超高強度ひずみ硬化型モルタルの水中施工への適用性に関する検討

東亜建設工業(株)	正会員	○水田	潤 , 網野	貴彦
名古屋大学大学院	正会員	国枝	稔	
(独)港湾空港技術研究所	正会員	加藤	絵万, 川端	雄一郎
東京工業大学大学院	正会員	岩波	光保	

1. はじめに

超高強度ひずみ硬化型モルタル(以下,UHP-SHCC)は、高強度、高靱性、ひび割れ分散性、高い物質移動抵抗 性を持つ.筆者らは、この材料を利用した桟橋鋼管杭等の杭頭部補強ならびに干満帯・飛沫帯の防食を兼ねた工法 の開発を目的として、図-1に示すように水中に型枠を設置し、下方から上方に向けてUHP-SHCCを充填させる方法 を検討している.本稿では、水中に設置された型枠内にUHP-SHCCを注入する際に想定される水中通過前後の品質 (フロー、空気量、力学的性質)の変化について確認した.

2. 検討概要

本実験では、UHP-SHCCによる直径600mmの鋼管の巻立てを想定し、図 -2に示すように杭円周を展開した流動距離1,000mm,打込み高さ1,000mm, 厚さ30mmの型枠を用いた.また、型枠内には高さ1,000mmまで水を満た し、モルタル製造後ただちに型枠下方の注入孔からポンプにて注入した. 測定項目は、水中通過前後のUHP-SHCCのフロー、空気量、力学的性質(圧 縮強度、静弾性係数、引張強度・終局ひずみ)である.なお、水中通過前 の試料はUHP-SHCC製造直後のもの、通過後の試料は上方の排出孔から排 出されたモルタルから採取した.また、型枠の1面をアクリル板とし、注 入中の流動状況および型枠内の水の濁りの状況についても確認した.

本検討では,表-1に示す3つの配合のUHP-SHCCと水中不分離性モルタ ルを検討した.なお,Case2,3はCase1のUHP-SHCC硬化後の収縮抑制を 目的としてセメントの一部を石灰石微粉末により置換したUHP-SHCC¹⁾で ある.また,流動性の向上と製造時のエントラップトエアの低下を目的と して,混和剤も増量している.また,Case3はCase2と同じマトリックスで あるが,繊維混入率を増やしたものである.

3. 実験結果および考察

表-2に実験結果を示す. Case1とCase2を比較すると,使用材料および配



図-1 検討中の水中ライニング施工方法



図-2 型枠構造

				1							
ケース名		繊維 ¹⁾ 混入率	W ²⁾ /B	SF/B (%)	LP/(LP +C) (%)	EX/B (%)	S ⁷⁾ /B (%)	SP ⁸⁾ /B (%)	T ⁹⁾ /B	WR ¹⁰⁾ /B	A ¹¹⁾ /W (%)
		(vol.%)	(, , ,		$B=C^{3}+SF^{4}+L$	$P^{5} + EX^{6}$		(, , ,	(, -)	(, •)	(, .,
	Case1	1.5	22.0	15.0	0.0	2.7	9.9	2.0	0.44	0.0	0.0
UHP-SHCC	Case2	1.5	22.0	15.0	20.0	2.7	9.9	3.0	3.0	0.0	0.0
	Case3	2.0	22.0	15.0	20.0	2.7	9.9	3.0	3.0	0.0	0.0
水中不分離性モルタル	Case4	0.0	51.6	0.0	0.0	0.0	164.3	0.0	0.0	2.5	1.0
注1) 高強度ポリエチレン繊維(密度0.97g/cm ³ , 長さ6mm, 直径0.012mm),注2) 上水道水(混和剤含む),注3) Casel, 4は普通ポルトラン											
- ビセメント(密度216a/am ²) Case2 21は低効ポルトランビセメント(密度224 a/am ²) 注4)シリカフェール(密度220 a/am ² 比害毒種											

表-1 配合条件

注1) 高強度ポリエチレン繊維(密度0.97g/cm³, 長さ6mm, 直径0.012mm), 注2) 上水道水(混和剤含む), 注3) Casel, 4は普通ポルトラン ドセメント(密度3.16g/cm³), Case2, 3は低熱ポルトランドセメント(密度3.24 g/cm³), 注4) シリカフューム(密度2.20 g/cm³, 比表面積 200,000cm²/g), 注5) 石灰石微粉末(密度2.7 g/cm³, 比表面積5,000cm²/g), 注6) 膨張材(密度3.10 g/cm³, エトリンガイト・石灰複合系), 注7) Case1~3は硅砂7号(表乾密度2.68 g/cm³), Case4は山砂(表乾密度2.61g/cm³), 注8) 高性能AE減水剤(ポリカルボン酸系), 注9) 消 泡剤(ポリエーテル系), 注10) 流動化剤(メラニンスルホン酸系化合物), 注11) 水中不分離性混和剤(セルロースエーテル系)

キーワード 超高強度ひずみ硬化型モルタル,モルタルライニング,モルタル注入,水中打設 連絡先 〒230-0035 横浜市鶴見区安善町1丁目3 東亜建設工業(株)技術研究開発センター TEL045-503-3741

	ケース		フロー JIS R 5201	空気量 JIS A 1128	E縮強度 JIS A 1108	静弹性係数 JIS A 1149 (kN/mm ²)	ー軸引張試験 (文献 2)による)	
			(mm)	(%)	(N/mm^2)		引張強度(N/mm²)	終局ひずみ(%)
UHP-SHCC	Case1	水中通過前	126	6.0	107.9	27.2	6.61	1.61
		水中通過後	125	2.7	126.7	29.0	6.87	1.55
	Case2	水中通過前	148	1.8	109.8	27.8	5.71	1.91
		水中通過後	149	0.8	112.6	30.3	5.30	1.92
	Case3	水中通過前	135	2.6	106.8	28.4	—	—
		水中通過後	132	1.5	106.1	32.3	—	—
水中不分離性モルタル	Case4	水中通過前	220	5.0	36.5	20.9	—	—
		水中通過後	217	3.6	41.9	21.0	—	—

表-2 実験結果一覧

合の改善により、Case2の水中通過前のフローはCase1に比べて大きくなり、 空気量は低減された.またCase3は、繊維混入率の増加により、Case2よりも フローは低くなり、空気量はわずかに大きくなった.水中通過前後で比較す ると、フローについてはいずれのケースもほとんど変化がなかった.また、 空気量はいずれのケースも水中通過前に比べ通過後のほうが小さくなる傾 向を示し、空気量の低下はCase1が最も大きかった.

カ学的性質については,表-2に示すように,Case2およびCase3では水中通 過による影響はほとんど確認されなかった.また,水中通過前後の空気量の 低下が大きかったCase1は,通過後の圧縮強度が大きくなった.なお,Case1 の水中通過前後の一軸引張試験の結果を図-3に例として示すが,供試体ごと のばらつきは若干みられたものの,引張強度および終局ひずみは,表-2に示 すCase2と同様に,水中通過前後でほとんど違いは見られなかった.

写真-1に、Case1、Case2のUHP-SHCCの型枠内の流動状況および水の濁り の状況を示す.流動状況については、いずれの配合もほぼレベリング性を保 ちながら充填した.一方、水の濁りついては、Case2は濁りの発生がほとん ど確認されなかったが、Case1では濁りが発生した.Case1のUHP-SHCCは製 造直後のエントラップトエアが多かったため、この空気が水中通過中に解放 され上方に巻上がったことで濁りが生じたと考えられる.ただし、前述のと おり、Case1では水中通過前後の力学的性質の変化はほとんどなかったこと から、この配合のUHP-SHCCにおいても水中施工が可能であると考えられる.

以上のことから、今回検討した配合のUHP-SHCCを水中に注入する場合で も、強度の割増しや繊維の増量、水中不分離性混和剤の添加等の考慮が不要 であり、気中施工と同様の力学的性質を確保できることがわかった.

4. まとめ

今回検討した配合のUHP-SHCCは、水中通過させた場合でも、気中施工と 同等の力学的性質を確保でき、水中施工が可能であることがわかった.なお、 本研究の一部は、国土交通省「平成24年度建設技術研究開発助成」により実 施したものである.

参考文献

- 1) 国枝ら:石灰石微粉末を添加した超高強度ひずみ硬化型モルタルの材料 特性の評価,コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, 2011
- 2) 土木学会:コンクリートライブラリー127 複数微細ひび割れ型繊維補強 セメント複合材料設計・施工指針(案),試験-5~試験-8,2007



※(×)は、載荷開始前から試験体が破損 していたため、表-2の一軸引張試験の 引張強度および終局ひずみの平均処理 から除外した。

図-3 一軸引張試験の結果



(a) Case1



(b) Case2 写真-1 濁りの発生状況