

杭の根固め部の品質に混入土が及ぼす影響

根固め 地盤改良 混入土
未固結試料 品質管理 圧縮強度

正会員 ○久世 直哉* 同 井上 波彦**
同 平山 勇治*** 同 横山 雅樹****
同 二木 幹夫* 同 山形 雄太*

1. はじめに

従来、杭の根固め部の品質を確保するための方法としては、施工手順や時間・工程などの施工管理に基づく方法が主流であったが、近年になって、品質を直接的に確認することへの要求の高まりや、根固め部の築造において地盤と根固め液を混合攪拌する施工法が増加していることにより、根固め液の注入直後に根固め部から採取した未固結状態の試料を用いた供試体（以下、未固結供試体）の強度確認等が行われている。

また、改良地盤の関係指針¹⁾においては、杭の根固め部を地盤改良体と同等の状態であるものと見なした上で地盤改良の品質管理手法を適用する場合の考え方が示されているが、砂や粘土などの地盤材料が混入した根固め部の基本的な力学特性について未解明となっている事項がある。そこで、本報告では、根固め液に各種の地盤材料を混合した供試体（以下、根固め供試体）を作製し、土の混入割合が根固め供試体の品質（特に、圧縮強度と変形係数）に及ぼす影響を把握した結果を示す。

2. 試験体（配合条件）

試験体は、根固め液、「泥水」、地盤材料を用いて、室内配合により作製した供試体である。根固め液は、普通ポルトランドセメントを使用し、水セメント比(W/C)を60%とした。「泥水」は、砂、粘土、水を体積比 36 : 17 : 47 で混練したものである。地盤材料は、砂（珪砂 6号、試験体記号：S1～S4）、礫（最大粒径を10mmに調整した碎石、試験体記号：G1～G4）、粘土（木節粘土、試験体記号：CL1～CL4）の3種類とした。

配合は、根固め液に対して「泥水」を体積比で30%混ぜたもの（試験体記号：N2）を基本配合（表1参照）とした。この配合は、既往の文献²⁾における根固め部への泥水の混入割合を考慮し、その圧縮強度が文献³⁾に示されている未固結供試体の圧縮強度の平均値と変動係数より算定される90%信頼性区間の下限値相当の値である20N/mm²程度となるものとして試験練りの結果により設定した。これに体積比で10%から40%の割合で、各種の地盤材料をそれぞれ追加したもの、さらに比較のため根固め液のみによる供試体（試験体記号：N1）についても作製した。それぞれの配合毎の供試体数（*n*数）はいずれも25体とした。

また、すべての供試体について、寸法は直径50mm、高さ100mmを基本とし、養生方法は湿空養生、試験材齢は28日とした。

表1 基本配合（N2の配合（根固め液＋泥水））

見かけの W/C (%)	単位量(kg/m ³)			
	水 W	セメント C	砂質土 S	粘性土 CL
79	599	763	286	135

3. 試験方法

試験は、「JIS A 1108:2018 コンクリートの圧縮強度試験方法」に準じて行い、供試体の圧縮強度(q_u)を把握した。また、圧縮強度試験機加圧板間の距離を高感度変位計により測定し、変形係数(E_{50})を求めた。

4. 試験結果及び考察

q_u (N/mm²)は、(1)式により、 E_{50} (N/mm²)は、(2)式により、それぞれ算定した。各配合における q_u の平均値と地盤材料の混入割合との関係を図1に示す。また、N2に対する圧縮強度の比（以下、圧縮強度比： r_{qu} ）、 E_{50} と q_u の回帰直線の傾き(α)等を合わせて表2に示す。

$$q_u = \frac{P}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2} \quad (1)$$

P ：試験最大荷重(N)， d ：供試体の直径(mm)

$$E_{50} = \frac{q_u}{\varepsilon_{50}} \quad (2)$$

ε_{50} ：圧縮応力 $\sigma=q_u/2$ のときの圧縮ひずみ

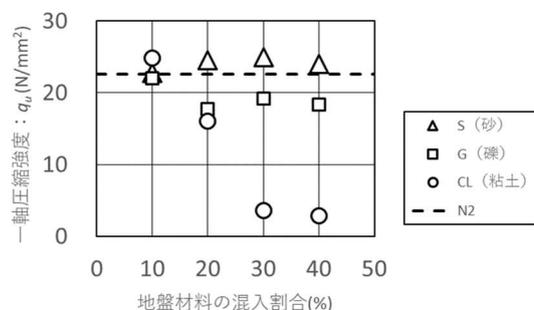
図1 q_u と地盤材料の混入割合の関係

表2 試験結果一覧

試験体記号	地盤材料の混入割合 (%)	一軸圧縮強度				変形係数			E_{50} と q_u の関係	
		平均値	標準偏差	変動係数	圧縮強度比	平均値	回帰線の傾き	相関係数	α	R
		q_u (N/mm ²)	σ (N/mm ²)	V	r_{qu}	E_{50} (N/mm ²)				
N1	—	43.2	4.84	0.11	—	9,430	—	—	—	—
N2	—	22.6	1.56	0.07	1.00	4,980	—	—	—	—
S1	10	22.7	2.43	0.11	1.00	5,560	257	0.74		
S2	20	24.5	1.68	0.07	1.08	6,380				
S3	30	24.9	1.44	0.06	1.10	6,780				
S4	40	24.0	1.57	0.07	1.06	6,920				
G1	10	22.0	2.18	0.10	0.97	6,900	379	0.39		
G2	20	17.7	3.04	0.17	0.78	6,410				
G3	30	19.2	2.01	0.10	0.85	8,290				
G4	40	18.4	2.20	0.12	0.81	7,990				
CL1	10	24.8	1.74	0.07	1.10	5,070	218	0.98		
CL2	20	16.0	4.22	0.26	0.71	3,840				
CL3	30	3.59	0.309	0.09	0.16	1,160				
CL4	40	2.82	0.465	0.16	0.12	906				

砂は、混入割合に係わらず q_u に有意な差は無く、圧縮強度比(r_{qu})は、ほぼ一定 (1.0 から 1.1 程度) であった。砂は土粒子の径が小さく、供試体の破壊性状に及ぼす影響が相対的に小さいと考えられるため圧縮強度比が 1.0 程度であったと推察される。礫は、混入割合が 20%以上になると q_u がやや低下傾向を示したが、圧縮強度比(r_{qu})は 0.8 程度であった。また、砂を混入した場合と比較すると変動係数がやや大きくなった。 q_u のばらつき増加については、供試体の直径に対する粒径の比が相対的に大きいことにより生じたものと推察される。粘土は、混入割合が 20%以上になると q_u が大きく低下し、圧縮強度比(r_{qu})は 0.1 程度になった。これは有機物が含まれていたことや水分吸着の影響があるものと推察される。また、N1 に対する N2 の q_u 低下の要因は、W/C の増加と粘土の混入によるものと考えられる。

各地盤材料毎の E_{50} と q_u の関係とこれらの回帰直線、合わせて地盤改良体に関する既往の文献¹⁾⁴⁾による回帰直線を図2から図4に示す。なお、既往文献の回帰直線は、 q_u の適用範囲を考慮して示している。また、比較のため N2 の結果も示している。砂と粘土は、相関係数が高く、また、既往の文献¹⁾⁴⁾に示されている地盤改良体の E_{50} と q_u の関係式と同等の結果であった。礫は、混入割合の増加に伴い E_{50} はやや増加する傾向にあったが、 q_u はやや低下する傾向にあり、相関係数が低い (0.39) 結果であった。

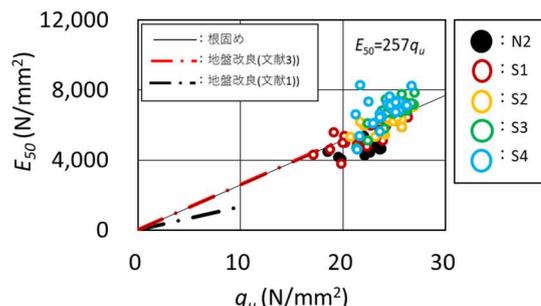


図2 E_{50} と q_u の関係 (砂混入の場合)

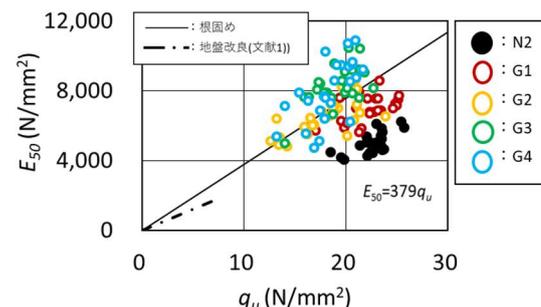


図3 E_{50} と q_u の関係 (礫混入の場合)

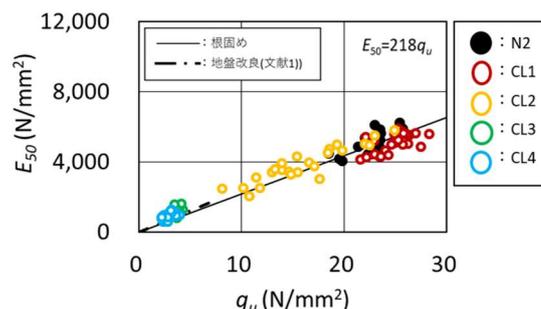


図4 E_{50} と q_u の関係 (粘土混入の場合)

5. まとめ

根固め改良体は、地盤改良体と構成材料がほぼ同じであることに加えて、本試験の結果より、地盤改良体と同様の力学特性を示すものとして扱える可能性が示唆されたと考えられる。なお、本試験は、(一社)建築基礎・地盤技術高度化推進協議会 (ALLF)「根固め改良体の品質管理指針検討委員会」による検討事業の一環として行われたものである。関係各位に謝意を表します。

参考文献: 1) 日本建築センター、ベターリビング: 2018 年版建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針, 2018 年 11 月 2) 安川真知子, 藤永直樹, 川崎恵: 高支持力埋込杭の根固め部強度確認試験結果及び考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北海道), pp509-510, 2013 年 8 月 3) 建築基礎構造設計指針: 日本建築学会, 2019 年 4) 平成 30 年度建築基準整備促進事業 S28. 基礎の耐震設計における改良地盤等の評価法の合理化に関する検討 (WG1) 報告書: 建築性能基準推進協会, 2019 年 3 月

* 一般財団法人 ベターリビングつくば建築試験研究センター

** 国土技術政策総合研究所

*** テノックス

**** 三谷セキサン

* Tsukuba Building Research and Testing Laboratory, Center for Better Living

** National Institute for Land and Infrastructure Management

*** Tenox Corporation

**** MITANI SEKISAN Co.,Ltd.