

可塑状グラウト増深工法の開発ーその 1：グラウト固化体の強度特性ー

東亜建設工業(株) 正会員 ○三枝 弘幸, 東洋建設(株) 正会員 合田 和哉

五洋建設(株) 正会員 小笠原 哲也, 若築建設(株) 正会員 壹岐 直之

(株)本間組 山本 高士

1. はじめに

著者らは、近年の国際的動向である船舶大型化を背景に、既設ケーソンの捨石マウンドの一部を固化して法線位置を変更せずに増深を行える工法（以下、増深工法）の開発を進めている¹⁾。その一環として、五洋建設(株)・東洋建設(株)・東亜建設工業(株)・若築建設(株)・あおみ建設(株)・(株)本間組・みらい建設(株)・りんかい日産建設(株)の 8 社にて、国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所との委託研究である革新的社会資本整備研究開発推進事業を実施している。本報は、捨石間をグラウト充填したグラウト固化体の基本的な強度特性を調査したので報告するものである。

2. 試験条件

グラウト固化体は円柱供試体として作製し、寸法は $\phi 100 \times H200\text{mm}$ の小型、 $\phi 200 \times H400\text{mm}$ の中型、 $\phi 300 \times H600\text{mm}$ の大型の 3 種類を用意した。また、捨石を模擬したグラウト固化体の礫材には、粒径 $D=10\sim 20\text{mm}$ 、 $20\sim 40\text{mm}$ 、 $30\sim 60\text{mm}$ の 3 種類を用いた。なお、著者らが過去に実施した京浜港ドック実証実験での調査¹⁾に基づき、礫材の目標空隙率 n を 40% に統一している。また、供試体の作製条件としては、目標とするグラウト充填率を模擬するために礫材に発泡ビーズを混入したもの、グラウトとの付着を著しく低下させるために意図的に礫材表面にグリスを塗布したもの、実施工想定のもと 1 日間隔でグラウト注入の打継ぎ目（強度に最も影響する条件として、打継ぎ角度を 45 度に設定）を設けたものを設定した。これらの諸条件を整理したものを表-1 に示す。なお、充填に用いた可塑状グラウトの配合は、既往の実験²⁾に合わせて表-2 の通りとし、呼び強度が 24N/mm^2 に対して、28 日養生後の実測強度 σ_{28} が 46.8N/mm^2 であった。

上記条件のもと、供試体下面からのグラウト充填・浸透によって作製された供試体に対し、材齢 25～32 日にて一軸圧縮試験および割裂引張強度試験をそれぞれ実施した。一軸圧縮試験の载荷速度の設定においては、载荷速度が速い場合に見られる強度の過大評価を防止するため、 $0.01\text{N/mm}^2/\text{sec}$ の低速条件を採用している。また、割裂引張強度試験においても同様の理由から、 $0.004\text{N/mm}^2/\text{sec}$ とした。なお、一軸圧縮試験での変位測定は、ロードセルに接触型変位計を取り付ける方法に加え、供試体高さの 1/2 が検長となるように変位計（小型はコンプレッソメータ、中型・大型は接触型変位計）を設置する方法も採用している（図-1）。一方、割裂引張強度試験においては変位測定を行わず、強度のみの評価とした。

表-1 供試体の作製条件

供試体寸法 (mm)	礫材粒径 $D(\text{mm})$	目標グラウト充填率	グリス塗布	打継ぎ (1 日後)
【小型】 $\phi 100$ $H200$	10 - 20	100% 80% 60%	有 無	有 無
【中型】 $\phi 200$ $H400$	20 - 40			
【大型】 $\phi 300$ $H600$	30 - 60			

表-2 可塑状グラウトの配合 (1 m^3 あたり)

基材			可塑材			
普通セメント (kg)	水 (kg)	高性能減水剤 (kg)	可塑剤 A (kg)	可塑剤 B (kg)	可塑剤 C (kg)	水 (kg)
1,212	485	6.06	0.06	6.06	2.5	121

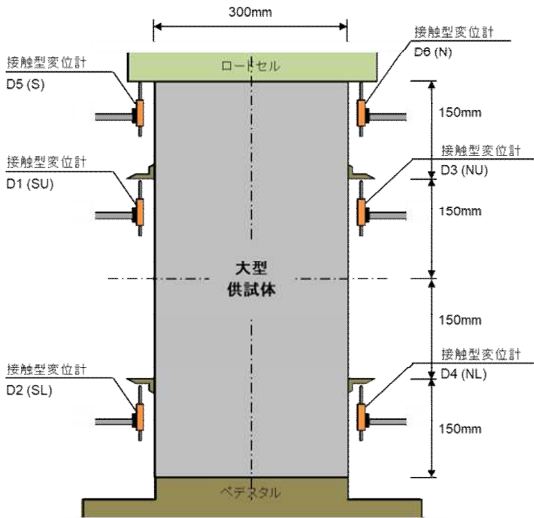


図-1 一軸圧縮試験の変位測定箇所
(大型供試体の例)

キーワード: 一軸圧縮試験, 捨石, 注入工(グラウト工)
連絡先 〒230-0035 横浜市鶴見区安善町 1 丁目 3 東亜建設工業 技術研究開発センター TEL045-503-3741

3. 試験結果および考察

小型供試体での圧縮強度 σ_c を対象に、異なるグラウト充填率でのグリス塗布の影響を評価したものを図-2 に、打継ぎの影響を評価したものを図-3 にそれぞれ示す。まず、どちらの図にも共通した充填率の影響であるが、ばらつきはあるものの、充填率の減少に伴って σ_c が低下する傾向が顕著で、充填率 100%を基準に 80%で約 9 割、60%で約 6 割に低下していることが見てとれる。実施工では空隙を 100%充填(完全充填)することは困難と考えられることから、この影響を適切に評価しておくことが肝要である。次に、礫材にグリスを塗布した結果を確認すると、充填率の違いに関わらず σ_c は 2.0~3.5N/mm² 程度に大きく低下していることがわかる。これは、充填率以上に礫材に塗布したグリスが強度に大きな影響を及ぼしていることを意味している。この結果に基づいて実施工を想定した場合、捨石とグラウトとの付着を確実に確保することの重要性を示している。一方、打継ぎの影響を確認すると、特にその有無で結果に大きな違いは確認されなかった。これは、固化体の破壊自体がグラウト打継ぎ目というより礫材とグラウトとの付着面で生じると想定されるため、強度に与える直接的な影響が小さかったものと考えられる。24 時間の連続施工でない限り、実施工では必ず打継ぎ目が生じることになるが、グラウト固化体自体の強度に大きな影響を与えない点は好材料である。なお、試験中に測定した変位から求まる供試体の軸ひずみ ε をもとに得られる弾性係数 E_c はグリス塗布のケースのみ著しく小さく、加えて、全てのケースで引張強度 σ_t は圧縮強度 σ_c の 1/9 程度であった。これらの点は、既往実験²⁾の知見と良く整合していた。

本実験で実施した全ケースの圧縮強度 σ_c (打継ぎ条件を除く)を、既往の実験²⁾で得られた結果と併せて図-4 に示す。なお、当結果はグラウト充填率ではなく、型枠脱型後の供試体重量と寸法の実測値に基づいて算出した供試体密度 ρ を用いて統一的な整理を行っている。いずれの実験においても、供試体密度 ρ (充填率)の低下に伴って σ_c の低下が顕著に見られており、その低下の程度は概ね同等と評価できる。加えて、供試体寸法が大きくなるにしたがって若干の強度低下も確認され、わずかなではあるものの寸法効果の影響も見ることができる。他方、礫材表面へのグリス塗布の結果では、本実験において供試体サイズに関係なく概ね 2.0~3.5N/mm² の範囲に分布している一方で、既往実験では若干過大な結果として現れている。これは、グリスの塗布状態のわずかな違いを反映したものと思われるが、捨石とグラウトとの付着の程度が、グラウト固化体の σ_c に敏感に影響を及ぼすことを示唆するものである。

4. おわりに

現在、本報の強度試験も含めた一連の結果を取りまとめているところである(例えば³⁾)。引き続き、工法の実用化・高度化に向けて検討を進めていく予定である。

【参考文献】1) 小笠原ら：京浜港ドックにおける重力式係船岸増深工法の実用化に向けた実証実験，土木学会論文集 B3(海洋開発) 74(2)，I_390-I_395，2018. 2) 和田ら：礫材の空隙に可塑状グラウトを充填した改良体の強度変形特性，土木学会論文集 B3(海洋開発) 75(2)，I_851-I_856，2019. 3) 小笠原ら：可塑状グラウト増深工法の開発一その 5：実岸壁での現場実験一，第 78 回土木学会年次学術講演会，2023(投稿中)。

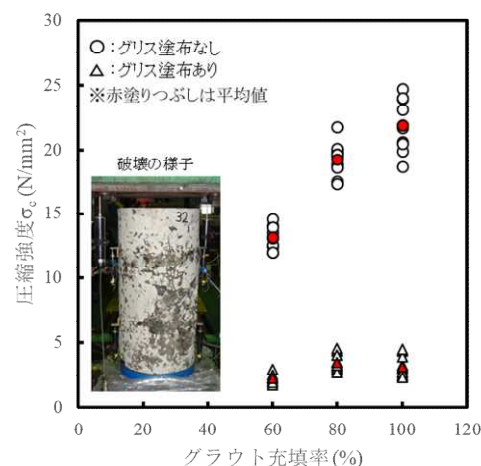


図-2 グリス塗布の影響(小型供試体)

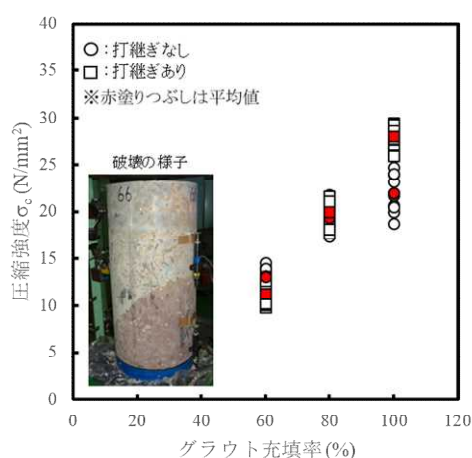


図-3 打継ぎの影響(小型供試体)

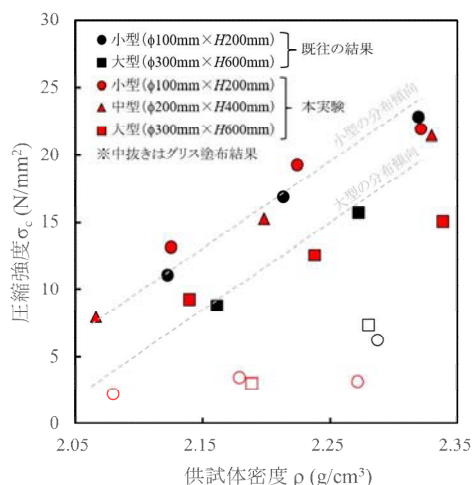


図-4 既往実験との比較