

III-181

母岩・破砕帯・断層粘土に見られる岩盤の工学特性の変化

綾大林組技術研究所 正会員 平間 邦興, 丸山 誠
同 上 正会員 桑原 徹, 鈴木健一郎

1. 目 的 大型重要構造物の設計にあたってはモデル化すべき岩盤も当然大きくならざるを得ない。特に断層や節理などの亀裂の影響を考えた場合、断層が周辺の岩盤に対してどこまで、どの程度の劣化をもたらしているのかといった判断は、断層評価の重要な要因の一つと考えられる。断層は地質学的側面からは地震発生の問題とも結びついて断層運動の力学的場や断層の分布パターンなどの研究も行なわれている。したがって広い区間の岩盤のモデル化には亀裂分布の確立論的な手法ばかりでなく、過去の断層運動の力学的特性も一つの参考データになるのではないと思われる。この報告は、断層を含む岩盤のモデル化のために、横ずれ断層を含む岩盤の母岩・破砕帯・断層粘土に至る工学特性の変化を検討したものである。

2. 調査・試験・分析 調査地は結晶片岩の一種である黒色片岩と緑色片岩からなる。主断層はE-W方向の左ずれ断層とNW-SE方向の右ずれ断層からなり、これに平行に発達する副次的断層や節理群も見られる。岩盤全体の岩質区分は大きく「母岩」、「破砕帯」、「断層粘土」に分けられる。母岩はゆるみの少ない新鮮な結晶片岩、破砕帯は微小亀裂も発達し変質の進んだ部分、断層粘土は数mm～数cm大の石英粒子や岩片を含み片状構造がわずかに残る程度に粘土化した部分であり(写真-1)、吸水に対してスレーキング状の劣化を示す。図-1は断層の分布と岩質区分を示す。主断層はほぼ断層粘土の部分に相当し、母岩と破砕帯が漸移的に変化するのに対し、断層粘土へは不連続的に変化する。調査試験分析結果は表-1に示す。

3. 横ずれ断層に沿う岩盤の工学特性の変化 (1) **断層の分布** 断層の力学的分類は断層運動を発生させた応力場の最大、中間、最小主応力軸(σ_1 , σ_2 , σ_3)の空間的配置によって行なわれる。調査地の断層はその変位の方向から σ_1 , σ_3 がほぼ水平面内に、 σ_2 がほぼ鉛直面内にある右ずれと左ずれの共役断層である。このような主応力軸配置の場合、横ずれ断層群は模式的には図-2のような菱形状の格子をなすので、調査地はこれらの断層の交差部分に位置していると言える。この一つの菱形状ブロックでは中心部から外側へ向って岩盤は母岩・破砕帯・断層へと変化すると考えられる。(2) **断層の影響範囲** 断層の幅はその断層の総変位量や長さの関数で表わされ、数cmから数100mに及ぶ。破砕帯の幅については主断層に対する副断層の頻度といった点からは破砕帯の分布が不明瞭な場合もあるが、調査地では図-3に示したように断層粘土と破砕帯の幅の関係は断層の交差部であるかどうかにより異なり、交差部では破砕帯の幅は断層の3～10倍、その他の部分で最大5倍程度である。(3) **工学特性の変化** 母岩から断層粘土への変化に伴い、緑泥石・雲母粘土鉱物・イライト/ス멕タイト混合層鉱物が増加し、また SiO_2 , Na_2O , CaO が減少、 H_2O (±), Fe_2O_3 , MgO が増加しており、この変化は断層粘土で著しい。したがって、ReicheのW.I.は断層粘土で小さい。各種物性値の相関性を調べると母岩堅岩部と破砕帯試料の試験結果は回帰直線上に良く乗り、母岩風化帯の試験結果はこれからややはずれ(図-4)、断層粘土の試験結果は母岩・破砕帯部分と不連続である。一軸圧縮強度については母岩に対する破砕帯試料での低下が小さい。調査地の断層は結晶片岩と新第3紀の火山岩類を変位させているが、航空写真判読によればリニアメントとして地形的には表われていない。したがってこの断層の活動時期はある程度古く、地質学的には比較的短期間で活動を終了したようであり、そのため断層による周辺母岩の劣化も少ないようである。既往データから断層破砕帯のC, ϕ は図-5のように2つのグループにまとめられる。High C/High ϕ グループは亀裂集中帯、Low C/Low ϕ グループは幅の広い粘土帯と考えられ、当試験結果も後者のグループに入る。日本にはさまざまなタイプの断層が知られているが、主要なタイプごとに工学特性を調べることも断層の工学的理解を深める一つの方法と考えられる。

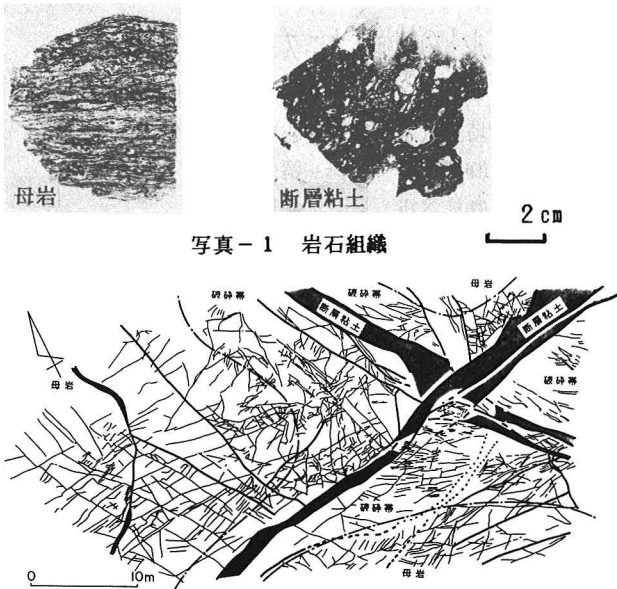


図-1 地質状況

表-1 調査試験分析結果

調査試験分析項目	母 岩		破 碎 帯	断 層 粘 土
	堅 岩 部	風 化 帯		
地 質 状 況	黒色片岩および緑色片岩	黒色片岩および緑色片岩の風化部分	黒色片岩および緑色片岩の変質および亀裂集中帯	黒色片岩および緑色片岩の粘土化した部分
岩 石 組 織	片状構造が明瞭	片状構造が明瞭	片状構造が見られる	片状構造がわずかに残存
鉱 物 組 成	石英、斜長石、絹雲母、緑泥石、粘土鉱物は稀	—	石英、斜長石、絹雲母、緑泥石、粘土鉱物は緑泥石、イライト質雲母	粘土鉱物はイライト/モンモリロナイト混合層鉱物、緑泥石、イライト質雲母、石英、斜長石
化 学 組 成	—	—	CaOの減少、H ₂ O(±)の微増	SiO ₂ 、CaO、Na ₂ Oの減少、MgOの微増、Fe ₂ O ₃ 、H ₂ O(±)の増加
Reiche's W.I.	0.049	—	0.069	-0.119, 0.042
単位体積重量 (g/cm ³)	2.70-2.78	2.53-2.59	2.63-2.68	2.19-2.30
み かけ 比 重	2.767-2.773	2.756	2.814	—
含 水 比 (%)	0.10-0.13	0.41	0.23	11.3-15.5
一軸圧縮強度 (kgf/cm ²)	450-700	475-700	225-375	0.52-0.57
圧裂引張強度 (kgf/cm ²)	90-130	55-90	45-75	—
静的弾性係数 (kgf/cm ²)	150000-350000	70000-90000	40000-80000	—
静的ポアソン比	0.05-0.20	0.22	0.25	—
P波速度 (km/sec)	1.7-2.3	1.5-1.8	1.4-1.75	1.6
上段：超音波速度測定	1.9-3.3	—	1.1-1.9	0.6-0.9
下段：原位弾性波測定	—	—	—	—
粘着力 (kgf/cm ²)	190-270	—	—	0.1, 17.5-22.5° (静的三軸, CU試験), 0.85, 2.9° (静的三軸, UU試験), 0.42, 35.6° (大型一面せん断, UU試験)
内部摩擦角(度)	30-34°	—	—	—
透 水 係 数 (cm/sec)	1×10 ⁻⁹ 4-5×10 ⁻⁹	—	—	2.5-3.4×10 ⁻⁶ 9.1-25×10 ⁻⁶
ロックジュミットハンマー反発度	20-40	—	10-25	5

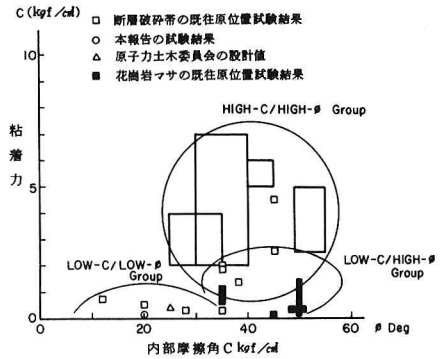


図-5 断層のC-φ関係

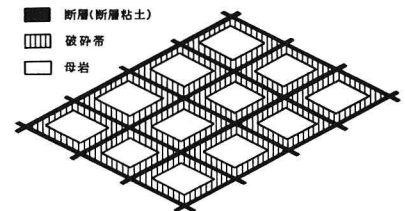


図-2 横ずれ断層の模式図

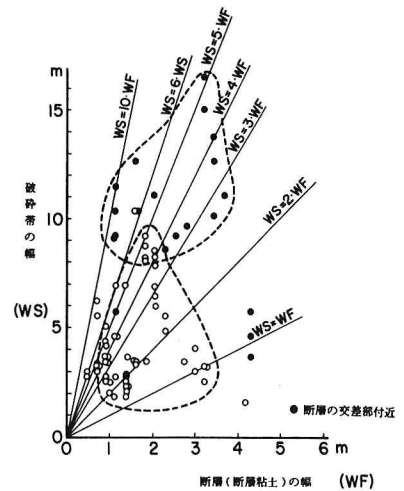


図-3 断層-破碎帯の幅の関係

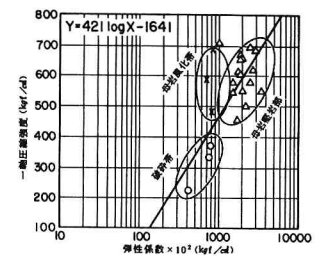


図-4 物性値の相関関係