

現地レポート

超高強度ひずみ硬化型モルタル(UHP-SHCC)を用いた 表面保護工の施工

田中一能* 松本康弘** 高橋 衛***

1. はじめに

近年、コンクリート構造物などの道路構造物において、早期劣化や損傷が生じており、合理的な補修・補強工法の確立が急務となっている。とりわけ、RC床版の疲労対策、塩害、中性化やASRによるコンクリート構造物の劣化などが重要な課題である。今回、中性化により鉄筋腐食した壁高欄の補修に際し、断面修復工と表面被覆工の両者の役割を担うハイブリッド表面保護工として、第15回新道路技術会議において優秀技術研究開発賞を受賞した超高強度ひずみ硬化型モルタル(UHP-SHCC: Ultra High Performance-Strain Hardening Cementitious Composite)を適用した。当該材料の緻密さを生かした硬化後の材料の耐久性等については既往の知見等¹⁾が参照できることから、ここでは特にその施工性について報告する。

2. 超高強度ひずみ硬化型モルタル(UHP-SHCC)を用いた表面保護工の考え方

UHP-SHCCは、セメント、シリカフェーム、ケイ砂等をプレミックスした粉体に、高強度ポリエチレン(PE)繊維を体積比で2%程度混入している。高強度および緻密さを確保するために、低水結合材比(0.22)を採用するとともに、自己収縮や乾燥収縮の低減およびひび割れ後の引張力を

負担させるためにPE繊維を混入している。材齢28日における圧縮強度が80MPa程度、引張強度が8MPa程度であり、材齢91日での圧縮強度は110MPa程度まで増加することが確認されている。

また、引張強度時のひずみが2.0%以上と大きく、ひび割れ幅を約0.05mm以下に抑制することが可能であるためひび割れ発生後においても耐久性の急激な低下が少ない。さらにはく落に対する抵抗性も付与できる点に特徴がある。なお、ひび割れの少ないUHP-SHCCは、通常のコンクリートに比べ塩化物イオン拡散係数、透気係数ならびに透水量が小さく、耐久性に優れた材料であるため、ハイブリッド化した場合の断面修復工のかぶりを小さくすることも可能となる。UHP-SHCCを用いたハイブリッド表面保護工の適用にあたり、その優位性を表-1に示す。



写真-1 高強度ポリエチレン(PE)繊維

表-1 UHP-SHCCを用いた表面保護工の優位性

(1)シームレスな保護層の確保	物質移動に対する抵抗性向上のため、保護層のシームレス化が望ましい。現場施工(湿式吹付け工法)を採用し、施工性を確保しつつ、ジョイントのない保護層の確保を可能としている。
(2)モニタリングに寄与できる施工厚	当該表面保護工では、10mm程度の施工厚を確保することにより、経年後にドリル法により塩化物イオンの侵入深さをモニタリングでき、維持管理の信頼性の確保に寄与できるメリットがある。
(3)施工プロセスの簡略化	通常の断面修復工と表面保護工との併用時に、それぞれの工法が必要とする施工プロセス(例えば、プライマー工)が簡略化できる。
(4)引張力の利用	引張力を負担できることから、はく落に対する抵抗性が期待できる。

3. 壁高欄へのハイブリッド表面保護工の適用

今回、一般国道23号の壁高欄へハイブリッド表面保護工法を適用した。

一般国道23号の対象区間は日交通量14万台で大型車混入率約30%の重交通路線である。図-1に国道23号大高避溢橋の位置図を示す。対象橋梁の大高避溢橋は1975年竣工で築38年が経過している。車からの排ガスや鉄筋のかぶり不足が相まって写真-2に示すように中性化による損傷が著しいため、壁高欄の補修工事を実施することとなった。



図-1 位置図

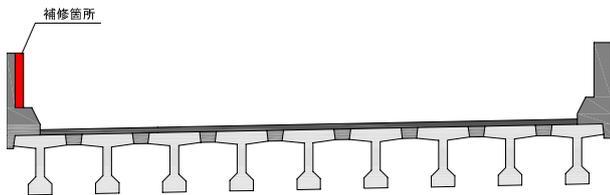


図-2 断面図

かぶりがはく落していない部分についても、今後腐食が顕在化していくことが予想されることから、全面について鉄筋が露出するまでコンクリートを除去し、断面修復も兼ねたハイブリッド表面保護工を適用する方針とした。



写真-2 対象とした壁高欄の劣化状況

表-2に示すように、比較のためにアクリル樹脂系のポリマーセメントモルタル(PCMとよぶ)による断面修復工、および同様の断面修復工にエポキシ樹脂系の表面被覆工の施工も実施した。各工法の施工は、それぞれ約15mの区間で実施した。

4. 補修の状況

施工は、高速回転型パン型モルタルミキサーを用いて練り混ぜた UHP-SHCC をポンプで圧送後、圧縮空気により吹付けを行い、左官コテなどで粗仕上げを行い、その後、被膜養生剤を噴霧機又はローラーで散布して再度左官コテで仕上げを行っている。施工手順を写真-3に示す。コテによる仕上げは平滑な表面とするのに手間を要した。施工表面には混入した高強度ポリエチレン(PE)繊維が見られた。施工表面と混入したPE繊維を写真-4に示す。

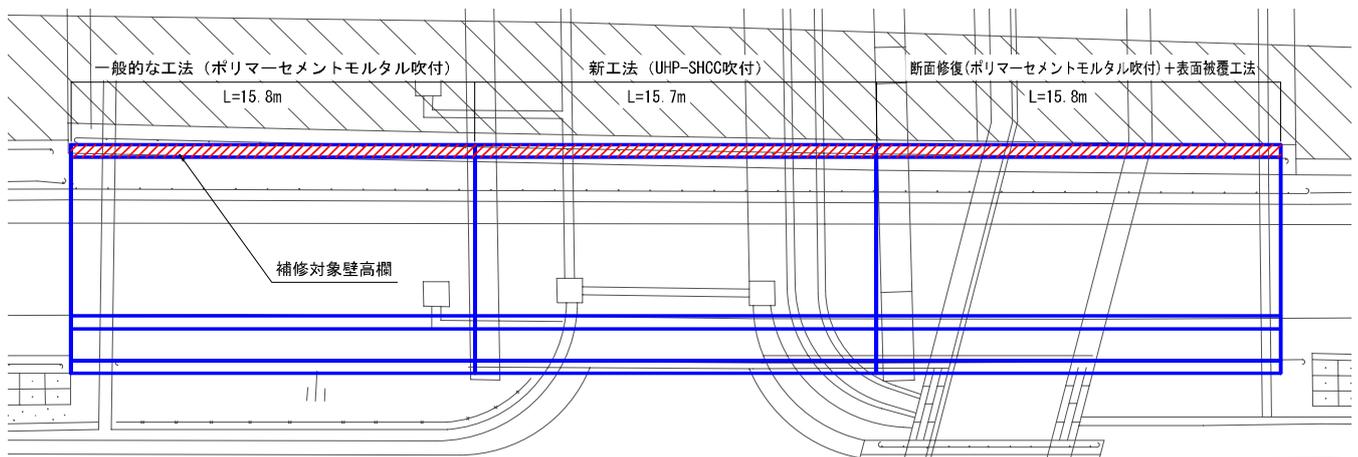


図-3 平面図



(a) コンクリートのはつり (共通)



(b) UHP-SHCCの吹付け



(c) こて仕上げ



写真-4 施工表面と混入した高強度ポリエチレン (PE)繊維

UHP-SHCCおよびPCMによる断面修復工では、施工の工程が同様であることから、施工に要する時間も同程度であり、防錆処理後の工程が10時間以内で終了した。一方、PCMによる断面修復工と表面被覆工の場合には、上述のPCMによる断面修復の工程に加えて、プライマーの塗布、パテによる下地調整、中塗り、上塗りの工程が必要であり、さらにはそれぞれの工程後に養生時間が必要となる。今回の施工では、表面被覆材の施工について防錆処理後に2日間の時間が必要であった。

写真-3 施工状況

表-2 工法比較

	① 新工法 (UHP-SHCC吹付)	② 一般的な工法 (ポリマーセメントモルタル吹付)	③ 断面修復 (ポリマーセメントモルタル吹付) + 表面被覆工法
概要	 (表面保護を兼ねた断面修復) 全面にUHP-SHCCを吹付け 既設断面+10mmまでこて仕上げ (吹付け厚10mm(施工可能最小厚))	 (断面修復工) プライマー塗布 全面にPCMを吹付け 既設断面+15mmまでこて仕上げ (吹付け厚15mm(施工可能最小厚))	 (断面修復工) プライマー塗布 全面にPCMを吹付け 既設断面まで (表面被覆工) 下塗り(エポキシ樹脂プライマー) 下地調整(エポキシ樹脂パテ) 中塗り(エポキシ樹脂中塗り塗料) 上塗り(フッ素樹脂上塗り塗料)
経済性	ハリツ工 t=50mm 吹付工 t=60mm 左官工 (施工時に現場状況を確認したところ損傷程度が大きく、ハリツ厚をt=10→t=50に変更) △	ハリツ工 t=50mm 吹付工 t=65mm 左官工 (ハリツ厚①と同様) ○	(断面修復工) ハリツ工 t=50mm 吹付工 t=50mm 左官工 (ハリツ厚①と同様) (表面被覆工) 下塗り、下地調整 中塗り、上塗り △
施工時間	0.6時間/m (実作業時間: 10時間)	0.6時間/m (実作業時間: 10時間)	1.5時間/m (実作業時間: 3日)
施工性	<ul style="list-style-type: none"> 一般的な吹付機械で施工可能であった。 既設コンクリートとの付着性が高いため、プライマー塗布が不要で、施工時間が短縮できた。 他工法に比べこて仕上げがやや困難であった。 施工時間が短いため、一般交通への影響を軽減できた。 	<ul style="list-style-type: none"> 一般的な吹付機械で施工可能であった。 既設コンクリートとの接着のため、プライマー塗布が必要であった。 こて仕上げが容易であった。 施工時間が短いため、一般交通への影響を軽減できた。 	<ul style="list-style-type: none"> 一般的な吹付作業で施工可能であった。 表面被覆は工程を数日に分けて行う必要があるため、工期が長くなった。 こて仕上げが容易であった。 表面被覆に日数を要するため、一般交通への影響は大きかった。
特長	<ul style="list-style-type: none"> 強度の発現が早かった。 強度発現55MPa程度(7日) 表面仕上げで細かい凹凸が残り、歩行者の手が触れるような場所、見栄えの良さが求められる場所には向かない。 	<ul style="list-style-type: none"> 強度の発現が緩やかであった。 強度発現27MPa程度(7日) 	<ul style="list-style-type: none"> 強度の発現が緩やかであった。 強度発現27MPa程度(7日)

5. 工法比較

表-2に、各工法の比較を示す。

今回、施工時にハツリ厚が増加したため、吹付厚も増加し、UHP-SHCC工法は既存の工法に比べてコスト面で若干高くなったが、施工面において作業工程が少なく容易に施工が可能であること、品質管理面で強度の発現が早いなどの特長が確認された。また施工時間が短く交通規制に伴う影響も少なかった。

施工3ヶ月後の劣化状況は、表面上のひびわれの発生、表面被覆のはがれ、浮き等の異常は特に発生していない。

壁高欄の表面保護を対象とした3工法の比較によって、施工時間短縮という観点からUHP-SHCCを用いた表面保護工の優位性が確認できた。道路インフラの補修において、工期短縮により一般交通への影響軽減による社会便益コスト削減も求められており、今後の発展性が期待できる。また、耐久性の急激な低下が少ない特長について、引き続きモニタリングしていく予定である。

6. おわりに

UHP-SHCCは、緻密で中性化に対する抵抗性以外に塩化物イオンの侵入に対する抵抗性も高く、そのため、融雪剤の散布による塩害の多い寒冷地や飛来塩分の多い海岸付近の構造物に対する表面保護工としての適用性が高いと考えられる。また透水性が通常のコンクリートの1/100～1/1000と低いため、ASRの抑制を目的とした表面保護工や用水路の摩耗防止や表面保護工としての適用性も高いと考えられる。

謝 辞

本工法の開発者である名古屋大学の中村光教授、国枝稔准教授には、今回の試験施工において直接ご指導をいただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 国枝稔、林承燦、上田尚史、中村光：超高強度ひずみ硬化型モルタルを用いた表面保護工の補修効果、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集、第12巻、pp.31～38、2012
- 2) 国枝稔、中村光、田中一能、松本康弘、林承燦、寺本義彦：超高強度ひずみ硬化型モルタルを用いたハイブリッド表面保護工の開発、土木学会平成24年度研究発表会講演概要集、pp.407～408、2013

田中一能*



国土交通省中部地方整備局
高山国道事務所 副所長
(前 中部地方整備局道路
部道路工事課 課長補佐)
Kazuyoshi TANAKA

松本康弘**



国土交通省中部地方整備局
名古屋国道事務所管理第二
課長
Yasuhiro MATSUMOTO

高橋 衛***



国土交通省中部地方整備局
名古屋国道事務所環境整備
課専門官(前 管理第二課
専門官)
Mamoru TAKAHASHI