

環境配慮型 TSC の検討 ～環境負荷を低減したグラウト材の開発に向けて～

芝浦工業大学 工学部 土木工学科

○野口 優理香

奥水 理咲

芝浦工業大学 工学部 先進国際課程 兼務 土木工学科

伊代田 岳史

1. はじめに

コンクリートは製造方法や施工環境などの要求性能に適応すべく、様々な種類が存在しており、その一つに予め型枠に粗骨材を敷き詰め、骨材間にグラウト材を充填することでコンクリートとする特殊な工法 Two Stage Concrete (以下 TSC) がある。TSC を用いることで、グラウト材のプレミックス化による材料運搬の容易化や粗骨材の現地調達により、コンクリートの運搬が困難な場所でも、要求性能を満たすコンクリートが作製できる。

既往の研究では、TSC は従来のコンクリートよりも圧縮強度が低く、遷移帯の連続や骨材間の空隙が原因による空隙率の増加が示されている¹⁾が、TSC の圧縮強度は粗骨材の種類に依存せず、グラウト材に膨張材を添加することで強度・耐久性が改善される結果が示された²⁾。一方、地球環境問題の深刻化から、脱炭素が注目されており、コンクリート分野では解体コンクリート塊から製造される再生骨材や、高炉スラグ微粉末 (以下 GGBS) の利用などが着目されている。そこで、粗骨材を再生粗骨材とし、充填するグラウト材に GGBS を用いた TSC は環境負荷に寄与できると考えた。

以上のことから、本研究では環境配慮型 TSC に向け環境負荷を低減したグラウト材の開発を目的とした。

2. グラウト材のフレッシュ性能評価

TSC は打込み時におけるグラウト材の注入状況の確認が困難であり、充填不良が懸念されるため、適切なグラウト材を選定する必要がある。そこで、グラウト材の要求性能である流動性と粘性の確認を行い、適切と評価したグラウト材について CO₂排出量を算出した。

2. 1 使用材料と配合

使用材料に環境負荷低減に寄与する GGBS、上澄み水を用い、セメント種を N、BB、BC とし、W/C=45~70%、S/C=0.2~1.0 と設定した。さらに流動性向上のために高性能減水剤 (SP) を 0.0~0.2 (C×%)、材料分離性向上のために粉体増粘剤 (ASK) を 0.0~1.0 (C×%)、骨材界面の空隙の緻密化のために膨張材 (CSA) を 0~20 (kg/m³) で添加した。細骨材はグラウト材の充填性向上のために 1.2mm ふるいを通過したものとし、これら

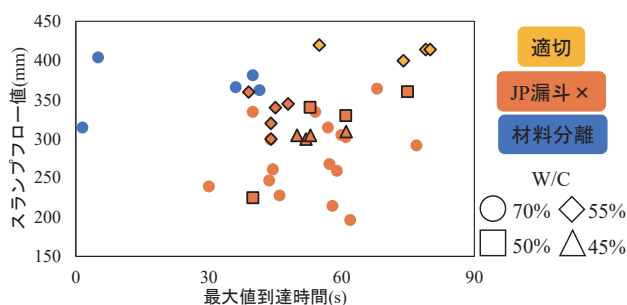


図1 フレッシュ試験結果

表1 適切と判断したグラウト材の配合

配合名	W/C (%)	S/C	SP (C×%)	ASK (C×%)	CSA (kg/m ³)	CO ₂ 排出量 (kgCO ₂ /t)
N	55	1.0	1.0	0.25	20	301.53
BB						180.82
BC						98.01
上澄み水 BC						98.01

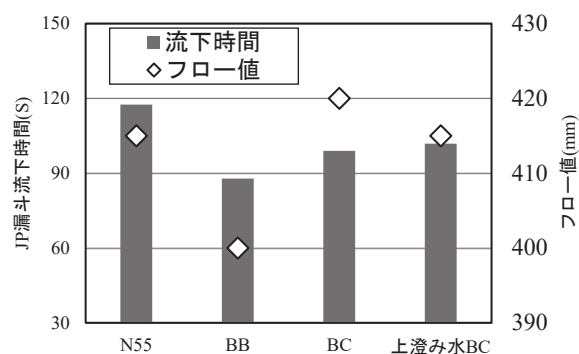


図2 適切と判断したグラウト材のフレッシュ試験結果

を組み合わせせた計 38 配合で試験を行った。

2. 2 試験項目

(1) スランプフロー試験

JIS A 1171 に準拠し、グラウト材のスランプフロー値 (以下フロー値) と最大フロー値の到達時間を計測した。

(2) JP 漏斗試験

JSCE-F 531-2018 に準拠し、グラウト材の流下時間を計測した。なお、グラウト材が漏斗内に留まった場合は不

適切なグラウト材とした。

2. 3 フレッシュ試験結果

設定した全配合のフレッシュ試験結果を図1に示す。試験終了5分後、目視にて材料分離が確認された場合には均一なグラウト材ではないと判断した。図1より、同程度のフロー値でも、最大到達時間にばらつきが見られた。そこでJP漏斗試験を実施し、適切な配合を選定した。大半の配合にて漏斗内にグラウト材の残留が確認されたため、不適切とした。適切と判断したグラウト材は表1に示した4配合となり、このフレッシュ試験結果を図2に示す。この結果から流動性と粘性が確保されたグラウト材は、フロー値が400mm以上を満たす必要がある。また、インベントリデータをもとに算出したプレミックス材のCO₂排出量も表1に示す。BC、上澄み水BCではCO₂排出量をNの3分の1程度に抑制可能であったことから、環境負荷低減に寄与するグラウト材であるといえる。

3. TSCの性能評価

フレッシュ試験で適切と判断したグラウト材にてグラウト材硬化体及びTSCを作製し各種試験を実施した。

3. 1 試験概要

環境負荷低減材料である再生粗骨材のうち、グラウト材の充填性の向上を目的に、粗骨材径10~40mmのものを使用し、450×200×300mmの供試体を作製した。

(1) 圧縮強度試験

材齢3日の供試体からφ100×200mmのコアを採取後、材齢28日まで標準水中養生を施してJIS A 1108に準拠し、圧縮強度試験を実施した。

(2) 空隙率試験

供試体から40×40×160mm程度の破片を採取し、アルキメデス法により空隙率を算出した。

3. 2 試験結果

圧縮強度試験結果を図3に示す。グラウト材硬化体における圧縮強度は若干の差が認められたが、TSCについて比較すると、配合によらず同程度となり、既往の研究と同じ傾向が認められた。このことからTSCはグラウト材に高い強度を必要としないことが示唆された。

3. 3 TSCの性能とフレッシュ性能の関係

TSCの空隙率とフロー値の関係を図4に示す。BCを除くと、フロー値が高いほど空隙率は低くなる傾向が認められた。これはグラウト材の充填の際に型枠内や骨材間の空気の排出に流動性が必要であることを示している。図3に示した圧縮強度試験の結果と比較すると、空隙率が低いほど圧縮強度が高いことがわかる。写真1にBCと上澄み水BCのコアの切断面を示す。空隙率が高く、圧縮強度が低いBCでは接断面においても空隙が確認できる。一方で、空隙率が低く、圧縮強度が大きい上澄み

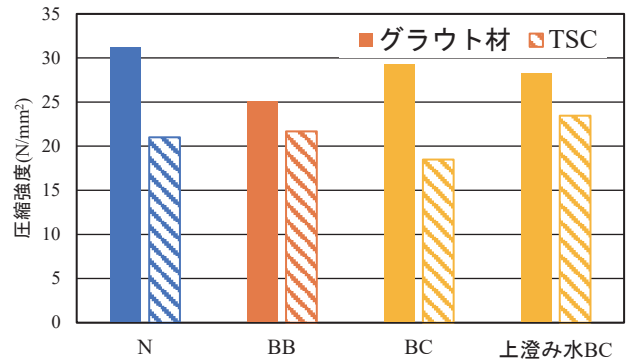


図3 圧縮強度結果

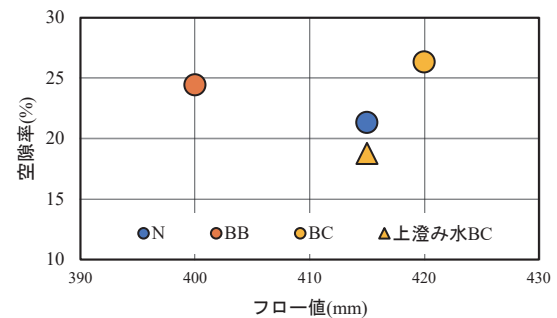


図4 TSCの空隙率とフロー値の関係

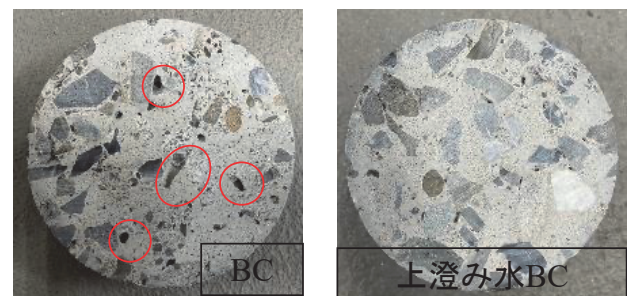


写真1 TSCの切断面

水BCでは空隙が確認できなかったため、TSCの強度は空隙率に依存すると言える。以上から、環境負荷低減に寄与するTSCの実現のためにグラウト材として400mm以上のフロー値を持ち、粘性を持ち合わせて、さらにTSCを作製した際の空隙率が低く、CO₂排出量がNの3分の1程度に抑えられる上澄み水BCを使用し、粗骨材に再生粗骨材を使用することが必要であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 澁谷亜香里ほか：再生碎石や廃棄バラストを使用したプレキャストコンクリートの適用性の検討、土木学会第74回年次学術講演会（2019）
- 2) 名古屋智樹ほか：事前に粗骨材を敷き詰めたコンクリートの骨材界面の改善方法の検討、第74回セメント技術大会（2020）