

礫材空隙への可塑状グラウト充填による改良体の強度特性—その2：中型供試体による評価

五洋建設（株）正会員 ○小笠原 哲也
東洋建設（株）正会員 和田 眞郷 合田 和哉
東亜建設工業（株）正会員 三枝 弘幸

1. はじめに

本報は、水谷ら¹⁾が開発した捨石マウンドを固化して既設岸壁を増深する工法において、改良体の適切な強度設定や施工管理に必要な強度特性の知見を得ることを目的とする。その2である本報では、各種の条件²⁾を設定した上で、礫材間に可塑状グラウトを充填した直径100 mm×高さ200 mmの中型供試体について、圧縮強度試験および割裂引張強度試験を実施したので、その結果を報告するものである。

2. 試験概要

試験ケース²⁾を表-1に示す。試験ケースはグラウトの充填率を100%、80%、60%と変化させた場合、捨石に付着物が存在する場合、捨石層最上部（ケーソン底版直下）にグラウトを完全に注入できず未充填となった場合を想定したものである。供試体の作製方法については、参考文献²⁾に詳細を記すが、空隙率を約40%³⁾とし、礫材の粒径は10~20 mmとした。グラウトの呼び強度は24N/mm²である。強度のばらつきを考慮して供試体本数を20本とした。ただし、上部未充填の供試体は、石膏による上面キャッピングの作業上の都合から3本とした。圧縮強度試験はJIS A 1108 および JIS A 1149 に準拠し、コンプレッソメータを使用して試験中のひずみを測定し静弾性係数も求めた。割裂引張強度試験はJIS A 1113 に準拠して試験した。圧縮強度試験は⑤上部未充填を除いて材齢27~29日に行い、⑤上部未充填は36日および40日、割裂引張強度試験は材齢31日および34日に行った。

3. 試験結果および考察

②80%充填や③60%充填のケースでは、表面の一部に未充填部を模擬するための発泡ビーズが少量見えていたが、連続せず、ばらついていて、上部未充填の供試体以外は試験直前に両端面を研磨して整形した後、直径、高さ、質量を測定して密度を求めた。なお④グリス塗布のケース1本で研磨盤の加力により供試体の上面においてグラウトが大きく剥離したため試験本数を1本減らした。

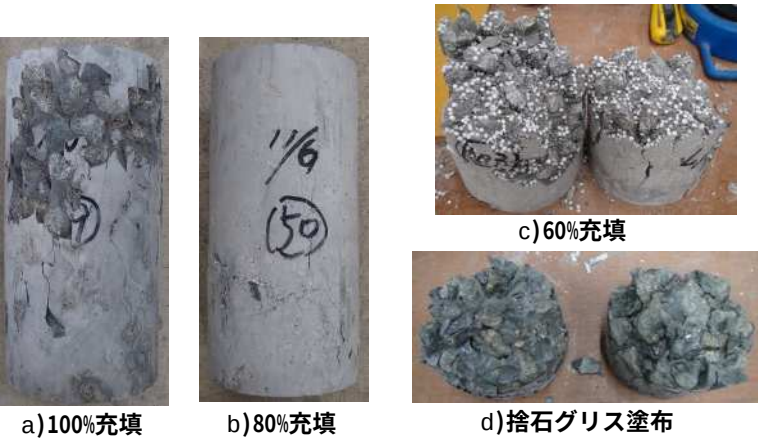


写真-1 各試験ケースの破壊性状

写真-1において各試験ケースの破壊性状を示す。なお、写真-1のb)80%充填は最大強度に達した後、大きく破壊する前に加力を止めた供試体である。どのケースにおいても②80%充填のように縦方向にひび割れが数本発生した段階で最大強度となり、さらに载荷を続けると、供試体表面の一部が小片となって礫材から剥離し

表-1 試験ケース

試験ケース		想定される状況	試験本数	
			圧縮	割裂
①	空隙 100%充填	充填が100%確実に実行された場合	20	20
②	空隙 80%充填	施工条件により充填率80%となった場合	20	20
③	空隙 60%充填	施工条件により充填率60%となった場合	20	—
④	空隙 100%充填（捨石グリス塗布）	捨石に付着物が存在する場合	19	—
⑤	空隙 100%充填（上部未充填）	捨石層上部に未充填部分が発生した場合	3	—

キーワード：捨石，固化改良，増深，可塑状グラウト，一軸圧縮試験

連絡先 〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 五洋建設（株）技術研究所 TEL 0287-39-2105

て落ちながら（写真-1a)), 写真-1のc),d)のように大きな破壊に至った。破壊箇所を観察すると、グラウトと礫材の界面で剥離していることが観察された。写真-1のc)のように、破壊箇所ではグラウトの未充填部を模擬した発泡ビーズは偏った配置でないことが観察でき、写真-1のd)のように④グリス塗布では、破壊箇所の礫材の表面にグリスが観察された。⑤上部未充填では、キャッピングを介して数個の礫材に集中的に圧縮力が作用し局所的な破壊を生じる可能性も考えられたが、上部において、明確な局所的破壊を観察できなかった。

表-2および図-1に圧縮強度試験の結果を示す。なお、試験前後のグラウト単味の圧縮強度試験結果に基づいて材齢28日の強度に補正したものである。供試体密度の平均値はグラウト充填率の低い方が軽くなることは自明だが、グラウトおよび捨石の密度と充填率から試算した密度と比較すると5%以内の相違であり、標準偏差も小さいので適切に供試体作製を行えたと考えられる。

①100%充填の圧縮強度の平均値は22.8N/mm²であり、グラウト単味の圧縮強度の平均値48.1N/mm²の約半分程度となっており、このことからグラウトと礫材の界面付近の破壊が卓越していると考えられる。また表-2に示すように②80%充填では①100%充填に対して0.74、③60%充填では0.49の比率の強度であり、試験した範囲内では図-1に示すように圧縮強度は充填率にほぼ比例して減少した。⑤上部未充填では②80%充填と同程度の強度を示した。最大荷重時のひずみの平均値については、①100%充填において0.267%であり、コンクリートの一般的な値である0.2%⁴⁾に近かった。②80%充填、③60%充填では、①100%充填の半分程度のひずみとなったが、空隙部である弱部付近の破壊（ひずみ）が進行しやすく、その他でのひずみが小さくなることから全体としてひずみが小さくなったと考えられる。静弾性係数については①～③と⑤のケースではコンクリート強度で算定される静弾性係数に近かった。

一方で、④グリス塗布については表-2に示すように強度低下が大きく、最大荷重時のひずみが著しく大きかった。礫材とグラウトの付着力がほとんどないため、初期に発生する界面ひび割れが早く生じ、併せてグラウト内ひび割れの進展が早いためと考えられる。同様の原因で静弾性係数も2.61kN/mm²と非常に小さかった。

表-3に割裂引張強度試験の結果を示す。圧縮強度と同様に材齢28日の強度に補正したものである。割裂による引張強度は、①100%充填で圧縮強度の約1/11、②80%充填で圧縮強度の約1/9であった。コンクリートにおいて引張強度は圧縮強度の1/10～1/13と言われており、コンクリートに近い比率を示した。

4. おわりに

本報では、礫材に可塑状グラウトを注入した供試体に強度試験を行い、充填率の相違、礫材の付着物の有無、および上層に未充填部が生じたときの影響を把握することができた。今後は、別報²⁾などで報告する試験結果を踏まえて強度特性に影響を及ぼす要因を明確にし、捨石に可塑状グラウトを注入する増深工法における設計体系の高度化の検討を進めていく。本試験を実施するにあたり、国土交通省 国土技術政策総合研究所ならびに国立研究開発法人 港湾空港技術研究所に多大なるご指導とご協力を頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

1)水谷ら：重力式係船岸の新しい増深工法の開発、港湾空港技術研究所資料 No.1277, 2013. 2)合田ら：礫材空隙への可塑状グラウト充填による改良体の強度特性—その1：改良体評価に対する課題と実験概要、第74回土木学会年次学術講演会, 2019. (投稿中) 3)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試験、土木学会論文集 B3 (海洋開発) 74(2), I_390-I_395, 2018. 4)土木学会：2017年制定コンクリート標準示方書[設計編], pp.486-488

表-2 圧縮強度試験の結果

No.	密度(g/cm ³)		圧縮強度			最大荷重時のひずみの平均値	静弾性係数(kN/mm ²)
	平均値	標準偏差	平均値(N/mm ²)	標準偏差(N/mm ²)	①100%充填に対する比		
①	2.32	0.019	22.8	2.25	—	0.267%	23.5
②	2.21	0.019	16.9	0.90	0.74	0.138%	22.3
③	2.12	0.011	11.1	0.54	0.49	0.123%	16.1
④	2.29	0.020	6.22	0.91	0.27	0.795%	2.61
⑤	—	—	15.7	1.35	0.69	0.153%	23.7

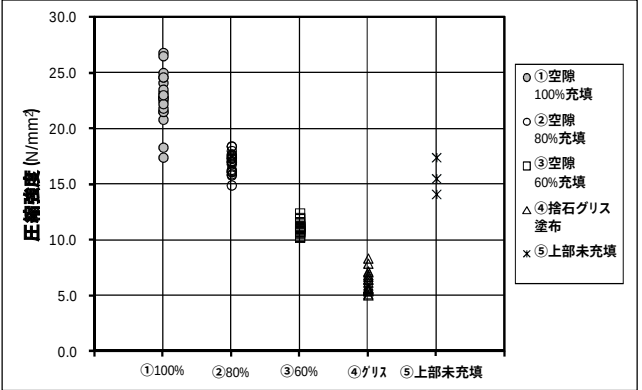


図-1 圧縮強度試験の結果

表-3 割裂引張強度試験の結果

No.	密度(g/cm ³)		割裂引張強度(N/mm ²)	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
①	2.27	0.018	2.12	0.14
②	2.18	0.011	1.87	0.13