

굴착면에서의 분리면방향성 평가

Estimation of Discontinuity Orientations in Excavation Faces

노병돈¹⁾, Byung-Don Ro, 한병현²⁾, Byeong-Hyeon Han

¹⁾ 삼성물산 건설부문 T A 팀 부장, Technical Advisor, Technical Advisory Team, Samsung E&C

²⁾ 삼성물산 건설부문 토목기술팀 과장, Civil Engineering & Technical Team, Samsung E&C

SYNOPSIS : An inhomogeneous and anisotropic rock has different properties at different location. Thus, this refers to any of the properties which we may be measuring. There are two concepts of rock mass, namely, CHILE(Continuous, Homogeneous, Isotropic, Linear Elastic) material and DIANE(Discontinuous, Inhomogeneous, Anisotropic, Non-linear Elastic) rock. The former is essentially the properties of intact rock, the latter is essentially the properties governed by the structure of rock.

In geotechnical aspect, the most important parameter is strength of rock or rock mass. In particular, characteristics of strength of rock mass depend upon the orientation of discontinuities. And this orientation of discontinuities has different properties at different direction of excavation. Therefore, it needs for characterization of different properties of discontinuity orientation against different direction of excavation.

Key words : discontinuity, CHILE, DIANE

1. 서 론

암석과 암반은 건설재료로서뿐 아니라 건설대상으로서 거의 모든 건설공사에 관계되어 있다. 하지만 이들의 특성을 구명하려는 수많은 시도에 불구하고 여전히 암석과 암반이 갖는 불균질성, 이방성적 요인 등으로 그 성과가 부진하다. 특히 암반에서의 대표적인 이방성적 요소는 분리면이라 할 수 있으며 분리면의 제 특성 중 가장 중요한 인자가 방향성이다. 이를 J. A. Hudson은 현장암반의 특성을 DIANE(Discontinuous, Inhomogeneous, Anisotropic, Non-linear Elastic)이라 하고 그 상대적 개념으로 CHILE(Continuous, Homogeneous, Isotropic, Linear Elastic)라 표현한바 있다.

이 같은 분리면 방향성은 고유의 방향성보다 건설행위와 관련하여 그 공학적 의미가 크게 달라질 수 있음에 착안하여 굴착과 관련한 분리면 방향성의 특성을 기재학적으로 표현하고자 하였다. 이는 암반터널 막장에서 수행되는 지반평가지 방향성보정자료로서의 사용은 물론, 절취사면에서의 지반안정성 평가시 간편법으로서의 사용도 가능하다.

2. 분리면의 방향성

2.1 분리면의 방위

지반굴착 방향에 대한 분리면의 방위를 표현함에 있어 그 관계는 크게 직교(Cross)와 평행(Parallel)

으로 구분될 수 있다. 즉 굴진 방향에 $\pm 15^\circ$ 까지를 직교(Ortho-Cross), $75-105^\circ$ 까지를 평행(Ortho-Parallel)으로 표현하며 $30-60^\circ$, $120-150^\circ$ 사이를 전이대(Transition)로 나타낼 수 있다. 또 직교 혹은 평행한 방향의 양측 15° 범위를 아직교(Sub-Cross), 아평행(Sub-Parallel)으로 나타낸다. 이때 분리면의 방위는 경사방향법(dip-direction)으로 표현되며 지반굴착은 수평으로 가정하고 굴착방향은 노출면을 기준으로 한다.

현장에서의 측정에 있어 15° , 30° 등 경계값에 해당되는 방위의 경우 구분이 애매해지므로 모든 방향성값은 14° , 32° 등으로 가능한 한 계기상에서 정확하게 읽을 필요가 있다. 그림 1에서의 방위각 관계에 대한 표현은 분리면을 하반기 평사투영망에서 경사방향벡터로 점시한 경우의 예이다.

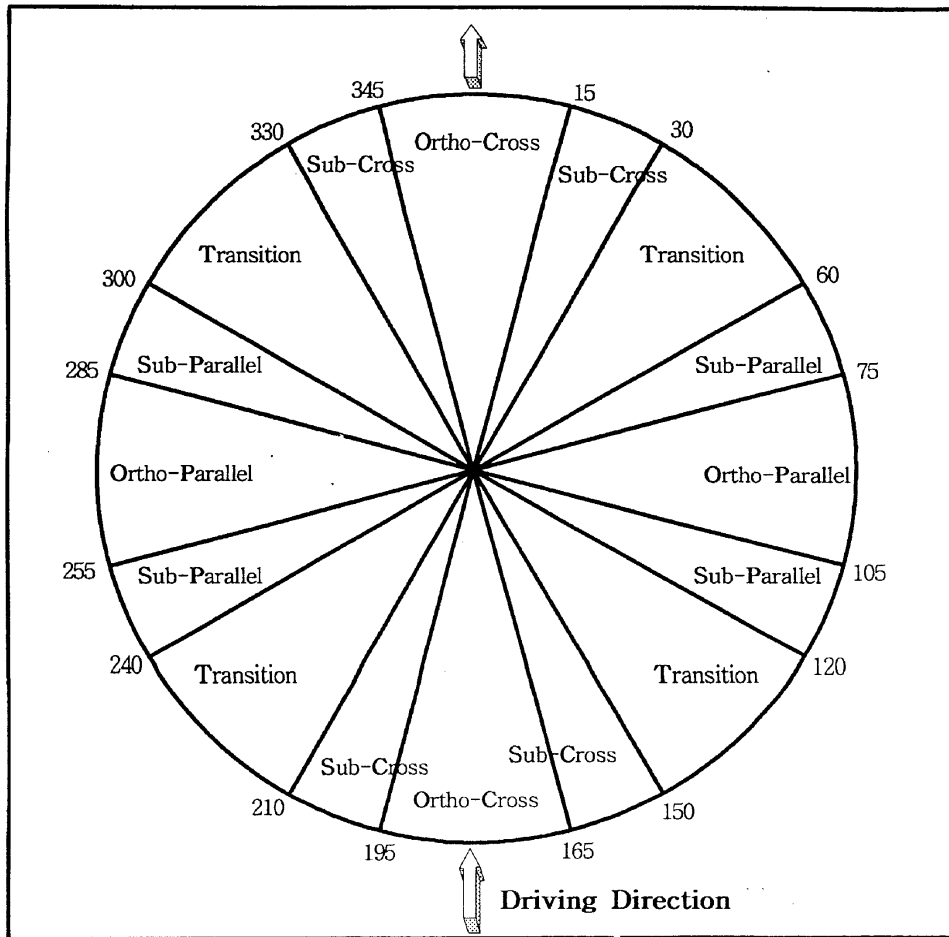


그림 1. 굴착방향에 대한 분리면 방향성의 표현(경사방향법으로 하반기투영)

2.2 분리면의 경사방향

분리면의 경사 방향은 경사 감각(dipping sense)을 의미하며 지반굴착 방향에 대한 분리면의 경사 방향으로 표현된다. 즉 지반굴착 방향과 같은 방향으로 경사 감각을 가지면 순경사(cataclinal), 굴착 방향에 반대 방향의 경사 감각을 가지면 반경사(anaclinal), 직교하는 경사 감각을 가지면 정경사(orthoclinal)로 구분할 수 있다. 따라서 지반굴착 방향과 분리면의 경사 방향이 같고 분리면 방위와의 편차가 $\pm 30^\circ$ 이내이면 cataclinal, 이의 양측 30° 범위를 유사 정경사(plagio-cataclinal), 지반굴착 방향과 분리면의 경사 방향이 반대이고 분리면 방위와의 편차가 $\pm 30^\circ$ 이내이면 anaclinal, 이의 양측 30° 범위를 유사 순경사(plagio-anaclinal), 지반굴착 방향과 분리면의 경사 방향이 직교하고 분리면 방위와의 편차가 $\pm 30^\circ$ 이내이면 orthoclinal로 각각 표현될 수 있다(그림 2).

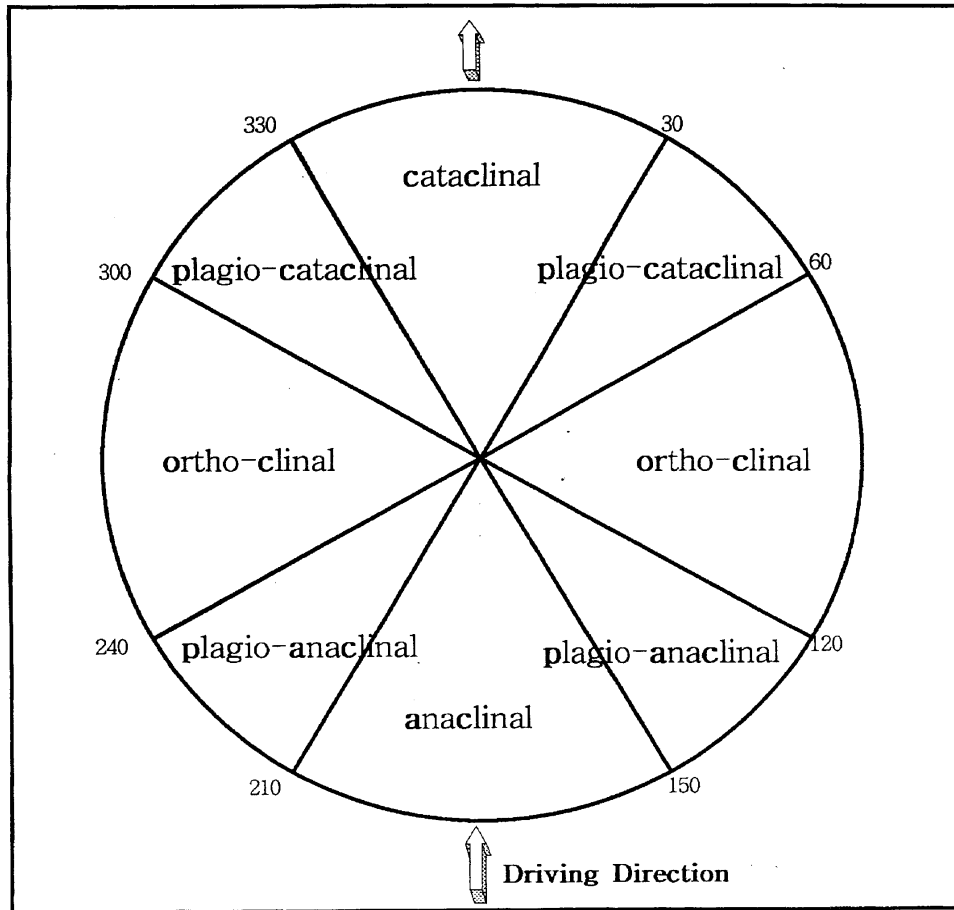


그림 2. 굴착방향에 대한 분리면의 경사감각 (하반구투영법)

2.3 분리면의 경사도

분리면의 경사 각도는 수평(horizontal), 완경사(gentle), 보통(moderate), 급경사(steep), 수직(vertical)등으로 세분하며 이들은 각각 0-15°, 15-35°, 35-55°, 55-75°, 75-90°의 범위이다. 이때 역전경사(over hanging)는 구분할 필요가 없다.

3. 굴착방향과 분리면방향성간의 기하학적 관계

3.1 기재적 표현

이렇게 터널 굴진 방향에 대한 분리면의 방위각, 경사 감각, 경사각도 등을 규정함으로써 모든 방향의 분리면에 대하여 기하학적 특성을 부여할 수 있으며 그 종류는 모두 40종이다.

표현은 5개 영문자로 구성되는데 앞의 1개 혹은 2개 문자는 지반굴착 방향과 분리면의 방위간의 관계로서 대문자로 나타내며 OC(Ortho-Cross), SC(Sub-Cross), T(Transition), SP(Sub-Parallel), OP(Ortho-Parallel)등 5개종이다. 첫 번째 소문자는 경사 각도로서 h(horizontal), g(gentle), m(moderate), s(steep), v(vertical)등 5개종이다. 뒤쪽의 3개 혹은 2개 소문자는 경사 감각을 나타내며 cc(cataclinal), pcc(plagio-cataclinal), oc(orthoclinal), pac(plagio-anaclinal), ac(anaclinal)등 5개종이다.

예로 지반굴착 방향이 수평으로 N44°W 라면 이의 trend와 plunge는 316/00 이다. 또 주요 분리면의 방향이 N55E/73NW 라면 325/73 이다. 방위각의 편차가 9° 로서 Ortho-Cross이며 경사각도는 steep 하다. 또 경사각도는 굴진 방향과 같으므로 cataclinal 하다. 따라서 이는 Ortho-Cross, steeply, cataclinal 하므로 **OCscc**로 표현된다. 또 다른 예로 지반굴착 방향이 S34°W이고 주요 분리면의 방향이 N23E/21NW 라면 굴착방향은 212/00 이며 분리면은 293/21 가 된다. 이때 방위각의 편차가 81° 로서 Ortho-Parallel이며 경사각도는 gentle 하다. 경사각도는 굴진방향에 직교하므로 orthoclinal 하다. 따라서 이는 Ortho-Parallel, gentle, orthoclinal 하므로 **OPgoc**로 표현된다.

예로 지반굴착 방향이 N66W이고 수평일 경우 굴착면에서 345/70, 033/50, 125/25, 282/82 등의 분리면이 확인될 때와 이 지반을 N10E, S44E, S70W, N66W 등의 방향에서 수평굴착할 경우를 각각 가정하면 다음 표 1과 같다.

표 1. 지반굴착 방향(N10E, S44E, S70W, N66W)에 대한 분리면방향성(345/70, 033/50, 125/25, 282/82)의 관계 예시

D O D E	345/70		033/50		125/25		282/82	
N66W (294/00)	51	Tspcc	99	OPmoc	191	OCgac	348	OCvcc
S70W (250/00)	95	OPsoc	143	Tmpac	235	Tgpac	32	Tvpcc
S44E (136/00)	209	SCsac	257	OPmoc	349	OCgcc	146	Tvpac
N10E (010/00)	335	SCscc	23	SCmcc	115	SPgoc	272	OPvoc

3.2 DO-DE Chart

이상의 굴착방향에 대한 분리면 방향성간의 관계는 기본적으로 평사투영망에 대한 이해와 상당한 공간감각을 필요로 한다는 점에서 신속한 판단과 조치가 요구되는 굴착현장에서는 유용하지 못하다. 따라서 굴착방향이 고려된 분리면 방향성과 경사각각, 경사각 등을 함께 표시하고 그 기하학적 특성을 나타낸 것이 DO-DE Chart(Discontinuity Orientation against Direction of Excavation Chart) 이다(표 2). 표 2에서 종축의 첫 열에는 방위를, 맨 끝열에는 경사각각각각 나타내고 횡축에는 경사각도를 나타내고 있다.

또한 터널현장의 경우 Bieniawski(1973)의 지반역학적암반분류(Rock Mass Rating)시 방향성보정을 위하여 채택하고 있는 Wickham(1972)의 제안을 적용하여 음영으로 나타낸 것이다. 이때 각 급간의 값은 정량적 표현이 아닌, 적합, 부적합 등의 정성적 표현임에 유의한다.

본 표를 현장에서 사용하기 위해서는 간단한 조작이 필요한데 전술한 것처럼 모든 방향성 자료는 경사방향법으로 측정, 표현하고 특히 굴착방향의 표현은 선구조로 간주하여 Trend 및 Plunge 로 표현한다. 또한 종축 첫 열에의 적용시 분리면경사값에서 지반굴착방향값을 빼 값이 사용된다. 만일 이 값이 음수가 되면 360을 더해 준다.

표 2. DO-DE Chart

DIP ANGLE \ DIP DIRECTION		horizontal	gentle	moderately	steeply	vertical	DIPPING SENSE
		0-15	15-35	35-55	55-75	75-90	
0-15	Ortho-Cross	OChcc	OCgcc	OCmcc	OCscc	OCvcc	cataclinal
15-30	Sub-Cross	SChcc	SCgcc	SCmcc	SCscc	SCvcc	
30-60	Transition	Thpcc	Tgpcc	Tmpcc	Tspcc	Tvpcc	plagio-cataclinal
60-75	Sub-Parallel	SPhoc	SPgoc	SPmoc	SPsoc	SPvoc	orthoclinal
75-105	Ortho-Parallel	OPhoc	OPgoc	OPmoc	OPsoc	OPvoc	
105-120	Sub-Parallel	SPhoc	SPgoc	SPmoc	SPsoc	SPvoc	plagio-anaclinal
120-150	Transition	Thpac	Tgpac	Tmpac	Tspac	Tvpac	
150-165	Sub-Cross	SChac	SCgac	SCmac	SCsac	SCvac	anaclinal
165-195	Ortho-Cross	OChac	OCgac	OCmac	OCsac	OCvac	
195-210	Sub-Cross	SChac	SCgac	SCmac	SCsac	SCvac	plagio-anaclinal
210-240	Transition	Thpac	Tgpac	Tmpac	Tspac	Tvpac	
240-255	Sub-Parallel	SPhoc	SPgoc	SPmoc	SPsoc	SPvoc	orthoclinal
255-285	Ortho-Parallel	OPhoc	OPgoc	OPmoc	OPsoc	OPvoc	
285-300	Sub-Parallel	SPhoc	SPgoc	SPmoc	SPsoc	SPvoc	plagio-cataclinal
300-330	Transition	Thpcc	Tgpcc	Tmpcc	Tspcc	Tvpcc	
330-345	Sub-Cross	SChcc	SCgcc	SCmcc	SCscc	SCvcc	cataclinal
345-360	Ortho-Cross	OChcc	OCgcc	OCmcc	OCscc	OCvcc	

Description	Very Favorable	Favorable	Fair	Unfavorable	Very Unfavorable
Color					

* To obtain dip-direction and dipping sense, subtract driving angle from dip-direction of discontinuity, and in case negative value, add 360.

* In Ortho-Cross and Sub-Cross, stable grade may be upgraded/downgraded when joint is disappeared/magnified with driving forward.

4. 결론

특정 지역 지반의 고유특성이라 할 수 있는 분리면은 그 성상에 따라 해당 지반의 특성을 크게 지배하는 이유로 지반조사 및 평가시 가장 많이 언급되고 있으며 특히 분리면방향성은 지반의 이방성적 경향을 더욱 심화한다는 점에서 또한 가장 중요하게 취급되는 부분이다. 하지만 측정과 자료처리 등이 손쉽지 않음으로서 효과적인 고려가 미흡한 실정이다.

따라서 DO-DE Chart의 이용을 통하여 굴착면에서 굴착 방향에 대한 분리면 방위각, 경사 감각, 경

사각도 등을 규정함으로써 어떠한 방향을 갖는 분리면이든, 또한 특정 지반을 어떤 방향에서 굴착하는 양자간의 기하학적 특성에 대한 명명과 규정화가 가능함을 알수 있다. 이는 RMR 분류법이 적용되는 곳에서 방향성보정 자료로의 활용이 가능하고 절취사면 등의 시공전후 안정성 파악을 간편하게 수행할 수 있다는 점에서 유용하게 이용될 것으로 기대한다.

참고문헌

1. 노병돈(2003), “공학적 지질조사와 기술”, 대한지질공학회 '03 Workshop
2. J.A.Hudson etc.(1997), "Engineering rock mechanics", Elsevier Science Ltd. pp.163~172
3. G.E.Wickham etc.(1972), "Support determination based on geologic predictions", In Rock Mechanics Design in Mining And Tunneling (ed Z.T.Bieniawski), Balkema, Rotterdam