ひび割れを有する超高強度ひずみ硬化型モルタルの鋼材防食性能に関する検討

東亜建設工業(株)	正会員	○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	岩波	光保
東亜建設工業(株)	正会員	田中	亮一

1. 目的

超高強度ひずみ硬化型モルタル(以下,UHP-SHCC)は、 引張応力作用下において幅20µm程度以下の複数微細ひび割 れを生じる.ひび割れの発生はUHP-SHCCの物質移動抵抗性 の低下を招くが,水が供給される環境下では自己治癒により ひび割れ発生前と同程度まで物質移動抵抗性が回復するこ とが確認されている¹⁾.このような特長を持つUHP-SHCCを 港湾鋼構造物のライニング材として適用した場合,鋼材の防 食性の確保に大きく寄与できる可能性が考えられる.そこで 本検討では,ひび割れを有するUHP-SHCCにより被覆した鋼 板を海洋環境下に曝露し,鋼材防食性能を調査した.

2. 検討概要

本検討では、サンドブラスト処理した鋼板に D13 鉄筋を 2 本溶接し ($^{B}150 \times ^{L}530 \times '6$ mm: 図-1参照),表-1に示す 配合の UHP-SHCC (繊維混入率 1.5, 2.0%)を厚さ (30, 50mm) となるように打ち込んだ. UHP-SHCC 打込み後は、恒温室 内 (20° 一定) にて約1ヵ月養生し、図-2に示す載荷系に より表-2に示す曲げひずみ (純曲げ区間 100mm に対する 平均ひずみ)を UHP-SHCC 表面に与えて微細ひび割れを導 入した.その後、ひび割れ面を曝露面として鋼板を含むそれ 以外の面すべてをエポキシ樹脂にて被覆し、横須賀市に立地 する桟橋下の飛沫帯に試験体を曝露した (図-3参照). 試 験体は曝露開始から約1年後に回収し、図-1に示す位置に て交流インピーダンス法による分極抵抗を測定した.さらに、 UHP-SHCC を鋼板から剥がし、図-4に示す切断面におけ



表-1 UHP-SHCC の配合

	水結合	水結合 砂結合	法会 繊 維	単位量 (kg/m ³)							
			混入率	7/2	セメント	シリカフ	膨張材	砂	繊維	高性能 AE	消泡剤
	11 12	1110	(%)	八	注 1)	ューム ^{注 2)}	注 3)	注 4)	注 5)	減水剤 ^{注 6}	注7)
	0.22	0.10	1.5	357	1340	243	40	162	14.6	32.5	7.14
	0.22	0.10	2.0	355	1333	242	40	161	19.4	32.3	7.11
注	1) 普通ホ	ポルトラン	ドセメント	、(密周	$ {\it E}: 3.16 {\it g/cm}^3) $, 注 2) シリ	リカフューム	、(密度	: 2.20g/cm	n ³ ,比表面積:2	$200,000 \text{ cm}^2/\text{g})$
注	3) エトリ	ンガイト・	石灰複合	系膨張	材(密度:3.1	l0g/cm ³) , 注	4) 硅砂 7	号(密度	: 2.68g/c	m ³)	
注	注 5)高強度ポリエチレン繊維(密度:0.97g/cm ³ ,直径:0.012mm,長さ:6mm,弾性係数:88GPa,引張破断強度:2700MPa										
注	6) 高性能	EAE 減水済	刂(密度:	1.10g/	cm ³ , ポリカル	~ボン酸系),	注 7)消泡	〕剤(密度	E: 1.00g/a	cm³, ポリエーラ	テル系)

キーワード 超高強度ひずみ硬化型モルタル,鋼材防食性能,ひび割れ,海洋曝露,塩化物イオン浸透深さ 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 る塩化物イオンの浸透状況(0.1N 硝酸銀溶液を噴霧),および鋼板表面の腐食状況を観察した.

3. 実験結果

図-5に、鋼板の分極抵抗と UHP-SHCC 表面に導入した最 大曲げひずみの関係を示す.これによれば、繊維混入率 2.0%、 ライニング厚さ 30mm、最大曲げひずみ 1.51%のケースにおい て分極抵抗が若干小さく計測されたが、その他のケースでは最 大曲げひずみの大小によらずほぼ同じ値を示していた.また、 CEB による腐食速度の判定基準²⁾により鋼板の状態を判定した ところ、いずれの試験体も不動態状態(腐食なし)であった. これより、UHP-SHCC にひび割れが存在し、厳しい塩害環境に 曝された場合においても、UHP-SHCC 被覆された鋼板はほとん ど腐食が進行しない状態に保持されることがわかった.

図-6および**図-7**に、繊維混入率 1.5%、ライニング厚さ 30mm,最大曲げひずみ 1.5%を導入させた試験体の塩化物イオ ンの浸透状況および内部鋼材の腐食状況の結果を一例として 示す. これによれば、塩化物イオンはひび割れに沿って浸透す るが、その深さは定着鉄筋付近までに留まっていた(ひび割れ のない箇所では3mm程度).また、塩化物イオンが到達した箇 所の定着鉄筋には軽微な腐食が見られたが、鋼板の表面には腐 食はまったく確認されなかった(他のケースも同様).なお、 図-7からわかるように、鋼板の表面にはひび割れのような痕 跡が見られており、ひび割れは鋼板の表面にまで達していた可 能性が考えられる. 定着鉄筋は UHP-SHCC 表面のひび割れ分散 性の向上を期待して配置したものであるが、定着鉄筋より深い 位置の鋼板表面における UHP-SHCC のひび割れ幅を抑制する 効果もあったことが推測される.この効果により、塩化物イオ ンの浸透を定着鉄筋までに留めることができ、結果として鋼板 表面の腐食を防止できた可能性が考えられる.

4. まとめ

ひび割れを有するUHP-SHCC被覆鋼板を飛沫帯の海洋環境に 約1年間曝露した結果,塩化物イオンはひび割れに沿って浸透 するが,ライニング厚さが30mm確保されていれば,UHP-SHCC 表面に1.5%程度の大きな曲げひずみが作用した場合であって も,鋼板に対する防食性能を保持できることを確認した.ひび 割れを有するUHP-SHCCの鋼材防食性能については,今後もさ らに曝露を継続して確認していく予定である.

表-2 UHP-SHCC 表面に与えた曲げひずみ (純曲げ区間 100mm に対する平均ひずみ)

繊維混入 率(%)	ライニング 厚さ(mm)	最大曲げひずみ (徐荷後の残留ひずみ)				
1.5		0.00 (0.00)				
	30	0.57 (0.23)				
		1.51 (0.44)				
		0.00 (0.00)				
	50	0.50 (0.21)				
		1.51 (0.51)				
2.0		0.00 (0.00)				
	30	0.51 (0.29)				
		1.51 (0.46)				
		0.00 (0.00)				
	50	0.50 (0.27)				
		1.51 (0.56)				



0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 UHP-SHCC表面の最大曲げひずみ(%) 図-5 分極抵抗と最大引張ひずみの関係



※白色部が塩化物イオンの浸透を表す 図ー6 塩化物イオンの浸透 および定着鉄筋の腐食状況



図-7 鋼板表面の腐食状況

なお、本研究の一部は、国土交通省「平成23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) 森本ほか:超高強度ひずみ硬化型セメント系複合材料の自己治癒特性,コンクリート構造物の補修,補強,ア ップグレードシンポジウム論文報告集,第9巻, pp.245-252, 2009.10
- 2) 日本コンクリート工学会:コンクリート診断技術'12 [基礎編], p.167, 2012.1

-206