

水締めによる締固め効果の高い地盤材料の開発

前橋工科大学 学生会員 ○植松 慶 前橋工科大学 正会員 森 友宏
前橋工科大学 学生会員 関野 友和

1. 研究背景と目的

降雨浸透や地下水位変化により、地盤内の細粒分の移動が生じ、これにより地盤内の骨格構造が変化し、地盤の長期安定性に影響を及ぼすと考えられる。また、水道管やガス管のような地下埋設物の周辺や、擁壁背面などは埋め戻し土の締め固めが難しく、供用後に沈下が発生しやすいため弱点となりやすい。そこで本研究では、透水による地盤内の細粒分移動や微視的構造の変化を把握し、その結果から粒径比や混合比に着目した水締め試験、強度試験を行うことで水締めによる締固め効果の高い地盤材料の開発を試みる。

2. 研究の流れ

一昨年度の研究より粒子形状の違いによる物理特性の違いが明らかになり、昨年度の研究より細粒分が骨格に寄与するようになると細粒分は流出しにくくなり、内部構造の変化は遅くなることが明らかになった。今年度はこれまでの知見を実際に活かすため、粒径比や混合比に着目した水締め効果の高い地盤材料の開発を試みる。(図1参照)

試料として用いる珪砂は 0.075mm～0.106mm, 0.106mm～0.250mm, 0.250mm～0.425mm, 0.425mm～0.850mm, 0.850mm～2.00mm の5種類の粒径にふるい分ける。

本研究では上記の通りふるい分けした単粒径に加え、粒径比が 4 : 1 (0.425mm～0.850mm : 0.106mm～0.250mm), 8 : 1 (0.850mm～2.00mm : 0.106mm～0.250mm) の試料を混合比 9 : 1, 8 : 2, 7 : 3 としたものを試料として用いる。物理特性は表1の通り。これらの試料で水締め試験を行い、水締め効果の検証を行った後、一面せん断試験、重錘载荷による圧縮試験を行うことで、実際に地盤材料として十分な強度特性・圧縮特性を有しているかを確認する。本稿では紙面の都合上、珪砂の 0.106mm～0.250mm, 0.850mm～2.00mm の単粒径2種類と、粒径比 8 : 1 (0.850mm～2.00mm : 0.106mm～0.250mm)・混合比 9 : 1, 8 : 2, 7 : 3 の異粒径混合試料3種類を合わせた5種類の試料で試験を行った結果について報告する。

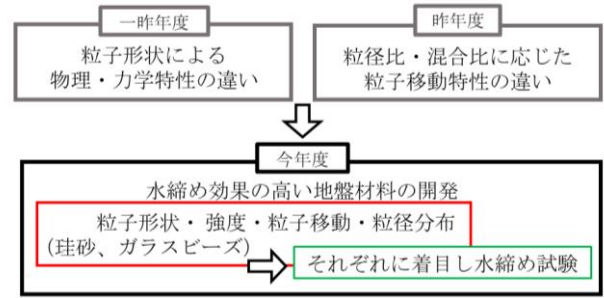


図1 研究の流れ

表1 試料の物理特性

粒径	0.106mm ～0.250mm	0.850mm ～2.00mm	0.850mm～2.00mm : 0.106mm～0.250mm 9 : 1	0.850mm～2.00mm : 0.106mm～0.250mm 8 : 2	0.850mm～2.00mm : 0.106mm～0.250mm 7 : 3
$\rho_{d\max}$ (g/cm ³)	1.476	1.602	1.749	1.867	1.929
w_{opt} (%)	18.6	15.7	14.6	11.9	11.1

3. 実験手法

3.1 水締め試験

本研究では、直径 5cm, 高さ 10cm のモールドを用いて水締め試験を行った。各試料にて初期含水比 5.0%, 初期締固め度を 70.0%, 72.5%, 75.0%, 77.5%, 80.0%, 82.5%とした供試体を作製し、飽和させた後24時間排水させ、締固め度の変化を検証した。

3.2 重錘载荷による沈下量試験

水締め試験後の供試体を用いて、重錘载荷による沈下量測定試験を実施した。まず、2.5kN/m²～22.5kN/m²の順に载荷し、一度除荷を行った後再び 30.25kN/m²～110.5kN/m²の順に载荷を行い、沈下量を調べ圧縮特性を検証した。

3.3 一面せん断試験

水締め試験後の条件(乾燥密度・含水比)で供試体を作製し、一面せん断試験(せん断速度 0.5mm/分)を行うことで、強度特性も検証した。

4. 実験結果・考察

4.1 水締め試験(初期締固め度 70.0%～82.5%)

試験結果を表2, 図2に示す。水締め後の平均締固め度は珪砂 0.106mm～0.250mm, 0.850mm～2.00mm といった単粒径では 77%～79%, 粒径比 8 : 1 で混合比 9 : 1, 8 : 2, 7 : 3 の異粒径混合試料ではそれぞれ 80%を超

表2 水締め試験結果

粒径	初期状態	水締め	$\rho_d(\text{g/cm}^3)$	Dc(%)	充填率(%)
0.106mm~0.250mm			1.149	77.87	43.54
0.850mm~2.00mm			1.283	79.08	48.62
0.850mm	0.106mm	w = 5% 1回	1.406	80.38	53.25
~	~		1.540	82.51	58.18
2.00mm	0.250mm	7 : 3	1.603	83.11	60.75

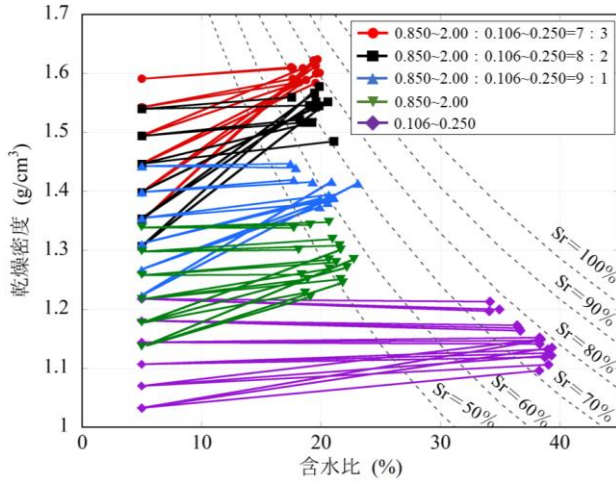


図2 水締め試験結果 (含水比-乾燥密度)

えることが確認できた。また、図2からもわかる通り、異粒径混合の試料は単粒径に比べ初期締固め度が低いものであっても傾きが大きく、水締めによって良く締固め固まることが確認できた。

異粒径混合の方が締固め度が大きくなる原因としては、粒径バラツキがあることで小粒子の移動先が確保されていることが考えられる。

4.2 重錘载荷による沈下量試験

粒径比8:1で混合比9:1, 8:2, 7:3の水締め後の乾燥密度と重錘载荷後の沈下量の関係を図3に示す。結果から、それぞれの混合比で乾燥密度が上がるほど変位は小さくなることを確認できた。一方、乾燥密度が似たような値でも、混合比が違うだけで沈下量に差が生まれることも併せて確認でき、全体の傾向として乾燥密度が大きいからといって沈下量が小さくなるとは限らないことがわかった。以上のことから、粒径比8:1の試料では混合比7:3のように細粒分が多いと沈下量が大きくなることがわかり、沈下への強さは密度調整より混合比の調整をする方が効果的であることが確認できた。

4.3 一面せん断試験

表3より、単粒径の珪砂0.106mm~0.250mmと珪砂0.850mm~2.00mmでは粒径の大きい0.850mm~2.00mmの方が見かけの粘着力、内部摩擦角ともに大きい値になることが確認できた。

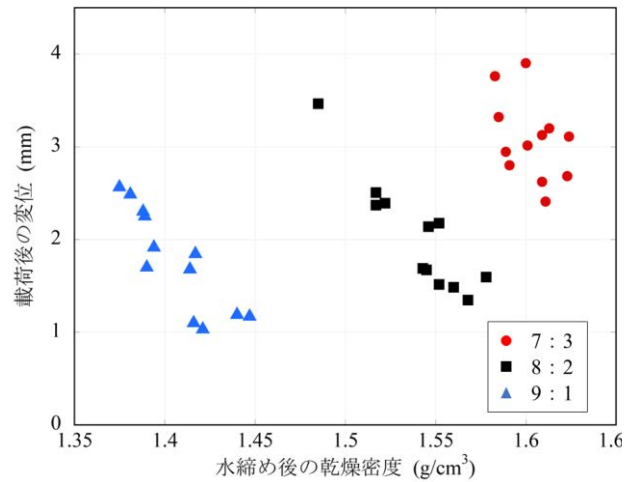


図3 沈下量試験結果 (110.5 kN/m² 载荷後)

表3 一面せん断試験結果

粒径	条件	見かけの粘着力(kN/m²)	内部摩擦角(°)
0.106mm~0.250mm	Dc = 77.87%	18.4	34.6
0.850mm~2.00mm	Dc = 79.08%	23.4	36.4
0.850mm	0.106mm 9 : 1 Dc = 80.38%	20.5	37.8
~	~ 8 : 2 Dc = 82.51%	20.2	39.0
2.00mm	0.250mm 7 : 3 Dc = 83.11%	19.5	45.8

一方、異粒径混合の試料では、混合比9:1, 8:2, 7:3で見かけの粘着力に差が生まれないのに対し、内部摩擦角は7:3が明らかに大きくなるのがわかり、今回試験を行った5つの試料の中では、粒径比8:1混合比7:3の試料が地盤材料として最も十分な強度特性を有していることが確認できた。

5. まとめ

水締め試験と一面せん断試験の結果から、今回用いた試料のうち、粒径比8:1混合比7:3が水締め後の締固め度最大でせん断強度も最大であることがわかった。しかし、重錘载荷による沈下量試験の結果をみると、全試料の中で粒径比8:1混合比7:3が最も沈下していることがわかり、締固め度や強度が大きくても、必ずしも沈下に強くなるわけではないことが示された。

また、粒径比8:1混合比7:3, 8:2のような細粒粒子の多い試料は水締めでの締固め度の変化量が大きいことから、初期段階でフワフワに埋め戻すとその後大きく沈下する可能性があることがわかり、注意が必要だと考えられる。

これまで地盤の品質管理は締固め度で行われることが多かったが、住宅地盤に重要視される沈下量の大小は締固め度の大小だけでは決まらず、使用する土の粒径分布にも注意を払って事前に沈下特性を検討しておく必要があるといえる。