

DO-DE Chart의 개발

노병돈^{1)*} · 한병현²⁾ · 박완서³⁾

1. 서 론

암반 중에 존재하는 수많은 불연속면은 그 성인 및 특성에 따라 몇 개 그룹으로 구분이 가능하다. 이들은 암반 중에서는 고유의 특성을 가지지만 일단 굴착등과 같은 환경 변화에 따라 각기 다른 특성을 보이게 된다. 특히 응력조건의 변화, 지하수위의 변동등과 함께 굴착방향, 즉 응력개방 방향에 따른 불연속면의 거동은 주목할 만하다. 특히 굴착중인 터널막장 혹은 굴착사면에서는 신속하게 그 특성이 규명되어 필요시 즉시 조치가 필요하기도 한 것이다.

따라서 본고에서는 굴착중인 터널막장 및 굴착사면에서 굴착방향과 관련한 불연속면의 기하학적 특성 및 위해정도를 신속하게 파악하고 대책수립을 위한 근거로서의 도구를 개발 제안코자 한다.

2. 불연속면 방향성

불연속면 방향성의 특성요소로는 방위, 경사각각, 경사각도 등이다.

2.1 불연속면 방위

터널굴진 방향 혹은 사면굴착 방향에 대한 불연속면의 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 불연속면의 방위는 경사방향법(dip-direction)으로 표현되며 터널은 수평방향의 굴진으로 가정한다. 또 15° , 30° 등 경계값에 해당되는 방위의 경우 구분이 애매해지므로 모든 방향성 값은 14° , 32° 등으로 가능한 한 계기상에서 정확하게 읽을 필요가 있다.

2.2 불연속면의 경사방향

불연속면의 경사 방향은 경사 감각(dipping sense)을 의미하며 터널 굴진 방향에 대한 경사 방향으로 표현된다. 터널 굴진 방향과 같은 방향으로 경사 감각을 가지면 순경사(cataclinal), 굴진 방향에 반대 방향의 경사 감각을 가지면 반경사(anaclinal), 직교하는 경사 감각을 가지면 정경사(orthoclinal)로 구분할 수 있다. 즉 터널 굴진 방향과 불연속면의 경사 방향이 같고 불연속면 방위와의 편차가 $\pm 30^\circ$ 이내이면 cataclinal, 이의 양측 30° 범위를

주요어 : 불연속면

1) 삼성건설 TA팀(engeo@naver.com)

2) 삼성건설 토목기술팀(byeong.han@samsung.com)

3) 삼성건설 건축기술팀(park3364@samsung.com)

유사 정경사(plagio-cataclinal), 터널 굴진 방향과 불연속면의 경사 방향이 반대이고 불연속면 방위와의 편차가 $\pm 30^\circ$ 이내이면 anaclinal, 이의 양측 30° 범위를 유사 순경사(plagio-anaclinal), 터널 굴진 방향과 불연속면의 경사 방향이 직교하고 불연속면 방위와의 편차가 $\pm 30^\circ$ 이내이면 orthoclinal로 각각 표현될 수 있다

2.3 불연속면의 경사도

불연속면의 경사 각도는 수평(horizontal), 완경사(gentle), 보통(moderate), 급경사(steeep), 수직(vertical)등으로 세분하며 이들은 각각 $0-15^\circ$, $15-35^\circ$, $35-55^\circ$, $55-75^\circ$, $75-90^\circ$ 의 범위이다.

2.4 기하학적 특성

터널 굴진 방향에 대한 불연속면의 방위각, 경사 감각, 경사각도 등을 규정함으로서 모든 방향의 불연속면에 대하여 기하학적 특성을 부여할 수 있으며 그 종류는 모두 38종이다. 표현은 5개 영문자로 구성되는데 앞의 1개 혹은 2개 문자는 터널 굴진 방향과 불연속면의 방위간의 관계로서 대문자로 나타내고 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(steeep), 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 터널 굴진 방향이 N44°W이고 주요 불연속면의 방향이 292/73이라면 방위각의 편차가 66° 로서 Sub-Cross이며 경사각도는 steep하다. 또 경사감각은 굴진 방향과 같으므로 cataclinal하다. 따라서 이는 Sub-Cross, steep, cataclinal 하므로 SCscc로 표현된다. 또 다른 예로 터널굴진 방향이 S34°W이고 주요 불연속면의 방향이 310/20라면 방위각의 편차가 6° 로서 Ortho-Parallel이며 경사각도는 gentle하다. 경사감각은 굴진방향에 직교하므로 orthoclinal하다. 따라서 이는 Ortho-Parallel, gentle, orthoclinal 하므로 OPgoc로 표현된다.

3. DO-DE Chart

굴착방향에 대한 불연속면의 위해 정도를 5개 급간화 하여 매우 유리(very favorable), 유리(favorable), 보통(fair), 불리(unfavorable), 매우 불리(very unfavorable)등으로 구분한다.

이렇게 구분된 위해등급을 불연속면 방위 및 경사감각, 경사각 등과 함께 표시한 것이 Table 3.1의 DO-DE Chart(Discontinuity Orientation - Direction of Excavation Chart) 이다. 종축에 방위각 및 경사감각을, 횡축에 경사각도를 각각 표시하고 부과된 조정값은 음영으로 나타냈다. 이를 터널 굴진 방향에 따라 적용하기 위해서는 간단한 조작이 필요하다. 즉 종축의 경사방향에 적용하는 값은 불연속면의 경사방향값에서 터널굴진 방향값을 뺀 값이다. 만일 음수가 되면 360을 더해 준다. 물론 모든 방향은 dip-direction 방법으로 측정하여 사용하고 터널의 방향성도 선구조의 방향으로 간주하여 trend/plunge로 측정하여 표현한다. 예로 불연속면의 방향이 300/50일 경우 터널 굴진 방향이 각각 N40E, N40W, S50W, S50E 라면 터널굴진 방향을 보정한 방위각은 260° , 340° , 070° , 170° 가 되어 Ortho-Parallel, Sub-Cross, Sub-Parallel, Ortho-Cross가 된다. 또 불연속면의 방향이 030/50일 경우는 350° , 070° , 160° , 260° 가 되어 Ortho-Cross, Sub-Parallel, Sub-Cross, Ortho-Parallel이 된다.

Table 3.1 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

굴착방향에 따라서 암반 고유의 불연속면의 기하학적 특성이 달리 나타날 수 있고 또 이를 효과적으로 표현하므로써 특성화할수 있는 방안을 검토해 보았다. 따라서 DO-DE Chart를 이용함으로써 모든 방향의 불연속면에 대한 명명이 가능하고 그 특성을 규정할 수가 있으며 특히 평사투영법에 익숙하지 않은 이들도 쉽게 불연속면의 특성을 파악하고 방향성 위해정도에 대한 조정값을 채택할 수 있다는 장점이 있다.

이는 특히 현장에서 평사투영망 혹은 여타의 별도 작업 없이 불연속면의 방향성만을 측정하여 곧바로 방향성 보정값을 찾을 수 있게 한 점이 특징인데 이는 현장 활용성을 향상시키는데 크게 기여할 것으로 보인다. 또 암반분류안과는 별도로 본 방향성 보정도표로 굴착암반의 안정성을 평가하는데 이용할 수도 있다.