

凝灰岩の乾湿繰返しによる強度変化の評価方法の検討

中央開発(株) 似内 徹

(株)建設技術センター 岡野 哲也・伊関 徹

1. はじめに

新第三紀の堆積軟岩の内、泥岩や凝灰岩などの脆弱岩材料は、スレーキングし易く、細粒化や脆弱化により材料特性が変化することは一般的に知られている。

筆者らはこれまで、強度低下を把握する目的でCBR試験や三軸圧縮試験を実施してきた¹⁾。しかしながら、CBR試験は強度特性を評価するための他の試験結果との相関関係が明確ではないこと、三軸圧縮試験は試験実施にあたり多大な労力を要することなどが問題であった。

そこで今回は強度低下を評価する一つの方法としてコーン指数試験による評価方法の検討を行った。

2. 試験内容

(1) 対象材料

試験に用いた材料は新第三紀の凝灰角礫岩である。基本物性を表-1に示す。

表-1 凝灰角礫岩の基本特性

| 種別 | 項目 | 凝灰角礫岩 |
|------|------------------------------|--------------|
| 一般 | 土粒子の密度 ρ_s | 2.451 |
| | 自然含水比 $W_n(\%)$ | 32.2 |
| 粒度 | 礫分 2~75mm | 53.2 |
| | 砂分 75 μ m~2mm | 17.7 |
| | シルト分 5~75 μ m | 12.5 |
| | 粘土分 5 μ m未満 | 16.6 |
| | 最大粒径 mm | 37.5 |
| 分類 | 分類名 | 細粒分質砂質礫(GFS) |
| | せん断強度 [※] | |
| 材料特性 | 粘着力 $C_{uu}(kN/m^2)$ | 54.10 |
| | 内部摩擦角 $\phi_{uu}(度)$ | 20.36 |
| | 最適含水比 $W_{opt}(\%)$ | 30.2 |
| | 最大乾燥密度 $\rho_{dmax}(g/cm^3)$ | 1.349 |
| | スレーキング率 (%) | 75.0 |

※最大乾燥密度の90%の密度に調整した ϕ 15cm,h30cmの供試体で実施。

(2) コーン指数試験の試験方法

コーン指数試験は、「締固めた土のコーン指数試験」(JIS A 1228-2000)に規定されたコーンペネトロメーターを使用し、供試体端面の直径を3等分する2点に対して5.0cm,7.5cm,10.0cm貫入した貫入抵抗力を

測定することとした。

なお、貫入速度は1cm/sとし、力計は容量981Nのものを使用した。

供試体および試験条件は次のとおりとした。

a. 供試体

供試体は「突固めによる土の締固め試験」(JIS A 1210-1999)に規定された15cmモールドを使用し、最大乾燥密度の90%の密度になるよう自然含水比の試料を締め固めて作成した。

初期状態の供試体の空気間隙率は10.6%である。

b. 試験条件

試験は以下の3つの条件で実施した。

①4日水浸

作成した供試体にCBR試験で使用する軸付き有孔板(質量5kg)を載せ、変位計で膨張量を測定しながら4日間水浸後にコーン指数試験を実施する。

②1サイクル(8日乾燥4日水浸)

作成した供試体を恒温乾燥炉にて温度約110℃で8日間乾燥させ、その後条件①と同様に4日間水浸し、コーン指数試験を実施する。

③3サイクル(8日乾燥4日水浸を3サイクル)

②と同様に8日乾燥後4日水浸を3回繰り返した後、コーン指数試験を実施する。

3. 試験結果

(1) コーン指数試験結果

コーン指数試験結果を表-2に示す。

表-2 コーン指数試験結果

| 試験条件 | コーン指数 (MN/m ²) | | |
|--------|----------------------------|------|------|
| | 貫入量 (cm) | | |
| | 5.0 | 7.5 | 10.0 |
| ①4日水浸 | 3.74 | 6.32 | — |
| ②1サイクル | 3.86 | 7.02 | — |
| ③3サイクル | 4.68 | 9.13 | — |

※1サイクル:8日乾燥4日水浸

※貫入量10.0cmは力計の容量を超えたため試験を中止した。

一般に締固めた土のコーン指数試験は粘性土を対象としており、適用できる土のコーン指数は安定処理土で1~1.5MN/m²程度以下とされている2)。今回、締固めた直後の供試体でのコーン指数試験は実施していないが、これは三軸圧縮試験結果や作成した供試体状況などから、コーン指数試験を実施するには固すぎると判断したためである。

試験対象である凝灰岩はスレーキング率が75%と高く、また、別途実施した岩の乾湿繰返し吸水率試験においては2サイクル終了後に土砂化したことなどから、当初は水浸や乾湿繰返しによって顕著に強度が低下するものと予想された。

しかし試験結果では、予想したような強度低下は見られず、逆に乾湿のサイクル数が増えるほどコーン指数が大きくなるという結果となった。また、いずれの条件においてもコーン指数試験を適用するにはやや高すぎるコーン指数となった。

(2) 試験後の供試体状況

上記の原因について、試験後の供試体状況に着目し考察した。

a. 試験後の粒度分布

コーン指数試験後の粒度分布を表-3に示す。

表-3 試験後の粒度分布

| 試験条件 | 礫 分(%) | 砂 分(%) | 細粒分(%) |
|---------|--------|--------|--------|
| 初期状態 | 53.2 | 17.7 | 29.1 |
| ① 4日水浸 | 35.3 | 19.6 | 45.1 |
| ② 1サイクル | 29.0 | 23.5 | 47.5 |
| ③ 3サイクル | 30.5 | 23.9 | 45.6 |

粒度分布においては、初期状態と比較して各試験条件の細粒分の割合が増加していることから、水浸や乾湿繰返しにより細粒化が進行していることが伺える。しかし、乾湿繰返しのサイクル数の増加による影響は明確ではない。

b. コーン指数試験実施時の供試体の含水比と密度試験時の供試体含水比・密度を表-4に示す。

表-4 試験時の供試体含水比・密度

| 試験条件 | 含水比 W(%) | 乾燥密度 ρ _d (g/cm ³) | 飽和度 S _r (%) |
|---------|----------|--|------------------------|
| 初期条件 | 32.2 | 1.214 | 77.5 |
| ① 4日水浸 | 37.3 | 1.205 | 88.4 |
| ② 1サイクル | 29.4 | 1.200 | 69.1 |
| ③ 3サイクル | 37.8 | 1.182 | 86.3 |

乾燥密度は、水浸および乾湿繰返しのサイクル数の増加に伴い減少している。これは供試体の体積が吸水膨張により増加したためである。このことから試料は水浸により吸水膨張し、その膨張量は乾燥・水浸を繰り返す毎に増加する傾向にあることがわかる。

含水比および飽和度は、水浸および乾湿繰返しで増加する傾向が認められるが、乾湿繰返しのサイクル数による違いは認められない。

また、条件②1サイクル(8日乾燥4日水浸)においては、他の条件と比較して含水比および飽和度が極端に低くなっている。これは一旦乾燥した供試体が、4日間の水浸で供試体全体に水が浸透するには至らなかった為と考えられる。これについては、コーン指数試験後に供試体を割ってそのことを確認した。

以上の状況から、供試体には乾湿繰返しにより細粒化と吸水膨張が生じているが、それが直接コーン指数試験結果には反映されていないことが分かった。

その原因として、次のことが考えられる。

- ① 水浸時間が不十分であったため、供試体内部が部分的に含水比の低い状態にあった。
- ② 凝灰岩のスレーキングによる強度低下を評価するには、主に粘性土を対象とするコーン指数試験の適用範囲を越えている。

