

III-154

低圧力下における砂の圧縮・膨張特性

中部電力株式会社 正会員 木村 正孝
 " 宮田 隆雄
 ㈱建設企画コンサルタント 野間口明義
 " 正会員 関 元治

1. はじめに

地下水位の高い砂質地盤での山留め、仮締切り工事ではボイリング現象が問題となる場合が多い。この現象を解明するため模型実験と数値解析を試みているが、模型実験のような低い拘束圧下にある砂質土の強度について述べられた文献は少なく、未解明な部分も多い。そのため、三軸圧縮試験機を用いて低拘束圧下の砂の強度特性について研究を進めている。今回は、その内変形特性を表す「圧縮指数・膨張指数」を求めるために行った4試料の等方圧密試験結果について報告する。

2. 試料および実験方法

実験に用いた試料は、表-1および図-1に示す豊浦標準砂、珪砂4号、珪砂7号、シリカパウダー(C-2)である。

供試体の密度は相対密度で50%、70%とし、圧密圧力は、0.02, 0.03, 0.04, 0.06, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6, 3.2 kgf/cm²である。試験は、圧縮指数を求めるため非排水状態で所定の圧力まで等方的に荷重後排水し、圧密量を測定した。これを所定の除荷開始圧力(0.4, 1.6, 3.2 kgf/cm²)まで繰り返し荷重し、膨張指数を求めるため最小圧力(0.02 kgf/cm²)まで段階的に除荷した。

なお、三軸圧縮試験装置および供試体の作製方法については、参考文献 1), 2) を参考にされたい。

3. 試験結果

圧縮指数 λ ・膨張指数 κ は、図-2に示すように横軸に圧密圧力の自然対数、縦軸に空隙比をとった $e \sim \log P$ 関係の、荷重時および除荷時の直線の傾きで表される。本発表の図は、データの整理の都合上横軸に常用対数を用いているが、 λ 、 κ の算出に際しては自然対数に変換してある。

図-3に、相対密度50%の場合の各試料の $e \sim \log P$ 関係を示す。これを見ると、正規圧密過程での関係は直線関係ではなく、圧密圧力がいかに間隙比の変化は大きくなり、曲線は右下がりとなっている。

これに対して、除荷過程・再荷重過程での関係は比較的直線関係にあることがわかる。なお、除荷試験は除荷開始圧力を変えて3回行っているが、ほぼ同じ値となっている。

膨張曲線・再荷重曲線はほぼ同じ経路をたど

表-1 物理的性質

試料名	比重 Gs	最大粒径 (mm)	均等係数 I _{uc}	最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	最小乾燥密度 ρ_{dmin} (g/cm ³)
豊浦砂	2.644	0.84	1.6	1.645	1.336
珪砂4号	2.632	4.76	2.1	1.613	1.332
珪砂7号	2.645	0.84	5.2	1.587	1.132
シリカパウダー(C-2)	2.705	0.19	5.1	1.603	1.113

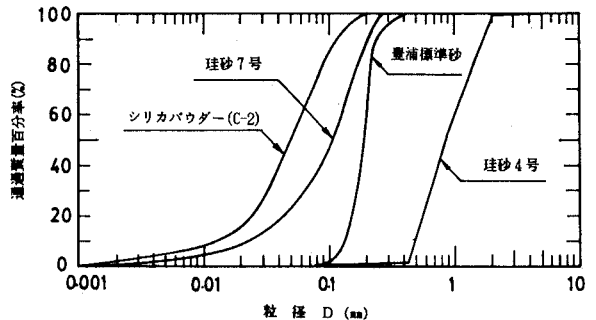


図-1 粒径加積曲線

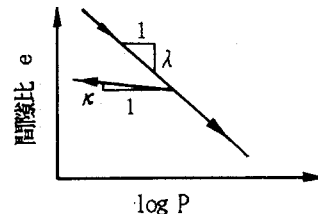


図-2 $e \sim \log P$ 模式図

Compression index and Expansion index on Low Consolidated Pressure : M.Kimura, T.Miyata (Chubu Electric Power Co.Ltd) A.Nomaguchi, M.Seki (Construction Project Consultants, Inc.)

っているが、再載荷曲線の方が多少間隙比が大きくなっている。なお、膨張試験の最小圧力 0.02 kgf/cm²において、間隙比が大きく変化しているケースがあるが、これは実験でメンブレンに横じわが発生することを確認しており、拘束圧が低くなると供試体とメンブレンが離れ、見かけ上体積膨張として表われたものと考えられる。

$e \sim \log P$ 関係は直線とならないため、圧縮指数・膨張指数の決定には、圧密圧力の範囲を模型実験の応力状態に近い 0.04 ~ 0.1 kgf/cm² の範囲で整理し、その結果を表-2に示す。この結果を見ると、圧縮指数は膨張指数より大きくなっており、膨張指数は除荷開始圧力によって多少の違いは見られるものの、明確な差には至っていない。

各指数は供試体の密度が小さいと大きくなっており、間隙比に対する依存性が有ることを示している。この依存性は試料によって差があることが認められる。

4. まとめ

今回の試験は、試料数 4 種類、圧密圧力 0.02 ~ 3.2 kgf/cm² と限られたものであるが、結果の要点は以下に示す通りである。

- ① $e \sim \log P$ 関係は直線とならないため、圧縮指数は解析する応力状態にみあった圧力で求めた方がよい。
- ② 膨張指数は、除荷開始圧力の違いによる変化は少ない。
- ③ 膨張曲線は、圧密圧力 0.04 ~ 0.1 kgf/cm² の範囲内ではほぼ直線関係にあるとみなすことができる。

末筆ながら、本試験において御指導をいただいた財団法人中央研究所の中川加明一郎、野崎隆司両氏に深く感謝の意を表します。

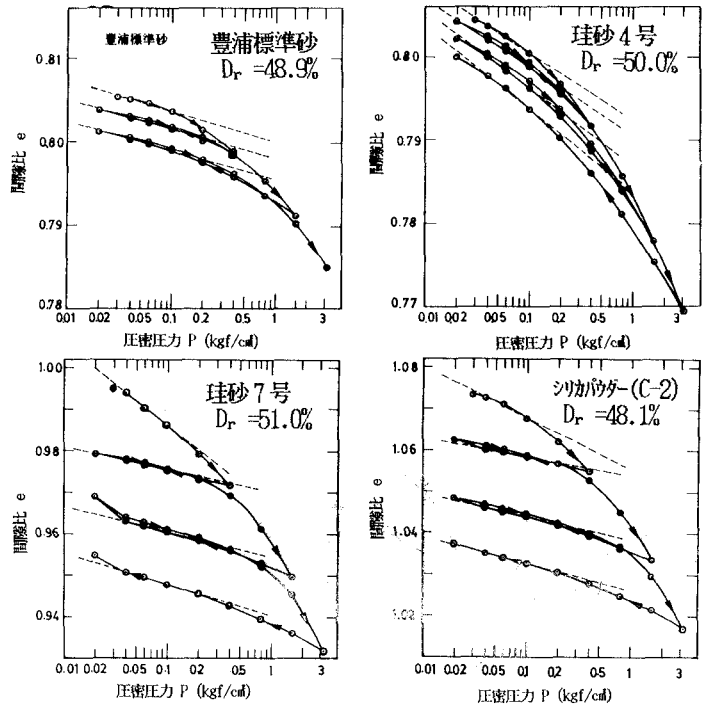


図-3 各試料の $e \sim \log P$ 曲線

表-2 圧縮指数、膨張指数

試料名	乾燥密度 (g/cm ³)	相対密度 D _r (%)	P' = 0.04 ~ 0.1 kgf/cm ²			
			圧縮指数 λ	膨張指数 κ		
				第一除荷	第二除荷	第三除荷
豊浦砂	1.465	48.9	0.00828	0.00806	0.00806	—
	1.533	69.6	0.00714	0.00645	0.00691	0.00828
珪砂 4号	1.459	50.0	0.0187	0.0189	0.0216	0.0230
	1.518	70.3	0.0173	0.0157	0.0177	0.0193
珪砂 7号	1.326	51.0	0.0456	0.0127	0.0138	0.0170
	1.419	70.5	0.0205	0.0104	0.0124	0.0136
シカガクサー (C-2)	1.305	48.1	0.0506	0.0101	0.0134	0.0198
	1.406	68.2	0.0226	0.0104	0.0108	0.0117

参考文献

- 1) 木村正孝・宮田隆雄・関元治・堀田光：飽和砂の低拘束圧下における強度特性、土木学会第42回年次学術講演会講演概要集第Ⅲ，PP. 220 ~ 221, 1987.
- 2) 木村正孝・宮田隆雄・野間口明義・関元治：粒度の異なる砂質土の強度に及ぼす拘束圧の影響、第23回土質工学研究発表会発表講演集，1988.
- 3) 龍岡文夫・軽部大蔵：土の構成式入門 4.力学挙動と経験式、土と基礎，Vol. 31, No. 8, PP. 57 ~ 64, 1983.