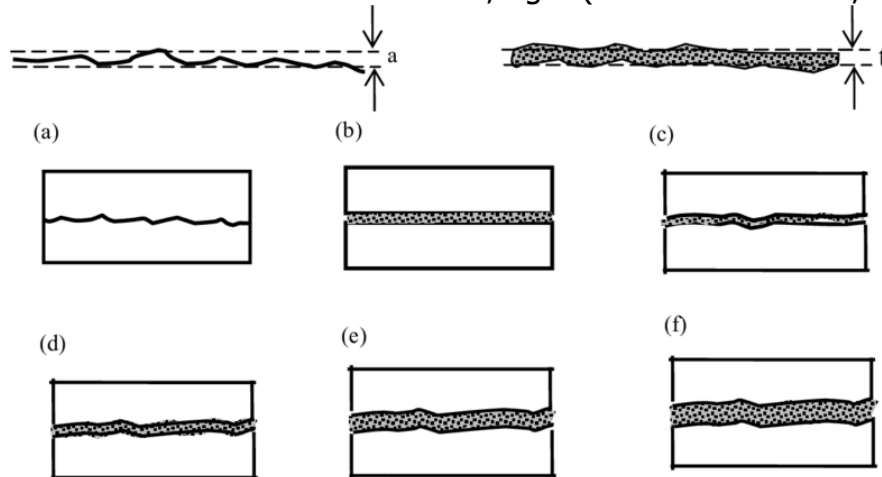
4. Condition of discontinuities

เป็นข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของแนวความไม่ต่อเนื่อง ได้แก่ ความยาว(length) ความขรุขระ(roughness) ของผิวรอยแตก ความกว้างหรือการแยก (separation) ความแข็งของผนังที่แตก ความต่อเนื่อง (continuous) ของรอยแตก การปรากฏของดิน หรือหินที่ถูกบดและบรรจุในรอยแตกนั้น และความผุพัง (weathering) ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะมีอิทธิพลอย่างมากต่อลักษณะสมบัติของมวลหินซึ่งลักษณะของรอยแตกหรือแนวความไม่ต่อเนื่อง จะตรวจสอบได้จากชุดรอยแตกที่ปรากฏในมวลหินนั้น

ในการตรวจสอบภาคสนามถ้ามีข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของแนวความไม่ต่อเนื่องไม่ละเอียดมากก็สามารถใช้ตาราง 14.1 A ในการประเมินได้ และถ้ามีข้อมูลที่ละเอียดมากตามเงื่อนไขที่ปรากฏในตาราง 14.1 E ก็ควรใช้ตาราง 14.1 E ในการประเมินค่า

Description of joint types		JRC ₂₀	J _r
I	Rough	Stepped	4
	Smooth		
	Slickensided		
II		14-18	3
III		10-14	2
IV	Rough	Undulating	3
	Smooth		
	Slickensided		
V		10-14	2
VI		6-10	1.5
VII	Rough	Planner	1.5
	Smooth		
	Slickensided		
VIII		2-4	1.0
IX		0-2	1.5
0 10 20 Scale			

Discontinuity description and joint roughness coefficient (JRC) estimation, left and scale effect correlation for JRC, right (Barton and Bandis, 1990).

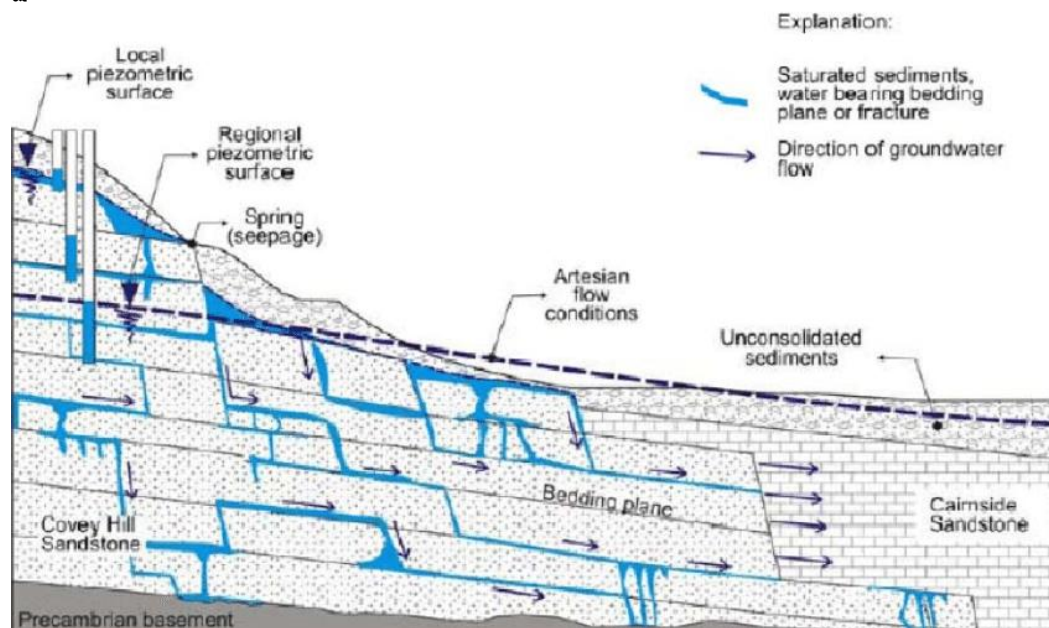


The alternatives in the figure may be described as; (a) rough and interlocked discontinuity surface, (b) planar (slickensided) discontinuity surface with no rock contact, (c) non-planar discontinuity surface with almost immediate rock contact ($t \ll a$), (d) non planar discontinuity surface with possible rock contact after some shearing ($t < a$), (e) non-planar discontinuity surface with no rock contact ($t > a$), and (f) discontinuity surface dominated by filling material, and where influence by surface roughness is not possible ($t \gg a$).

รูปที่ 14.4 ลักษณะของแนวความไม่ต่อเนื่องของมวลหิน

5. Ground water conditions

น้ำใต้ดินมีอิทธิพลอย่างมากต่อลักษณะสมบัติทางวิศวกรรมและพฤติกรรมของมวลหิน ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดให้เป็นปัจจัยหนึ่งในการจำแนกกลุ่มมวลหิน ในกรณีที่มีการเจาะอุโมงค์น้ำในช่วงการสร้างอุโมงค์ สามารถนำปริมาณของน้ำที่ไหลเข้าไปในอุโมงค์มาใช้ประเมินและให้ลำดับคะแนนได้ดังแสดงในตารางที่ 14.1(A) หรืออาจใช้ข้อมูลอื่นๆ ได้แก่ ค่าแรงดันน้ำในรอยแตก (joint water pressure) หาดด้วยค่าหน่วยแรงหลักสูงสุด (major principle stress) หรือประเมินลักษณะการปรากฏของน้ำบริเวณโดยรอบตามที่กำหนดซึ่งได้แก่การพบสภาวะแห้ง (dry) มีความชื้น (moist) มีแรงดันน้ำ หรือพบว่ามีปัญหาเกี่ยวกับการปรากฏของน้ำ



Conceptual model of a rock mass aquifer with groundwater flow direction (Nastev et al., 2008)



รูปที่ 14.5 ลักษณะน้ำใต้ดินในมวลหิน

ตัวอย่าง

ต้องการรู้ค่า stand up time ของมวลหิน เมื่อชุดอุปกรณ์ขนาด 6 เมตร ผ่านมวลหินชนิดหนึ่ง ซึ่งจากการตรวจสอบภาคสนามและได้เก็บตัวอย่างมาทดสอบได้ข้อมูลดังต่อไปนี้

ผลทดสอบในห้องปฏิบัติการได้ค่า unconfined compressive strength (u.c.s) ของหินเท่ากับ 80 MPa วัดค่า R.Q.D. ได้ 60% และจากการตรวจสอบในสนามพบว่า joint ที่มีระยะห่าง (spacing) เท่ากับ 70 ซม. โดยลักษณะของ joint นั้นมีผิวขรุขระเล็กน้อย (slightly rough surface) มีรอยแยกที่อ้า 0.5 มม. มีผนังผุพังเล็กน้อย (slightly weathered) และพบว่ามวลหินมีความชื้นที่รอยแยก

วิธีทำ

จากข้อมูลดังกล่าวนำมาเป็นพารามิเตอร์ในการให้คะแนน (rating) ดังนี้คือ

จากตารางที่ 14.1 จะได้:

1. strength of intact rock , u.c.s.=80 MPa ;	rating = 7
2. R.Q.D =60% ;	rating = 13
3. spacing of joint, 70 cm.	rating = 15
4. slightly rough surface, separation<1 mm. slightly weathered- wall	rating = 25
rock;	rating = 10
5. ground water, damp	

Total rating = 70