

大邱 地域의 砂岩 및 珉長岩에 對한 分離面의 活動性

金永琪* 崔日煥* 鄭敎澈*

Kinematic properties of discontinuities on the Sandstone and Felsite in Taegu province

Young Ki Kim · El Whan Choi · Gyo Cheol Jeong

Abstract: The Cretaceous sandstone and felsite distributed in north-western border part of Taegu city were studied in the viewpoint of engineering geology with an emphasis of their discontinuities.

The probability of continuity of sandstone is 0.69 and that of felsite is 0.56. The correlation coefficients of sandstone are 0.52 and 0.54. Those of felsite are 0.47 and 0.48. These values reflect that the rocks have been strongly jointed. K_0 value of the sandstone is close to its K_a value and the test suggests that the sandstone has been in active state. On the other hand, K_0 value of the felsite is close to its K_p value, which reflects that the felsite has been in passive state, in order to maintain the stability of the sandstone. δ value should be changed to be less than 13.2.

1 序 論

基礎地盤의 처리에 對한 研究가 최근에는 活潑히 進行되고 있다. 즉 댐, 地下鐵, 原子力發電所, 터널工事 등의 土木施工에 있어서 岩盤의 工學的性質에 對한 問題가 야기된다. 岩盤工學에 있어서 가장 중요한 問題中的 하나로서 岩盤의 不連續性面은 岩盤體의 斷續性을 말하며 斷續性이란 構造的 斷續性, 즉 地質構造的 斷續性을 말한다. 이는 一次的 斷續性和 風化 혹은 動植物 또는 人爲的인 것에 의한 斷續性, 즉, 二次的 斷續性으로 區分된다. 이러한 斷續性面을 分離面이라 할수 있다. 이 分離面에는 有限分離面과 無限分離面으로 區分될수 있다. (김영기, 1981)

大部分의 岩體에 發達하고 있는 分離面은 節理인 것이다. 따라서 本 研究는 所謂 “慶尙系” 晉州層에 分布한 砂岩의 節理와 “慶尙系” 後期에 貫入한 貫入岩脈類인 珉長岩의 節理에 對한 現象과 性狀을 比較檢討하고 이들의 活動性 즉 主動狀態(active state)와 受動狀態(passive state)의 理論的 接近을 試圖하였다.

砂岩에 對한 分離面의 力學性에 對하여는 이미 地質학회지 (Vol. 18, No. 3)에 發表한바 있다.

2. 研究對象 및 研究方法

岩體에서의 力學的 活動量을 物理的으로 測定할수 있는 어떤 物理量 즉 分離面의 파괴강도로 提示하고 이들 파괴강도를 弱화시킴으로써 좀더 自然條件에 接近하는 試圖에 對한 研究가 急進되고 있다. 이 分離面中 有限分離面으로서 틈, 節理들이 間隙(open)되 있거나 閉隙(close)되어 있는것을 大分離面(large discontinuities)으로 간주하고 破碎와 같은것을 小分離面(small discontinuities)로 定義되고 있다. (British standard Institution, 1957).

本 研究에서는 大分離面에 속하는 것을 모두 節理帶로 보고 연구대상으로 삼았다. 對象岩層은 慶尙系 下部層群에 屬하는 晉州層으로서 慶北 칠곡군 枝川面一帶에 分布하는 砂岩과 그 上部層群에 속하는 半夜月層을 貫入한 珉長岩의 두岩體를 選定하였다.

이들 岩體의 新鮮한 試料를 無作爲로 採取한 후 供試體를 제작하여 強度試驗을 실시하였으며 이들 각각의 物性を 건조상태와 습윤상태로 구분하여 측정하였다. (岩石學의 조직은 고려하지 않았음)

節理帶에는 數個의 節理系를 갖고 있다. 한 節理系는 端點(site)을 中心으로 하여 幅, 長, 厚를 갖는 한 블록으로 지정할수 있어 三次元的인 面을 갖는 節理系

* 慶北大學校 自然科學大學 地質學科

Table 1. Dip direction and dip of joints in sandstone.

Dip direction	1	16	31	46	61	76	91	106	121	136	151	166	181	196	211	226	241	256	271	286	301	316	331	346	Total		
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345	360			
0—5																											
6—15																		1									1
16—25									1					1													2
26—35																											
36—45															2		3	1									6
46—55													1						1		1						3
56—65	1							1	2	1			1			1		2						2		11	
66—75	4				3	1				1	3	1	4	1	1	2	2	9		1	1	1	3	5		43	
76—85	9	7	1	1	6	11	5	2		4	9	9	5	18	7	3	7	22	3		2	5	9	5		150	
86—90	4	8	1	4	2	20	5	6		2	4	11	6	8	1	5	1	20	5			4	3	6		126	
Total	13	20	2	5	8	34	11	4	3	8	16	21	17	30	9	14	12	54	8	2	3	10	15	18		342	

Table 2. Dip direction and dip of joints in felsite.

Dip direction	1	16	31	46	61	76	91	106	121	136	151	166	181	196	211	226	241	256	271	286	301	316	331	346	Total	
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345	360		
0—5																										
6—15							1																			1
16—25																										
26—35									3																	3
36—45																										
46—55																										
56—65	1	1		3				2	6										3	4						13
66—75	1	3		2	6			1		7	4															31
76—85	4	12	2				1	2	5	5	3	2	1	1		4	1	3	3		5	3	4	4		65
86—90	1	22	18	4	1			6	3	2		3	11	4		4				2	3	1	4	10		99
0—5	4	12	9	4				1	2	5	7	3	7	5	3	2			1		4	4	4	4	16	97
6—15	6	3	4	1			1	1	2				4	7	4	1		1	2	1	5	5	1	3	52	52
Total	12	45	44	13	10		3	16	18	19	14	12	26	14	4	10	2	6	9	16	15	12	18	23		361

로 보고 一定한 軸線 방향을 設定하여 分離量을 測定하고 이를 통계학적으로 처리 分析하였고, 이들 節理系의 活動은 滑動角(ε)과 斜面方向角(δ)에 따라 決定된다고 가정하여 活動性的 理論的 接近方法으로 立體投影圖에서 求한 母數 ε, δ 로서 벡터를 이용한 理論式을 試圖하였다.

3. 節理面의 現象과 性狀

3-1 節理面의 現象

本 두岩體의 節理方向性的 測定値는 Table 1, 2에 表示되어 있고 이들의 方向性을 나타내는 方法으로는

立體投影圖에 의해 求한 最大集中方向과 확률에 의한 平均節理方向이 있다. 여기서 算定에 의한 平均節理方向은, 어느 한 방향을 확률변수 X라 하여 X=x_i 일때의 확률을 P_i라 하면 즉, P(X=x_i)=P_i 일때의 平均節理方向(θ)는 다음과 같이 표시된다.

$$\bar{\theta} = \sum_{i=1}^n x_i P_i \quad \dots\dots(1)$$

이며 이에 對한 표준편차(s)는

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2 P_i - \bar{\theta}^2} \quad \dots\dots(2)$$

로 된다. 式(1)과(2)에 의한 平均方向과 標準편차, 그리고 立體投影圖에서 求한 最大集中方向등은 Table 3과 같다.

Table 3. Direction of joints in sandstone and felsite

	Joint group	Max. concentration direction	Concentration degree(%)	Mean joint direction	Standard deviation	Number of data
Sandstone	J ₁	205/85	6.2	204/80	19.4/10.7	89
	J ₂	262/84	7.0	265/82	10.5/ 6.9	77
	J ₃	345/84	4.1	340/82	9.4/ 5.5	38
	J ₄	090/85	3.8	091/83	15.8/ 5.1	73
Felsite	J ₁	191/79	8.5	190/74	4.9/ 4.3	34
	J ₂	341/71	8.0	337/79	12.0/ 5.9	52
	J ₃	033/67	15.0	039/71	11.8/ 6.0	85
	J ₄	132/44	7.5	131/62	21.0/14.3	34

이들 方向性을 계산치나 集中性에 의한 것이나 거의 일치되고 있으며, 이들의 편차는 砂岩體에서 9.4~19.4 度의 分布를 나타내는 반면 珉長岩體에서는 4.9~21.0 度의 큰 分布를 보이고 있음을 알 수 있다. 節理面들의 傾斜는 砂岩體가 5.1~10.7 度이고, 珉長岩體가 4.3~14.3 度로 되고있어 珉長岩體가 砂岩體에 비해 分散이 클을 알 수 있다.

3-2. 節理面의 性狀

岩體에 不連續面이 存在함으로써 그 岩體가 強度 減少의 影響이 있는것은 明白하다. 즉 弱面(Weakness plane)이 存在하므로 岩石 固有強度의 1/300의 強度減少要因을 提示하고 있다. (Muller, 1968), 이와같은 減少는 分離面을 갖는 岩體의 表面에 미치는 應力에 대한 지지압력의 감소로 因하여 強度減少가 일어 난다고 할수 있다. 이러한 分離面中表面에 나타나는 風化에 의한 질리는 아주 얇아 근본적으로 二次元的으로 取扱되어 왔으나 本 論文에서는 固有의 節理幅, 節理長, 節理厚가 存在한다고 보아 三次元的으로 고려하였다.

3-2-1. 平均 節理幅(\bar{W})

節理幅은 分離面의 數 즉, 節理間격을 나타내는 것이다. 三次元的 關係에서 보면 X 軸에 해당하는 것이다. 平均節理幅(\bar{W})은 (緒方, 1979)

$$\bar{W} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n W_i \cdot \cos\phi \quad \dots\dots(3)$$

- i: 節理間隔
- N: 節理數
- φ: 内部摩擦角

로서 求할수 있으며, 또한 이 平均節理幅(\bar{W})의 逆數를 節理密度(ρ)라 한다.

$$\rho = \frac{1}{\bar{W}} \quad \dots\dots(4)$$

上記(3)(4)式에 測定值 Table 4,5 를 代入하면 砂岩

의 平均節理폭 \bar{W} 은 14.5cm, 밀도 ρ는 0.07 이며, 珉長岩의 平均節理폭 \bar{W} 은 18.70cm, 밀도 ρ는 0.05 등으로 나타나고 있다.

3-2-2 平均 節理長(\bar{L})

한 分離面이 存在할때 다른 分離面에 의해 切斷되어 지는 길이를 節理長(L)이라한다. 이 길이의 全體에 對한 확률평균으로서 平均節理長으로 하여 本 砂岩體의 平均節理長(\bar{L})은 24.20cm 이고, 珉長岩體의 平均節理長(\bar{L})은 30.50cm 가 되고 있다. (Fig.1 참조)

3-2-3. 平均 節理厚(\bar{T})

X 軸을 幅(W)으로 하였을때 Y 軸에 해당하는 것으로서, 이는 斷切된 岩盤의 깊이를 表示한 量으로서 砂岩의 平均節理厚(\bar{T})는 19.9cm 이고 珉長岩에서의 平均節理厚(\bar{T})는 11.2cm 로 發達하고 있다. (Fig. 1 참조)

3-2-4. 節理 斷續率(a)

節理面의 分布量, 즉, 節理의 斷續性을 評價하는 것으로서 節理斷續率은 地質工學에 있어 重要한 物理量인 것이다.

斷續率(a)는 다음과 같이 나타낼수 있다.

$$a = \frac{i}{i+l} \quad (0 < a < 1) \quad \dots\dots(5)$$

(緒方, 1978)

式(5)에서 절리단속장 i를 야외에서 計測하기란 事實上 용이하지 않다. 따라서 露頭에서 節理幅(W_i)를 計測할 경우 固有節理幅(W₁)의 計測値와 인접한 다음의 節理面과의 幅 2W₁, 또 그 다음의 3W₁의 計測値인 것처럼 W₁ 및 nW₁(n=1, 2, 3, ...)의 計測値가 포함되어 있다. 즉 W₁을 計測한 것을 確率展開式에 따라 (展開式은 緒方に 의함)

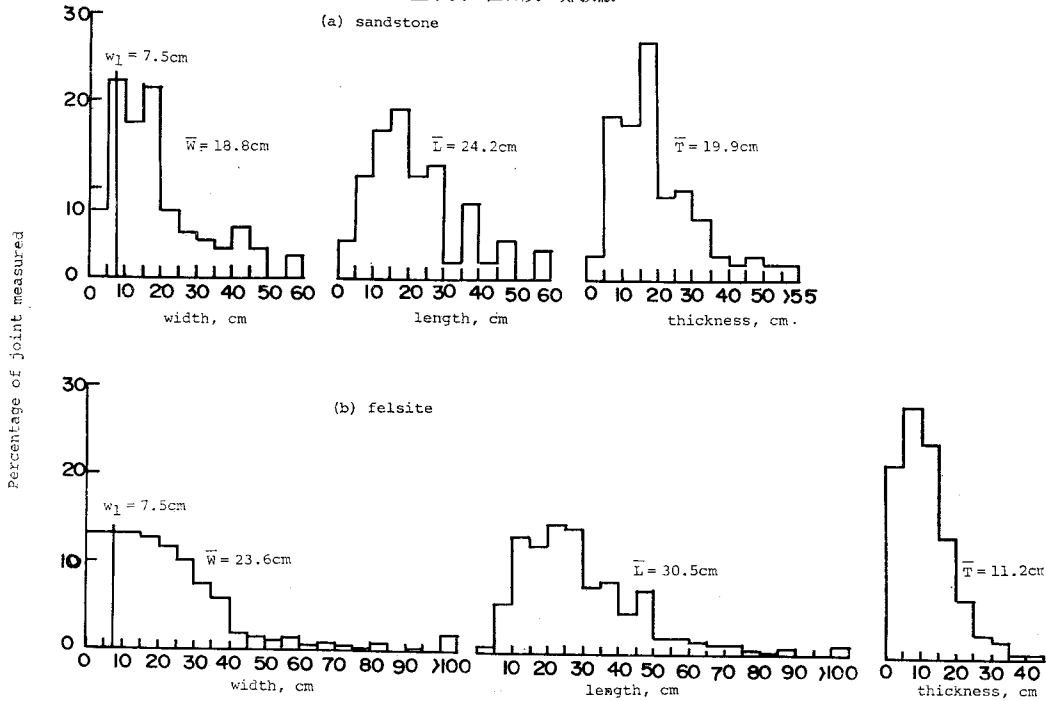


Fig. 1 Histograms of width, length and thickness in joints.

$$\bar{W} = W_1 \cdot \frac{1}{1-a} \quad \dots\dots(6)$$

가 될 수 있어求하는 斷續率 (a)는

$$a = 1 - \frac{w_1}{\bar{w}} \quad \dots\dots(7)$$

가 된다.

上記式에 의하여 斷續率(a)를 구하기 위하여는式(3)에서 平均節理幅(\bar{w})를 求할 수 있고, W_1 은 最大分布量의 平均値를 말하므로 이는 計算에 의하여 算定할 수 있다. (Fig. 1 참조)

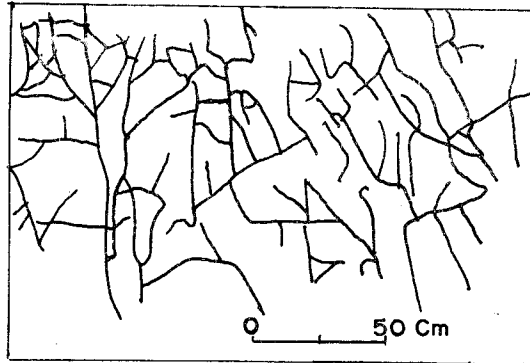
이에 따라 砂岩의 고유 節理幅 W_1 은 7.5cm이며 斷續率 $a=0.48$ 이 되고 珉長岩의 $W_1=7.5$ cm, $a=0.60$ 으로 되고 있다.

3-2-5. 節理面의 連續性 評價

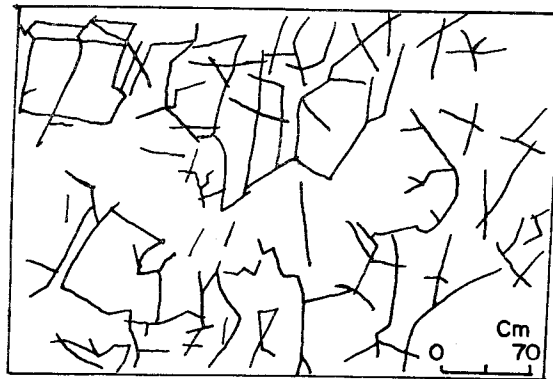
節理面에 對하여 定量的인 評價를 하는것은 地質工學上 매우 重要한 要素中의 하나이다. 節理面의 連續性 評價의 한 方法으로서 度邊邦夫(1981)에 의해 提示되고 있어 이에 의하여 評價하고자 한다.

各 節理面에 對한 끝을 端點으로 보고 그의 交差點을 分岐點(bond)이라 하며 端點과 分岐點에 의한 理想的 網조직(net work)을 생각하여 실제 岩盤이 理想的 網조직에 얼마나 接近하고 있는가에 對한 確率인 것이다.

이 關係式은 다음과 같다.



(a) joint system in sandstone



(b) joint system in felsite

Fig. 2 Joint system

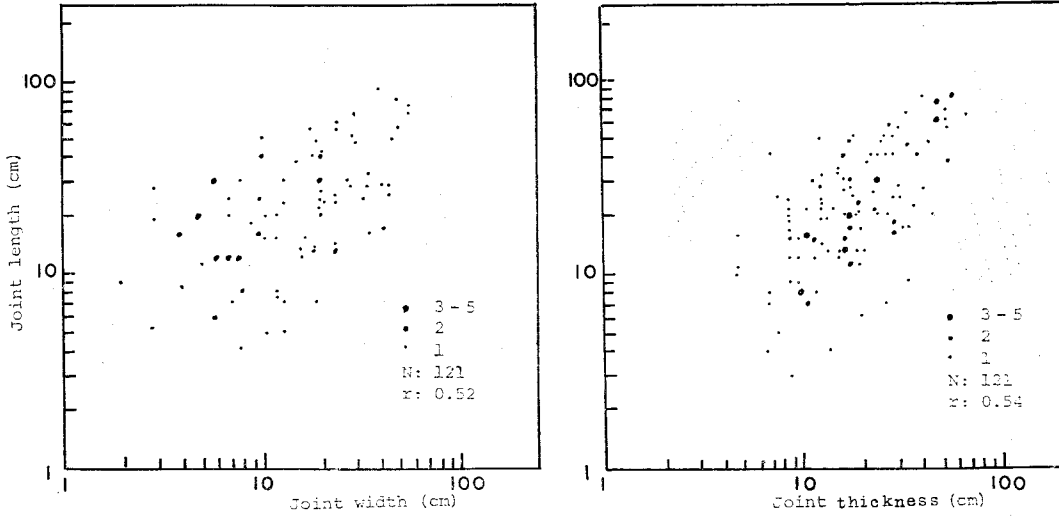


Fig. 3 Relation between length and width, thickness of joints in sandstone.

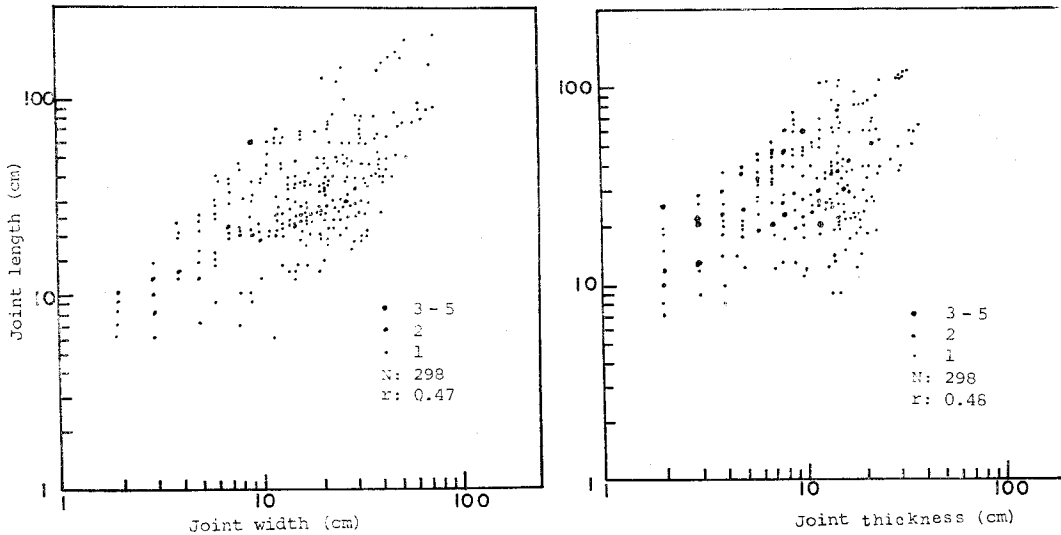


Fig. 4 Relation between length and width, thickness of joints in felsite.

$$Z \cdot \alpha_c = \frac{d}{d-1} \dots\dots (8)$$

Z : 分岐點의 數 d : 次元數
 α_c : 分岐點의 임계 확률

이 되며 分岐點의 存在確率은

$$p = \frac{3(1-\mu_b)^2}{\mu_b} \dots\dots (9)$$

p : 分岐點과 端點數의 比
 μ_b : 分岐點의 存在確率

分岐點의 存在確率 μ_b 가 임계確率 α_c 보다 클때 連續性이 良好하다고 할수 있다. 또한 μ_b 값이 0.5 이상 이 되면 節理連續性은 급격히 증가한다는 것을 볼 수 있다.

이상의 理論에 의해 本 두 岩體의 連續性을 보면
 砂岩 : Z=3, d=2, $\alpha_c=0.67$ b=109(개), c=68(개)
 (端點), $\mu_b=0.69$
 珉長岩 : Z=4, d=2, $\alpha_c=0.50$, b=276(개), c=143
 (개)(端點), $\mu_b=0.56$

이들 岩體들의 값을 볼때 모두 α_c 값보다 μ_b 값이 큰 것으로 보아 이 岩體들은 連續性이 큰 岩體임을 알수 있다. (Fig. 2 참조)

3-2-6. 節理量의 比較

以上の 各 節理量들의 相互關係를 나타내기 위하여 縱軸에 節理長(Joint length)를 橫軸에 節理幅(Joint width)과 節理厚(Joint thickness)를 두어 양대수방안지

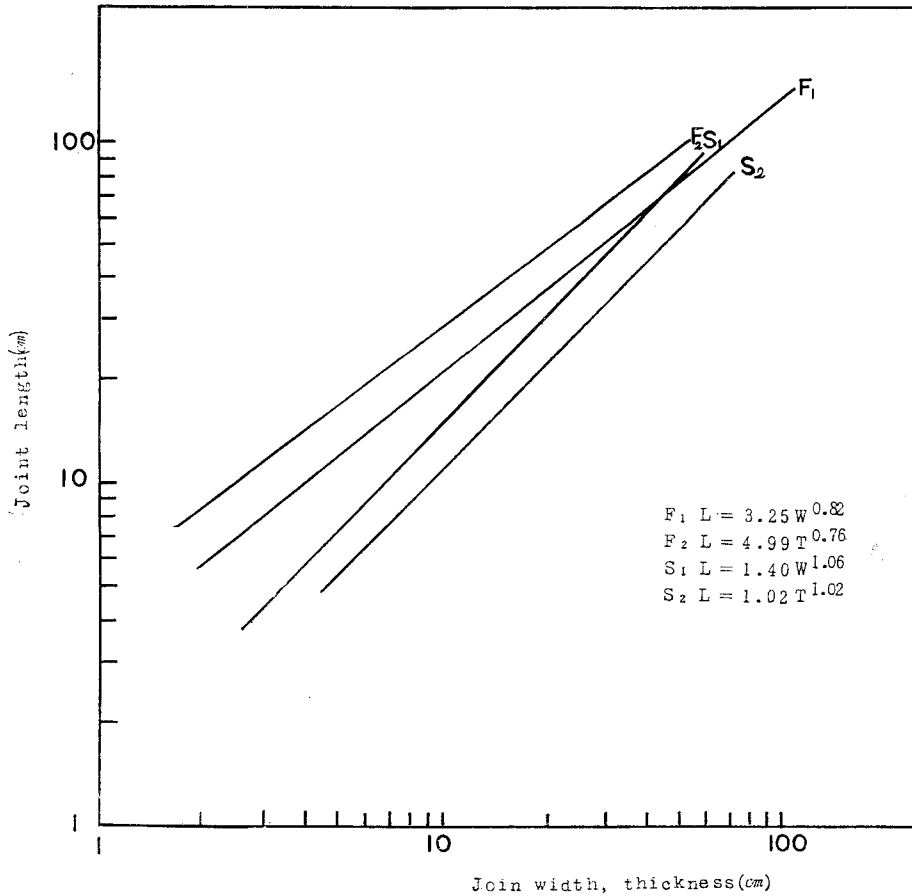


Fig. 5. Relation between joint length(L) and joint width (W)(or joint thickness(T))

에 表示하면 Fig. 3 및 Fig. 4 와 같다.

이 그림에서 砂岩의 相關係數 r는 0.52, 0.54 이고, 珉長岩에서의 r는 0.47, 0.48 로 나타나고 있어 砂岩은 珉長岩보다 相關性이 強함을 보여주고 있다.

또 이들은 양의 相關관계로서 그 比例式은 다음과 같은 一般式으로 표시할 수 있다.

$$L = A(J)^B \quad \dots\dots(10)$$

L : 節理長 J : 各節理幅 및 厚 A, B : 常數

上記式에 의한 各 常數 A, B 는 砂岩에서 $S_1 : L = 1.40W^{1.06}$, $S_2 : L = 1.02T^{1.02}$, 珉長岩에서는 $F_1 : L = 3.25W^{0.82}$, $F_2 : L = 4.99T^{0.76}$, 로 나타나고 있어 이에 의하면 砂岩보다 珉長岩이 塊狀으로 파괴되었음을 알 수 있다. (Fig. 5 참조)

砂岩과 珉長岩과의 節理量들을 다음과 같이 종합하여 보면 Table 6 과 같다.

Table 6 에서와 같이 砂岩의 節理發達이 甚함을 알 수 있다. 즉 活動性의 岩體임을 보여주고 있다.

Table 6. Joint properties of sandstone and felsite.

	W(cm)	L(cm)	T(cm)	a	α_c	μ_b
Sandstone	14.5	24.20	19.90	0.48	0.67	0.69
Felsite	18.7	30.50	11.20	0.60	0.50	0.56

4. 分離面의 活動性과 安全性

以上에서 記述한 節理들의 斷續性 즉 分離現象과 分離面 性狀에서 나타난것처럼 斷續面의 發達이 甚함을 알 수 있었다.

이들의 分離面들이 活動을 일으키는 것은 斜面方向과 斜面角에 크게 영향을 미치고 있어 이런 面들의 活動性을 力學的으로 고려하지 않으면 안된다.

4-1 分離面의 活動性 評價

一般的으로 剪斷應力이 剪斷抵抗을 초과할 때 破壞가 일어난다. 이와같은 破壞는 地盤內에 人工의인 힘

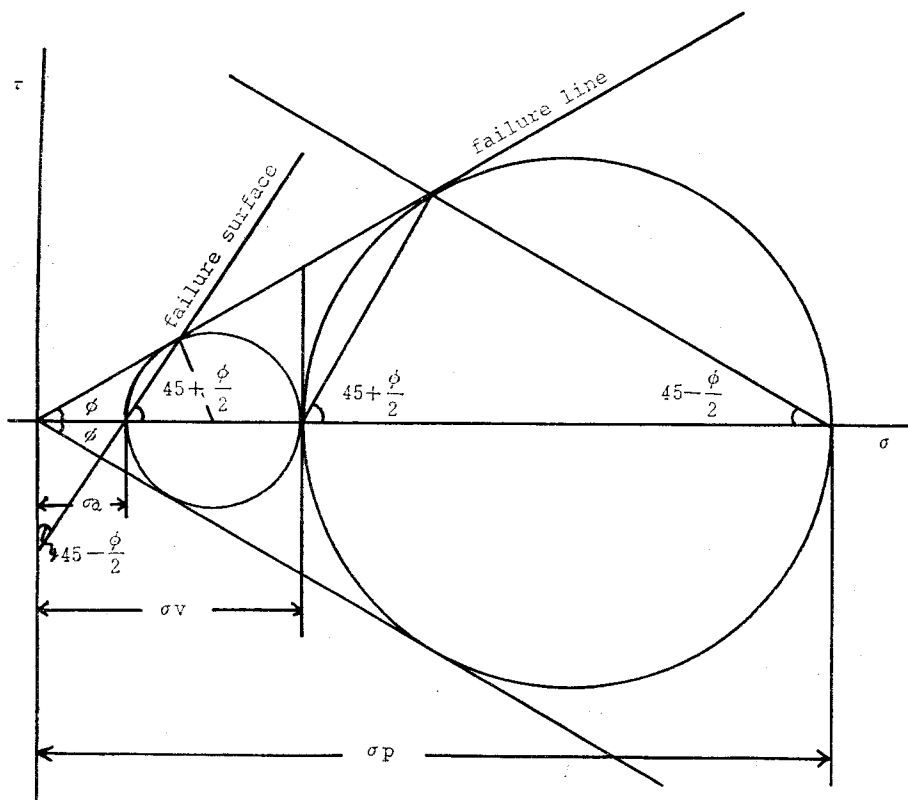


Fig. 6 Mohr's circle in active state and passive state

을 가하여 自然 그대로의 狀態에서 剪斷抵抗을 초과하여 破壞가 일어날수 있으며, 또한 어떤 심도에 對한 荷重 즉, 垂直應力에 對하여도 破壞를 進行시킬 수 있다.

地盤內에서의 應力으로서는 最大主應力인 σ_p 와 最小主應力인 σ_a 가 存在한다. 이것을 모아(Mohr)의 應力圓에 圖示하면 Fig. 6과 같다.

地表面에서 深度 Z 되는곳에서의 垂直應力 σ_v 를 決定한 후 小圓인 主動狀態(σ_a)의 圓과 大圓인 受動狀態(σ_p)의 圓을 作圖할수 있다. 여기서 垂直應力 σ_v 는 密度(r_i)와 深度(Z)로 표시된다.

$$\text{즉 } \sigma_v = r_i \cdot Z \quad \dots\dots(11)$$

모아 應力圓에서 三角함수를 利用하여 σ_a 와 σ_p 를 算定할 수 있다.

$$\sigma_a = r_i \cdot Z \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \quad \dots\dots(12)$$

$$\sigma_p = r_i \cdot Z \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) \quad \dots\dots(13)$$

上記式에서 垂直應力 σ_v 에 對한 主動應力(σ_a) 및 受

動應力(σ_p)의 比가 各々 應力係數 k_a , k_p 라 하면

$$k_a = \frac{\sigma_a}{\sigma_v} = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \quad \dots\dots(14)$$

$$k_p = \frac{\sigma_p}{\sigma_v} = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) \quad \dots\dots(15)$$

가 된다. 따라서 k_a 와 k_p 의 二 應力係數 사이에는 靜止狀態의 應力係數 k_0 가 存在한다. 즉 $k_a < k_0 < k_p$ 가 된다.

$$k_0 = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \quad \dots\dots(16)$$

式(16)을 算定하기 爲하여는 水平應力인 σ_h 를 알지 않으면 算定된다. σ_h 는 計算으로는 不可하므로 스테레오網(Stereo net)의 作用에 依한 向量로 求할수 있다.

즉, 破壞面(剪斷破壞面)이 生成되는데 이 面은 岩體의 弱面(Weakness surface)일 것이고 이것이 分離面이 된다.

이 分離面과 인접한 分離面과 만나는 交差線이 活動線이 되며 이 活動線과 평면과 이룬角이 δ 가 된다. 또

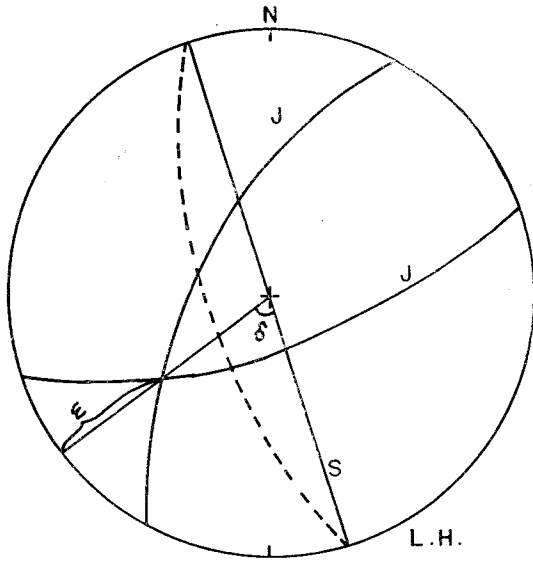


Fig. 7 An example of ε and δ on stereonet.

한 水平應力에 변화를 주는 것은 分離面의 活動線과 地形傾斜面의 方向과 이루는 角(δ)가 된다. (Fig. 7 참조) 따라서 角 ε, δ에 의하여 σ_h를 求하면

$$\sigma_h = \lim_{\delta \rightarrow \theta} \frac{2 \cdot r_t \cdot Z \cdot \tan(90 - \epsilon)}{\sin \delta} \quad \dots (17)$$

(단, 0 ≤ δ ≤ 90)

위의 式을 式(16)에 代入하면,

$$k_0 = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} = \lim_{\delta \rightarrow \theta} \frac{2 \tan(90 - \epsilon)}{\sin \delta} \quad \dots (18)$$

가 되어 靜止應力係數인 k₀를 求할 수 있다.

4-2 分離面의 安全性 檢討

前項(4-1)의 理論에 따라 安全性을 檢討할 수 있다. 主節理方向을 Fig. 8, 9와 같이 작도하여 이 節理가 生性될 그때의 應力에 對한 內部摩擦角(φ)을 θ = 45 + φ/2에 의해 求할 수 있다.

深度 20m 되는 地點에 斜面 혹은 터널을 施工한다고 가정하면 그 地點의 應力 σ_a, σ_p, σ_v에 따른 應力係數

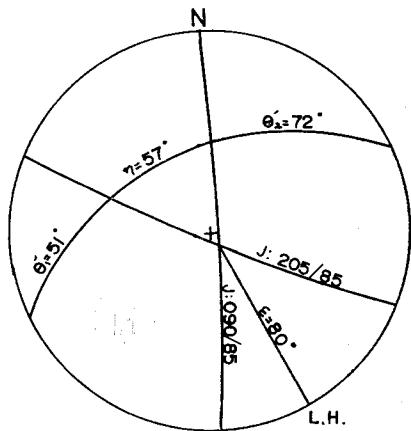


Fig. 8 Wedge failure (sandstone).

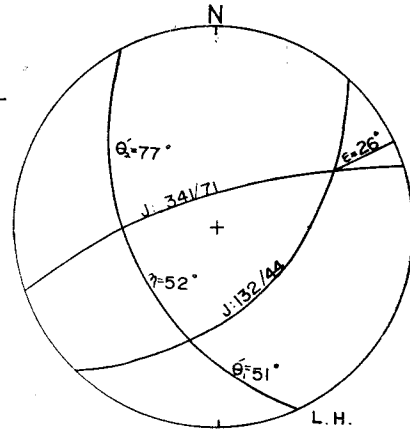
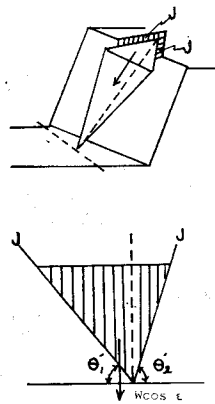


Fig. 9 Wedge failure (felsite).

k_a, k_p와 k₀를 式(14), (15), (16)에 의하여 求할 수 있다.

砂岩 : r_t = 2.65g/cm³, φ = 35°, ε = 80°, δ = 90°로 하였을 때 k_a = 0.29, k_p = 3.39, k₀ = 0.35가 되어 k₀ 값이 k_a에 接近하고 있어 活性이 큰 主動狀態의 岩體임을 알 수 있으며

珉長岩 : r_t = 2.70g/cm³, φ = 38°, ε = 26°, δ = 90°로 하였을 때 k_a = 0.24, k_p = 4.20, k₀ = 4.10으로서 k₀는 k_p 값에 接近하고 있어 安全性을 갖는 受動狀態의 岩體임을 알 수 있다.

以上에서 보는 바와 같이 砂岩에서는 不安한 岩體이므로 이에 安全性을 갖게 하기 위하여 σ_v > σ_h에서 σ_v < σ_h

의 狀態로 즉, 主動에서 受動으로 變형시킴으로 安全하게 된다. (Fig. 10 참조)

이 安全性은 斜面절취방향과 活動線이 이루는 각(δ)의 변화에 따라 수직응력(σ_v)를 약화시켜 受動으로 변화시킴으로 安全性을 회복시킬 수 있는데 그의 限界角은 式(18)에서 求할 수가 있으며 이 때의 限界角은 13.2°가 된다. (Fig. 11 참조) 그러므로 δ가 13.2°보다 적을 때 安全하게 되는 것이다.

따라서 모든 分離面(節理面)의 發達이 甚한곳에서의 安全性 檢討는 이와같은 研究하에서 施工되어야 할 것이다.

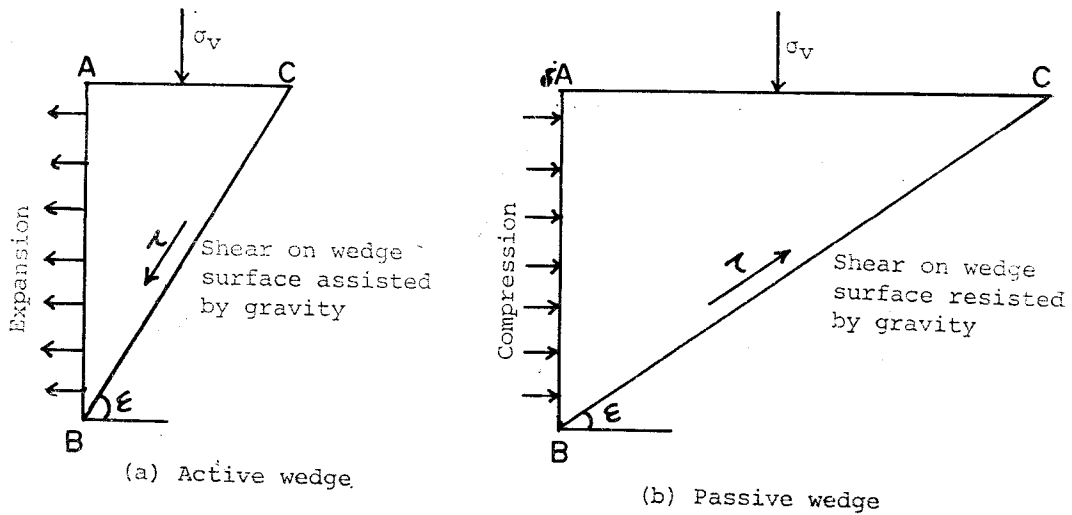


Fig. 10 Active and passive wedges.

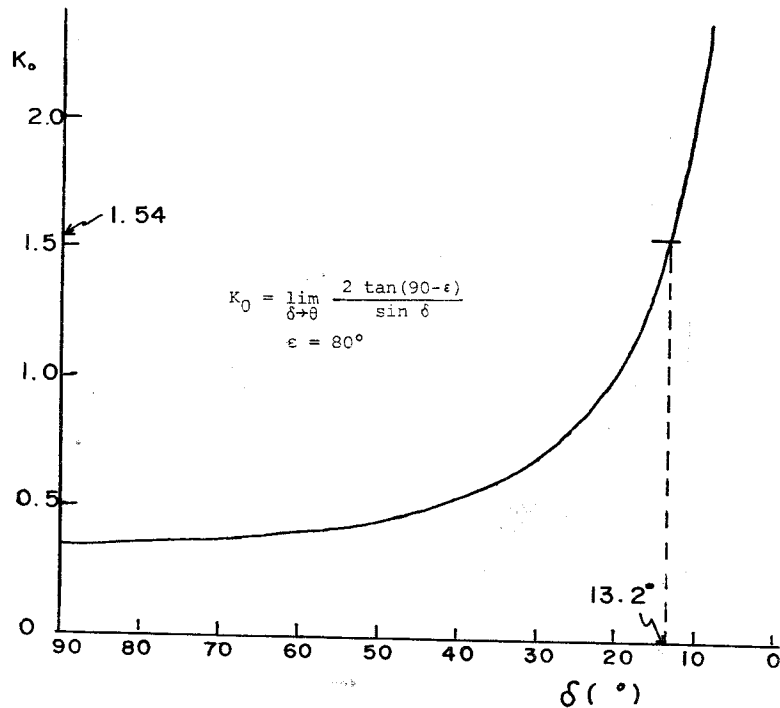


Fig. 11 Relation between K_0 and δ in sandstone.

5. 結 論

本 研究는 “慶尙系” 晋州層에 分布하는 砂岩과 半夜月層을 貫入한 珪長岩을 對象으로 한 節理面의 地質工學的 性質에 對하여 研究한 것이다.

本 岩體의 節理面들의 特征을 보면

	幅	長	厚	斷續率	입체물	연속율
砂 岩	14.5	24.2	19.9	0.48	0.67	0.69
珪 長 岩	18.7	30.5	11.2	0.60	0.50	0.56

으로서 本 岩體들은 節理發達이 甚한 岩體이고, 특히 砂岩에 비해 珪長岩이 괴상으로 파괴됨을 알수 있다. 또

이들의 상호 관계식은 $L=A(J)^B$ 가 성립한다.

이들 分離面의 活動性을 檢討하기 위하여 스테레오 땅에 의해 벡터로서 수평응력 σ_h 를 도출하면

$$\sigma_h = \lim_{\delta \rightarrow \theta} \frac{2r_t \cdot Z \cdot \tan(90 - \epsilon)}{\sin \delta} \quad (0 \leq \delta \leq 90^\circ)$$

의 식이 성립되어 이에 의하여 k_a , k_0 , k_p 로서 節理面의 活動性을 보면 砂岩의 k_0 는 k_a 에 접근하고 있어 활동성이 큰 主動岩體이고 珉長岩은 k_0 가 k_p 에 접근하고

있어 受動岩體이다.

활동성의 岩體를 安全性의 岩體로 하기 위하여는 δ 角을 변화함으로써 受動狀態로 변화시킬 수 있다. 즉, 13.2° 以下가 될때 本 砂岩體의 地形傾斜面에 따라 安全하게 될것이다.

이상의 結論을 볼때 모든 分離面 發達 地域에 있어서 시공은 分離面의 性狀에 對하여 地質工學的 檢討가 必要하다.

參 考 文 獻

- Attewell, P. B. & Farmer, I. W., 1976, "Principles Engineering Geology" John Wiley & Sons, Inc., New York, pp. 336-344.
- Bell, F. G., 1980, "Engineering Geology and Geotechnics" Newnes-Butterworths, London, pp. 107-112.
- British Standards Institution, 1957, "Site Investigation, 'British Standard Code of Practice, CP 2001
- Evert Hoek & John Bray, 1981, "Rock slope Engineering" The Institution of Mining and Metallurgy, London, pp. 18-61.
- Farmer, I. W., 1968, "Engineering properties of Rocks" Spon., pp. 102-109.
- Gonzalez De Vallejo, L., Campos De Orellana, J. A. Berzal, J. L. & Linares-Rivas, A., 1981, "Slope failure in expensive Marls" International Society for Rock Mechanics. pp. 649-655
- Markland, J. T., 1972, "A useful technique for estimating the stability of rock slope when the rigid wedge slide type of failure is expected" Imperial Collage, Rock Mech. Res. p. 19
- Muller, L., 1968, "Discussion on 'An approach to rock mechanics,'" Proc. Amer. Soc. Civ. Engrs., 89. SM2, pp. 137-139
- Saarik., Ylinen A., 1979, "Mapping of Joint in Precambrian granitic rock masses", Bulletin of the International Association of Engineering Geology, No. 19, pp. 190-195
- 金永琪, 1981, "浦項 地域의 斷裂現象에 對한 地質工學的 考察", 지질학회지 제17권 제4호, pp. 281~293
- 金永琪, 石鍾基, 鄭敦澈, 1982, "枝川面 一帶에 分布하는 晉州層의 分離面에 對한 力學的 考察" 지질학회지, 제18권 제3호, pp. 156-166.
- 緒方正虎, 1978, "硬質岩盤에 있어서 節理分布의 數量 모델화 및 그 적용에 관한 考察", 日本 應用地質學會誌, 제19권 제1호, pp. 12-20.
- 大西三外二人譯, 1978. "不連續性 岩盤의 地質工學", 森北出版社, pp. 166-173
- 渡邊邦夫, 1981, "確率過程을 導入한 岩盤 crack 의 連續性 評價", 日本 應用地質學會誌, 제22권, 제3호, pp. 269-275