

Ⅲ-337

風化ひん岩の圧縮による構造変化と変形特性

関西電力正打田靖夫
建設企画コンサルタント 正○鳥居剛
大阪市立大学 正望月秋利

1. はじめに 近年、軟岩上に構造物を作る事例が増えている。安全で経済的な構造物の設計・施工には力学的諸特性を適切に把握し評価する必要があるが、軟岩は土に近いものから硬岩に近いものまで幅広く存在し、その性質はそれぞれに特徴がある。本報告で対象とした材料は、生野層群（中生代）に属する風化ひん岩で、圧密特性および接線弾性係数について、顕微鏡で観察した圧縮に伴う材料の構造変化を考慮し、検討した結果をここに報告する。

2. 物理特性 試験試料は吉備高原東端部、標高800m前後の隆起準平原から採取した強風化ひん岩で、その状態は通常の花崗岩で認められるような「まさ」化したものではなく、初期に形成された状態のままで風化して粘土化が進んだ、シルト質分を多く含む材料である。

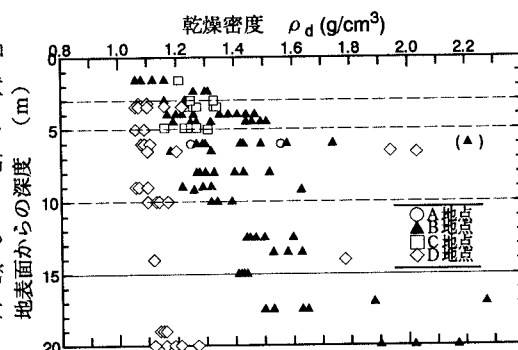
図-1は乾燥密度を採取深度に対して示したものである。密度にばらつきはあるものの、深度が増すに従い密度が増加する傾向が認められる。表-1は材料の主な物理的性質の採取深さ毎の平均値を示したものである。平均値で見ると、含水比は深度に対して減少する傾向が明確である。いずれにしても、通常では考えにくい小さい密度の材料が5m以浅で観察された。飽和度は深度によらずほぼ一定である。

3. 顕微鏡による観察 乱さない試料の表面を観察すると黒い斑点や微小なクラックが認められたので、ビデオマイクロスコープおよび電子顕微鏡で観察した。試料は密度が 1.15g/cm^3 前後のものを、一つは自然状態のままで、他は 6.4kgf/cm^2 で圧密したものを2cm角のブロックに切り出し、エポキシ樹脂を浸潤、固化させた後、乾式研磨して作成したものである。

図-2は56倍（ビデオスコープ）と1000倍で撮影した試料の鉛直断面の写真である。自然試料で観察された空洞（図(1)）が、 6.4kgf/cm^2 の圧縮試料では認められない（図(3)）。1000倍の写真では、自然状態で空洞であったところに材料が充填し、圧縮によって空隙が押しつぶされた状況が推察できる。またこのような材料中の空洞を考えることで、試料の緩い密度について理解することができる。

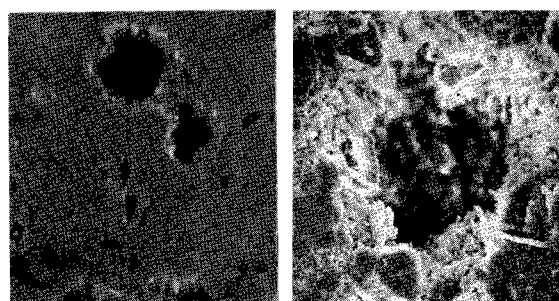
4. 圧密特性 図-3は深度5m、15m付近で採取した試料について、圧密試験で得られた $f \sim \log(P)$ 関係を示したものである（15m試料は試料径15cm）。特性ははかなりはっきり分かれ、「5m試料」では圧密降伏応力（ P_c ）がはっきり現れ、圧縮指数も大きい。図-4は P_c と ρ_d の関係を示したものである。それぞれに対して ρ_d が大きければ P_c が大きくなる傾向を示すが「5m試料」と「15m試料」の密度の差は P_c の差としては表れない。顕微鏡写真の結果を考慮すると、これらの材料は基本的に風化の程度があまり変わらないにもかかわらず、何らかの理由によって地表面近くの層に空洞ができ、それが密度差となり、また圧縮性の違いとして表れたものであろうと考えている。

5. 変形特性（三軸圧縮試験による） 図-5は三軸圧縮・CD試験結果の一例（3m付近から採取）を

図-1 乾燥密度の深度分布¹⁾表-1 風化ひん岩の主要物理特性¹⁾

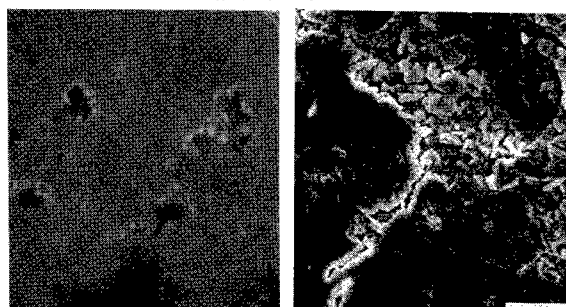
深 度 m		H≤3	3<H≤5	5<H≤10	10<H≤15	15<H
比 重 ρs		2.75	2.75	2.75	2.75	2.75
体 積 比 f		2.50	2.20	2.12	1.90	1.62
ρ (g/cm³)	乾 燥	1.10	1.25	1.30	1.45	1.70
	湿 潤	1.67	1.76	1.78	1.89	2.06
含水比 Wn(%)		52	41	37	30	21
飽和度 Sr(%)		95	94	91	92	93

示したもので、この試料の圧密降伏応力は 5 kgf/cm^2 前後である。通常の試験結果と異なり、 $\sigma_3=1 \text{ kgf/cm}^2$ の応力～ひずみ関係の初期接線勾配の方が $\sigma_3=4 \text{ kgf/cm}^2$ の場合よりも大きい。図-6 は C D 試験を行った 4 シリーズの $\sigma_3=1, 4 \text{ kgf/cm}^2$ の接線弾性係数 ($\varepsilon_a=0.2\%$ までの間で決定) と ρ_d の関係を示したものである。試料は深度 3～5 m のところで採取した。いずれの結果も $\sigma_3=1 \text{ kgf/cm}^2$ の E_{tan} が大きい。これらの試料の P_c が 5 kgf/cm^2 前後であることと顕微鏡写真の結果を合わせて考えると、このような材料では降伏すると最初の構造が壊れむしろ剛性が減じる結果になったものと考えている。


(1) ($\times 56$)

(2) ($\times 1000$)

〔自然状態〕


(3) ($\times 56$)

(4) ($\times 1000$)

〔圧密後 $\sigma_v = 6.4 \text{ kgf/cm}^2$ 〕

図-2 顕微鏡写真

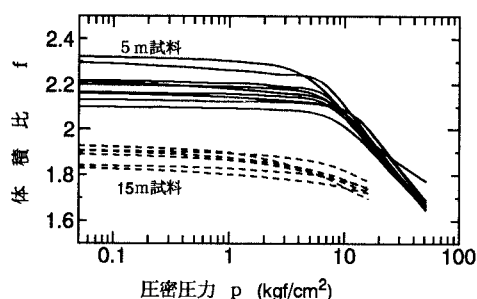


図-3 体積比と圧密圧力の関係

6. まとめ

試験試料のように強く風化した ρ_d の小さい風化ひん岩では、供試体に加えた拘束応力が P_c よりも大きいと、 P_c よりも小さな拘束応力で圧密された試料より変形係数が低下する場合のあることを示した。この現象は、顕微鏡写真観察から、自然の状態で存在する小さな空洞が応力の载荷によってつぶされることによるものと推察された。また、地表面付近の材料の密度が通常では考えにくいほど小さいことも、自然の状態で小さな空洞が多数存在することから理解できる。

〔参考文献〕1) 安福, 影山, 多田: 大河内水力発電所太田ダムの基礎掘削管理, 電力土木, No. 232, 1991.5

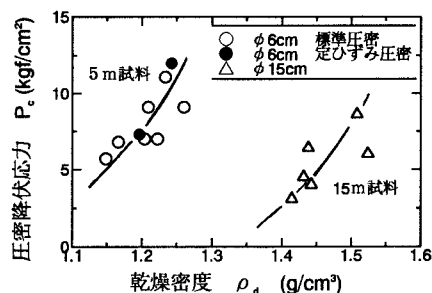


図-4 圧密降伏応力と乾燥密度の関係

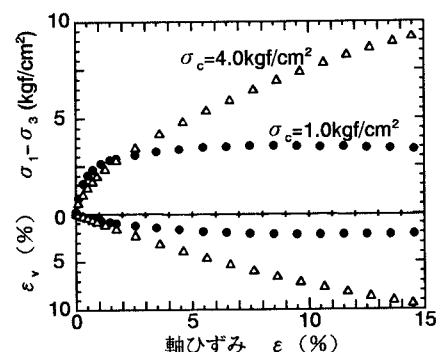


図-5 三軸・C D 試験の応力ひずみ関係

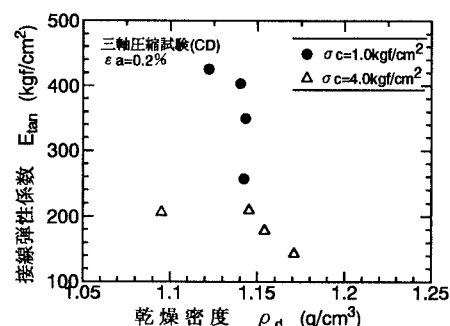


図-6 接線弾性係数と乾燥密度の関係