

## 地盤材料の最大径が根固め供試体の圧縮強度に及ぼす影響

根固め 地盤改良 寸法効果  
 圧縮強度 品質管理 未固結供試体

正会員 ○山田 宗範\*  
 同 久世 直哉\*

## 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よる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の強度確認等が行われている。

また、改良地盤の関係指針<sup>1)</sup>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、礫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、根固め液に礫を混合した供試体を作製し、地盤材料の最大径および混合割合が供試体の圧縮強度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（珪砂6号）、粘土（木節粘土）、水の体積比を36：17：47として混練したものである。地盤材料は礫（最大粒径を5mmあるいは13mmに調整した碎石）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：N）を基本配合（表1参照）とした。この配合は、既往の文献<sup>2)</sup>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<sup>3)</sup>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/mm<sup>2</sup>程度となるものとして試験練りの結果により設定した。基本配合の供試体および基本配合に体積比20%および40%の割合で地盤材料（礫）を混合した供試体を、プラモールド（φ50mm、φ100mmおよびφ125mm）を用いて作製した。それぞれの配合毎の供試体数（n数）はいずれも6体とした。養生方法は封かん養生、試験材齢は28日とした。供試体一覧を表2に示す。

## 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。

## 4. 試験結果及び考察

圧縮強度  $q_u$ (N/mm<sup>2</sup>)は、(1)式により算定した。N に対する各配合における  $q_u$  の平均値の比(以下、圧縮強度比： $r_{qu}$ )を(2)式より算出した。既往研究<sup>4)</sup>における根固め液に地盤材料を混合した実験結果と併せた試験結果一覧を表3、 $r_{qu}$ と地盤材料の混合割合の関係を図1に示す。

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

$$r_{qu} = \frac{q_u}{q_n} \quad (2)$$

P：試験最大荷重(N)

d：供試体の直径(mm)

$q_n$ ：基本配合 N における圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

表1 基本配合（Nの配合（根固め液+泥水））

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

表2 供試体一覧

記号	混合した地盤材料		供試体径 D (mm)	d/D (%)
	種類	最大径 d (mm)		
0.4-S <sup>*</sup>	砂	0.2	50	0.4
4-G	礫	5	125	4
10-G	礫	5	50	10
13-G	礫	13	100	13
20-G <sup>*</sup>	礫	10	50	20

\*既往研究<sup>4)</sup>から引用

表3 試験結果一覧

記号	供試体径 D(mm)	地盤材料混合割合 (%)	圧縮強度 平均値 $q_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	標準偏差 $\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )
N(0.4-S)	50	—	22.6	1.56
N(4-G)	125	—	19.0	1.14
N(10-G)	50	—	20.3	2.35
N(13-G)	100	—	20.8	1.63
0.4-S <sup>※1</sup>	50	10	22.7	2.43
	50	20	24.5	1.68
	50	30	24.9	1.44
	50	40	24.0	1.57
4-G	125	20	19.4	1.33
	125	40	20.7	0.49
10-G	50	20	21.9	1.23
	50	40	22.1	1.80
13-G	100	20	22.6	1.63
	100	40	18.6	0.82
20-G <sup>※1※2</sup>	50	10	22.0	2.18
	50	20	17.7	3.04
	50	30	19.2	2.01
	50	40	18.4	2.20

※1 既往研究<sup>4)</sup>から引用

※2 基本配合Nの結果は0.4-Sと共通

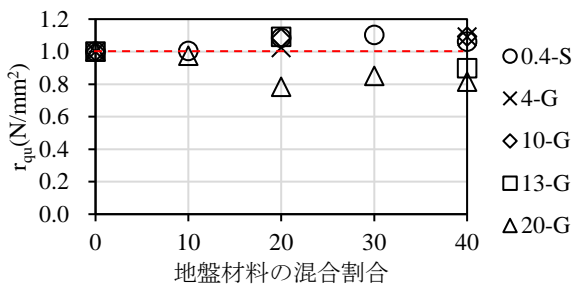


図1  $r_{qu}$ と地盤材料の混合割合の関係

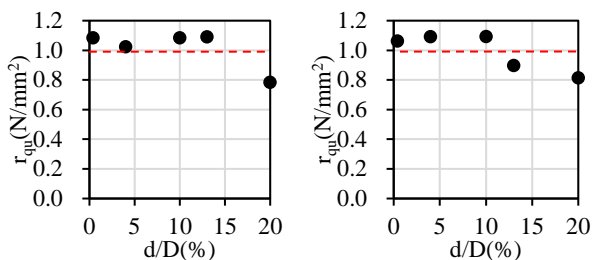
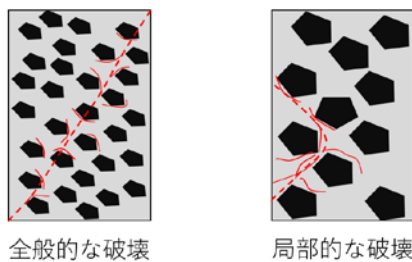


図2  $r_{qu}$ とd/Dの関係 (左: 混合割合20%, 右: 40%)



(a) d/Dが小さい場合 (b) d/Dが大きい場合

図3 d/Dの影響イメージ図

地盤材料の混合割合が20%および40%のときにおける圧縮強度比( $r_{qu}$ )と供試体径に対する地盤材料の最大径の比(d/D)の関係を図2に示す。

供試体径(D)に対し混合した地盤材料の最大径(d)が圧縮強度に及ぼす影響を整理するにあたり、供試体径に対する地盤材料の最大径の比(d/D)に着目した。

圧縮強度比( $r_{qu}$ )と地盤材料の混合割合の関係は、d/Dの大きさに応じて異なる傾向を示した。d/Dが10%以下では、混合割合に依らず基本配合Nと同程度( $r_{qu}$ が1.0~1.1)の圧縮強度であった。しかし、d/Dが10%よりも大きくなると、d/Dの増大に伴い $r_{qu}$ は小さくなる傾向を示した。さらに、混入割合が増加するほどその傾向は顕著であった。

d/Dが大きい場合に $r_{qu}$ が低下した理由としては、①地盤材料の分布が偏り(均一でなく)セメントペーストとの界面のひび割れが局所的な破壊をもたらす場合があること(図3参照)、②地盤材料とセメントペースト界面に生じるクラックが大きく(多く)なっていること、の2点が推察される。

コンクリート材料分野においても、d/Dが大きい場合に圧縮強度が低下する傾向を示す既往の報告<sup>9)</sup>がある。根固め部の品質評価についても、コンクリートと同様に評価できることを示唆した。一方で、根固め部においては、コンクリートと比較して粘土塊のように軟弱な地盤材料や、砂礫のように径の大きな地盤材料の混入が考えられる。未固結供試体により品質評価を行う際には、d/Dに応じて地盤材料が供試体の圧縮強度に及ぼす影響を考慮する必要があると考えられる。

## 5. まとめ

地盤材料の最大径が供試体の圧縮強度に及ぼす影響について、d/Dが大きい場合に圧縮強度が低下する傾向を確認した。本報告の試験範囲においては、d/Dが10%よりも大きくなると圧縮強度が低下した。今後は、根固め部の品質評価方法の確立を目的に、供試体の寸法および混合した地盤材料が供試体の圧縮強度に及ぼす影響について検討する必要があると考える。

### 【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) 久世直哉、井上波彦、平山勇治、横山雅樹、二木幹夫、山形雄太：杭の根固め部の品質に混入土が及ぼす影響、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)、pp451-452、2020年9月
- 5) 谷川恭雄、山田和夫：コンクリートの圧縮強度の寸法効果について、日本建築学会論文報告集、vol. 262、pp13-21、昭和52年12月