

III-241 褶曲作用を受けた軟岩の力学的性質

北海道大学工学部 正員 土岐祥介
 北海道大学工学部 正員 三浦均也
 応用地質(株) 正員 ○持田文弘
 北海道大学工学部 学生員 黒田育夫

1. まえがき 本研究の目的は、褶曲作用によって形成される軟岩の物理的及び力学的性質を明らかにすることである。試料は単一の地層において褶曲状態の異なる2地点から採取した細粒砂岩を用い、種々の室内試験を実施し、両者の性質を比較することにより褶曲作用によって導入された軟岩の力学的性質について考察している。

2. 試料採取地 試料採取地は、留萌市南東約15kmの留萌川支流チババリ川流域に計画されている留萌ダムサイトに位置している。地盤は新第三紀鮮新世の細粒砂岩により構成されており、その地質構造は図1に示すように右岸部では水平層をなすが左岸部では、ほぼ直立した状態になっている。

3. 試料 試料は、シグナルコア(直径5mm)により右岸横坑から鉛直方向(Rv)、水平ダム軸方向(Rh)、水平ダム軸直角方向(Rhp)、川の上流から見てダム軸水平方向

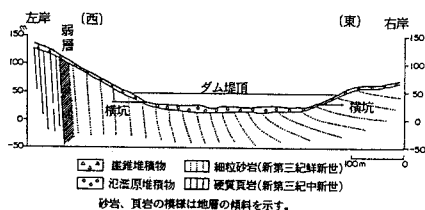


図-1

から鉛直面内で時計回りに45°傾いた方向(Rθ+45)、反時計回りに45°傾いた方向(Rθ-45)で採取し、左岸部からは鉛直方向(Lv)、ダム軸方向(Lh)で採取した。試料は、暗灰色を呈す均質な細粒砂岩である。試験方法の詳細については別報1)を参照して頂きたい。

4. 物理的性質 試験結果を表1に示す。本報告では示していないが、右岸試料、左岸試料共に粒度組成には顕著な差はないが、左岸試料は右岸に比べ乾燥密度が大きく間隙比が小さいという特徴があり左岸試料の方が固結が進んでいる。しかし、RQD値では右岸の約60%の値である。これは左岸試料が褶曲作用を受けたことにより発生したクラックの存在が極めて多いことを意味している。

5. 弾性波速度特性 図2は、P波速度(Vp)とS波速度(Vs)の関係を示している。右岸試料と左岸試料を比較するとP波速度は両者共に顕著な差はないが、S波速度では左岸試料は右岸試料の60%程度である。一般に飽和した軟岩のP波速度は水の速度に依存し、S波速度は軟岩自身の持つせん断剛性率等に依存するとされている。このことは、RQD値が

物語っているように左岸試料には大きなクラック以外にも微少な不連続面を多数含んでいることがVsを低下させた原因であると考えられる。

6. 一軸圧縮時の変形・強度特性

図3に示すように右岸試料と左岸試料では一軸圧縮強度quと初期変形係数Eu50の関係には

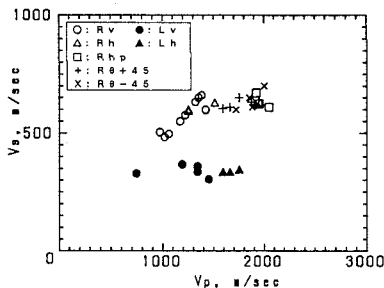


図-2

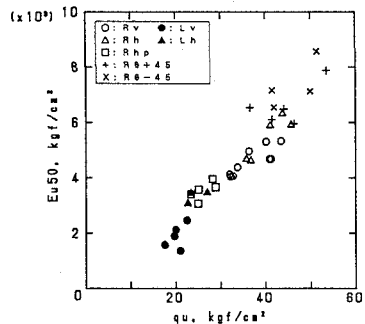


図-3

表-1

試料名	Rv	Rh	Rhp	Rθ+45	Rθ-45	Lv	Lh
コア採取率 (%)	89.0	87.0	89.0	93.0	84.0	80.5	43.0
自然含水比 W (%)	21.7	22.1	22.8	22.3	22.9	20.3	19.0
土粒子密度 ρs (g/cm³)	2.632	2.628	2.603	2.591	2.595	2.664	2.658
湿潤密度 ρ (g/cm³)	1.980	2.018	1.984	2.001	1.998	2.064	2.110
乾燥密度 ρd (g/cm³)	1.827	1.853	1.818	1.838	1.828	1.718	1.773
間隙比 e	0.818	0.590	0.861	0.594	0.588	0.552	0.489
RQD (%)	92.4	98.4	97.1	97.3	100.0	98.0	100.0

顕著な差が見られ、左岸試料の q_u, E_{50} は右岸試料の50~70%程度である。これは、弾性波速度と同様に供試体内部の多数の不連続面の存在が影響しているものと考えられる。

7. 透水性 図4に拘束圧 σ_3 と透水係数 k の関係を示す。右岸試料、左岸試料を比較すると、左岸試料は右岸のどの試料よりも透水性が良いことがわかる。これは、左岸試料が褶曲作用により大きなひずみを受けたためセメンテーションが破壊され多数の不連続面が生じ、水と粒子骨格との摩擦抵抗を低減させたことが原因の一つと考えられる。

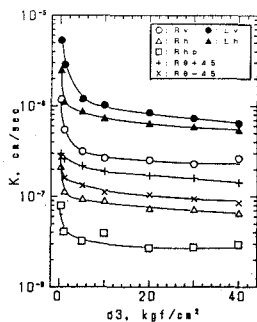


図-4

8. 三軸圧縮時の変形・強度特性 **8.1 剛性特性** 図5に割線せん断剛性 E_{50} と拘束圧との関係を示す。右岸試料、左岸試料を比較すると低い拘束圧では一軸圧縮時の剛性と同様に左岸試料は右岸試料よりも小さな値であるが、拘束圧が高くなるに従い左岸試料の方が上回っている。これは、拘束圧が大きくなることにより供試体内部の不連続面が閉塞し、より安定な構造が再現されるためと考えられる。

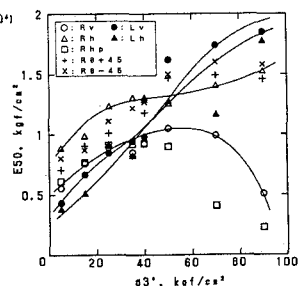


図-5

8.2 強度特性 図6にピーク強度 $(\sigma_1 - \sigma_3)_p$ と拘束圧の関係を示している。左岸試料は剛性特性と同様に大きな拘束圧のもとでは右岸のどの試料よりも大きな強度を発揮している。また、図7の残留強度においてもこれと同様な傾向が認められている。

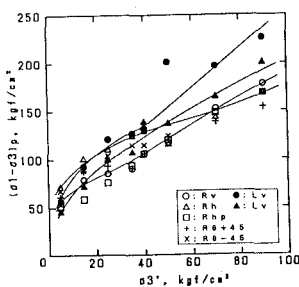


図-6

8.3 降伏拘束圧 本研究では、変形挙動がひずみ軟化から硬化へ変化する境界の拘束圧を降伏拘束圧と定義している。図8は、各試料の降伏拘束圧と試料採取方向との関係を示している。本軟岩の降伏拘束圧は極めて異方的で、左岸試料は右岸試料より大きな値を示している。これは、左岸試料の方が過去に大きな圧力を受けていたことの証拠であり、物理的性質や三軸圧縮特性の関係を整合している。また、右岸試料は水平方向で大きく、左岸試料は図1からも明らかなように過去に水平方向であった現在の鉛直方向で最大となっている。従って、採取地周辺の褶曲構造を形成した主応力方向は東西方向の水平力であったといえよう。

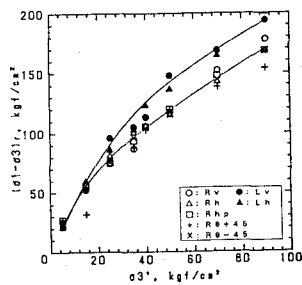


図-7

9. あとがき 顕著な褶曲作用を受けた2地点から採取した細粒砂岩の力学的性質について調べた。その結果、左岸試料の力学的性質は内部に存在する微少な不連続面、また、褶曲構造を形成した原動力となった水平力による応力履歴による支配的な影響を受けていることが明らかになった。

本研究の実施に当たっては、北海道開発局留萌ダム建設事務所のご援助とご協力を戴いた。ここに記して感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1) 土岐、三浦、持田、黒田(1991)：第26回土質工学研究発表会

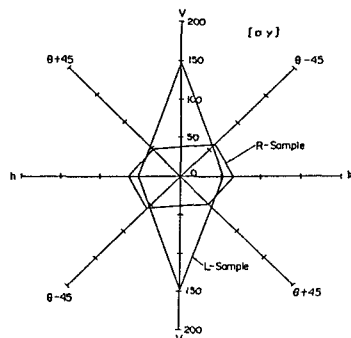


図-9