

タフメッシュによる剥落対策の施工事例

山村 康夫¹・松岡 茂^{1*}・加古 昌之²

¹正会員 鉄建建設株式会社 エンジニアリング本部 研究開発部 (〒286-0825 千葉県成田市新泉9-1)

*E-mail:shigeru-matsuoka@tekken.co.jp

²正会員 鉄建建設株式会社 エンジニアリング本部 技術企画部 (〒101-8366 東京都千代田区三崎町2-5-3)

コンクリート構造物の剥落対策工の一つに、繊維シート接着工法がある。これは、炭素、アラミド、ガラスなどの補強繊維に、現場で樹脂を含浸して接着するものであるが、(1)使用材料や工程数が多く施工費が割高、(2)接着面に気泡が残りやすく施工品質の安定性確保が難しいという問題があった。

タフメッシュは、特殊ポリプロピレン繊維と透明なアクリル樹脂を、工場でフィルム状に成型したもので、これを接着材で貼り付けてコンクリート片の剥落を防止する。工期短縮に優れており、供用中の道路・鉄道トンネルの補修工事などにも適用できる。

①使用材料の種類・工種が少なく施工費が廉価。②シートが薄く軽いので施工性が良い。③樹脂の含浸が不要なので、施工品質が安定している。④引張強度と伸び性能に優れており、伸縮目地などにも対応できる。⑤仕上がりが透明で下地状況の長期的な観察ができる。⑥耐候性や難燃性に優れ、明かり構造物にも適用できる。といった優れた特徴を備えている。

本件は、タフメッシュによる補修工事の適用事例について紹介する。

Key Words : spalling prevention, concrete, Tough Mesh Sheet

1. はじめに

わが国の高速道路整備事業は、昭和30年代後半から昭和50年代前半に集中的に行われており、近年、施設の経年劣化による損傷が顕在化する傾向がある。こうした、コンクリート構造物の経年劣化に起因する損傷に対しては、継続的に補修を行っているが、供用開始後25年を経過すると損傷の発生頻度が急激に増加する傾向¹⁾があるため、近年、補修の規模や頻度が増加する傾向にある。

これら補修対象となる損傷の中には、構造物自体の安全性には全く影響を与えることのない極めて小規模なものも含まれるが、たとえ小さな損傷であっても、そこからコンクリート片がはく落して、第三者を巻き込む重大事故を引き起こす危険性もあることから、規模の大きさに係わらずはく落防止対策は不可欠となっている。

筆者らは、強化材となる補強繊維と樹脂が一体となった透明のFRP(繊維強化プラスチック)シートをコンクリート表面に貼り付けることにより、短時間で簡単にはく落防止対策工を実施することができるタフメッシュ工法を開発し、その性能と施工性を確認した。

本件は、タフメッシュ工法の概要と補修工事への適用事例について紹介する。

2. タフメッシュ工法の概要

コンクリート構造物を対象としたはく落対策工法の一つに、繊維シート接着工法がある。これらの工法は、図-1に示すように炭素繊維、アラミド繊維、ガラス繊維などの補強繊維に、接着樹脂となる下塗り材および中塗り材を含浸させながら、補修箇所の表面に貼り付けることによりコンクリート片のはく落を防止するものであり、その設計手法も確立されている。しかし、(1)使用する材料、工程数が多いため施工費が高価になる、(2)含浸が不十分で繊維と樹脂の間に気泡が残ってしまうと接着力が低下する、(3)樹脂の塗りムラや層厚の不均一など品質管理が難しいといった問題があり、簡便で効果的な対策方法の確立が望まれていた。

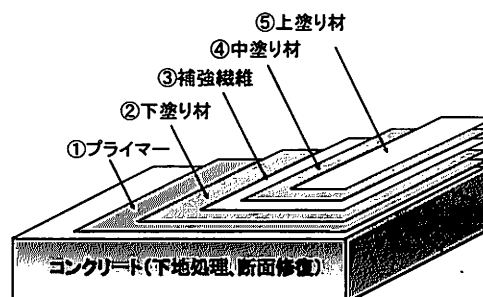


図-1 従来の繊維シート接着工の概要

今回開発したタフメッシュ工法は、表-1に示すように、三軸特殊ポリプロピレン繊維とPMMA（メタクリル酸メチル）の透明樹脂で構成されたシートを、図-2に示すように接着樹脂で貼り付けるだけという簡易な方法で施工できるので、従来工法に比べて使用する材料、工程数が少なく、短時間で施工が完了し、施工品質を目視で確認することができる構造となっている。

タフメッシュ工法の特徴をまとめると、図-3に示すようになる。(1)使用する材料、工程数が少なく施工費が廉価である。(2)従来の繊維シートと比較してシート自体が非常に薄く軽いので施工性に優れている。写真-1に示すように、ロール状に巻いた状態で現場に搬入することができ、はさみなどで切断できるので、損傷箇所に合わせてその場で裁断することができる。(3)工場で成型するため、樹脂の含浸の不均一による品質のばらつきがなく、施工品質が安定している。(4)引張強度と伸び性能に優れ伸縮目地などにも対応できる。(5)シートおよび接着樹脂が透明なので、施工時は補修面との密着状況を目視で確認でき、施工後も下地の状況を観察することができる。(6)屋外で使用する場合、従来の繊維シート接着工では紫外線による表面の劣化が問題となるため、一般に上塗り材として仕上げ塗装を施しているが、タフメッシュは、NEXCO 総研が定めている繊維シートの耐久性能²⁾を満足しており、塗装による保護層を省略できる。(7)NEXCO のトンネル覆工補修材料としての自己消火性および有毒ガスの規定³⁾に適合している。

以上の点から、タフメッシュ工法は従来工法に比べて施工日数を短縮することが可能であり、供用中の構造物の補修工法として優れた特徴を備えている。

表-1 タフメッシュシートの仕様

材質	樹脂	PMMA（メタクリル酸メチル樹脂）
	強化材	高密度ポリプロピレン繊維
目付量		490 g/m ²
引張強さ		38.1 N/mm ²
厚さ		約 0.5 mm
重量		約 557 g/m ² （保護フィルムを含む）

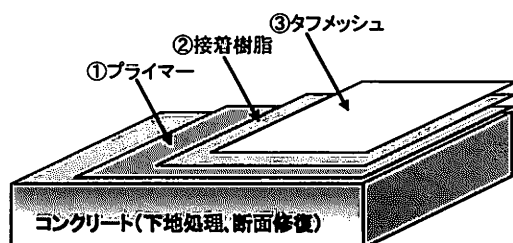


図-2 タフメッシュ工法の概要

3. タフメッシュ工法の施工事例

(1) 鉄道トンネル

タフメッシュ工法による鉄道トンネルの補修事例として、コンクリートブロック造の非電化単線トンネルについて紹介する。本トンネルは、建設当時から漏水が著しく、漏水対策としてH形鋼を建て込み、コンクリートで巻き立てた内巻コンクリート補強工を実施しており⁴⁾、現状で覆工表面の漏水は見られていない。一方、同トンネルは海岸線から約50mと非常に近接しており、飛来塩分等の影響により、H形鋼表面の著しい腐食やH形鋼間をつなぐタイロッドの腐食（爆裂）による内巻コンクリートの剥落が確認されている。

今回の補修は、H形鋼などの鋼材腐食に起因するコンクリート片の剥落を防止することを目的として、図-4に示すように列車運行に直接影響するアーチ部分について実施した。工事は、列車運行を確保するために、列車運行が終了した夜間に実施した。

コンクリート表面は、写真-2に示すように型枠目地等の凹凸があり、コンクリート片の剥落などによる局所的な欠損も見られた。表面の凹凸については、ウォータジェットを用いた下地処理により平滑化してから施工する方法が一般的であるが、供用中であることから採用が困難であった。そこで、コンクリート表面の汚れ等をサンダーで除去して施工することとし、凹凸についてはタフメッシュ用接着樹脂で平滑化してシートを貼り付けることとした。なお、タフメッシュ用接着樹脂は、通常の繊維シート接着工に用いられる含浸樹脂と比べて粘性が高く厚塗りが可能である。

- (1)使用材料の種類・工数が少ない ⇒ 施工費が廉価
- (2)シートが薄くて軽い ⇒ 施工性が良い
- (3)補強繊維への樹脂含浸が不要 ⇒ 施工品質が安定
- (4)引張強度と伸び性能に優れる ⇒ 伸縮目地にも対応
- (5)仕上りが透明 ⇒ 下地状況の長期観察が可能
- (6)紫外線劣化が少ない ⇒ NEXCO耐侯性試験に適合
- (7)トンネル覆工補修に対応 ⇒ NEXCO延焼性試験に適合

図-3 タフメッシュ工法の特徴

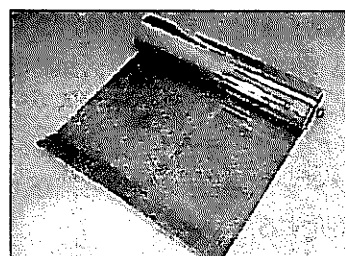


写真-1 タフメッシュシート（幅1m×30m/巻）

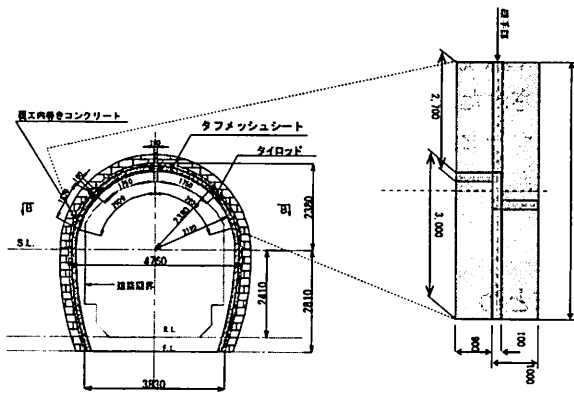


図4 トンネル断面図 (鉄道トンネル)

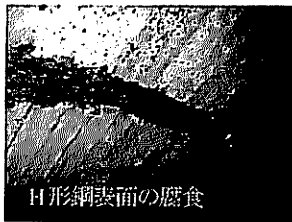


写真2 補修前の状況 (鉄道トンネル)



写真3 タフメッシュ施工状況 (鉄道トンネル)

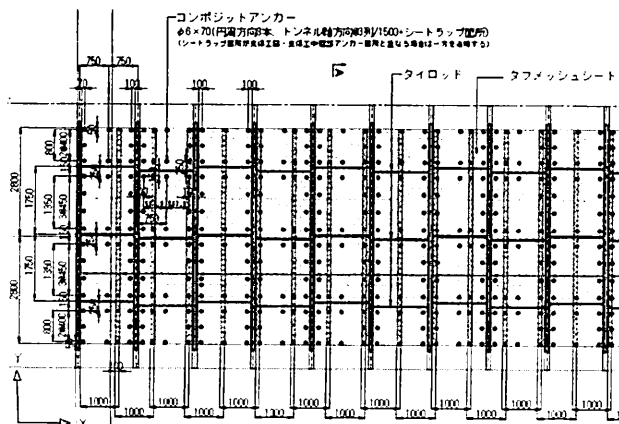


図5 補修箇所展開図 (鉄道トンネル)

また、施工面には補強部材として一定間隔に配置したH形鋼の表面が露出しており、この部分が腐食していることから、表面の浮き錆を除去し防錆材を塗布したのち、上からタフメッシュを施工し、塩分等の浸入を防止することとした。その際、H形鋼とコンクリート面との段差が大きい箇所や断面の欠損がある箇所は、ポリマーセメントですり付けおよび断面修復を行った。写真3に施工状況を示す。なお、図5に示すように、H形鋼およびタイロッドの両脇については、将来的に浮き等が発生する可能性があるため、コンボジットアンカーを併用して施工した。

(2) ボックスカルバート

予防保全の観点から、新設のボックスカルバートの内面をタフメッシュで施工した事例について紹介する。施工範囲は、図6に示すように上床版と側壁のハンチ部を含む上床全体をタフメッシュで覆った。特に、写真4に示すようなシートの浮きが生じやすいハンチ部や、坑門付近のウイング部など隅角部については、あらかじめシートに折り目を付けておくことにより、容易に施工することができた。また、10～11m毎に設けられた打継ぎ目地部については、躯体の埋め戻し時の影響で50mm程度の変位が予想された。タフメッシュの場合、シート自体の伸び性能が9%程度と他の繊維に比べると大きいものの、シートの伸びだけでは50mmの変形量に追従することは困難であった。そこで、タフメッシュを工場で熱処理して凸型に成型したものをを用いて施工した。図7に施工概要を、写真5に施工状況を示す。目地部については、伸び代(自由長)を確保するために未接着区間を設けてシートを浮かせるようにして貼付けたが、あらかじめシート自体に凸型を付けておいたため、ハンチ部を含めて容易に施工することができた。

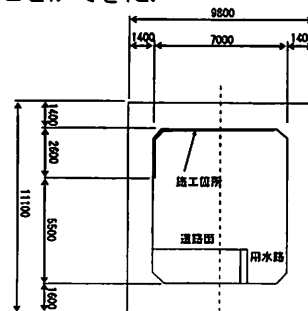


図6 補修面断面図 (ボックスカルバート)

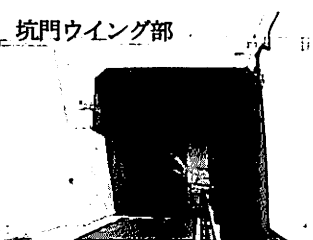


写真4 タフメッシュ施工状況 (ボックスカルバート)

別の事例として、タフメッシュの優れた施工性を生かして、損傷部分を短時間に補修した事例を写真6に示す。これは、国土交通省が管轄する供用中のボックスカルバートの天井部に損傷が発見され、その部分をタフメッシュで補修したものである。補修対象は、幹線道路である

ため、車線規制をできるだけ少なくしたいとの要望から、1回の車線規制（夜間のみ）で施工できるタフメッシュが採用された。施工は、不良箇所をハンマーで叩き落としポリマーセメントで断面を修復後、タフメッシュを貼付けた。

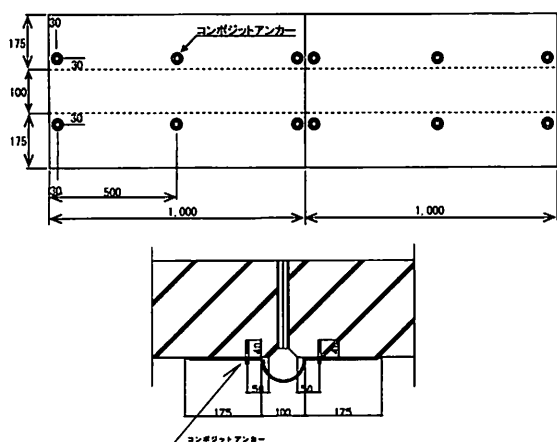


図7 打継ぎ目地部の施工概要図（ボックスカルバート）

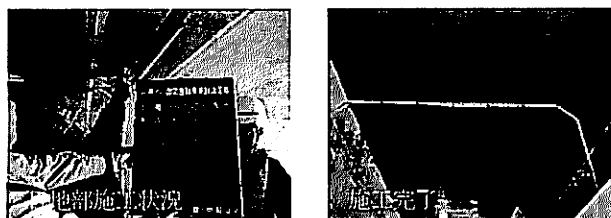


写真5 打継ぎ目地部の施工状況（ボックスカルバート）

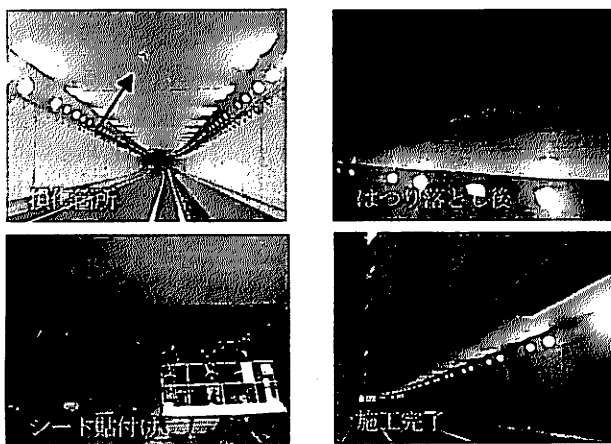


写真6 タフメッシュ施工状況（供用中ボックスカルバート）

4. まとめ

タフメッシュ工法は、工場で成型した透明なシートを現場で接着するだけの工法であり、施工性に優れ施工品質が安定している。また、引張強度と伸び性能に優れ伸縮目地などにも対応できる。さらに、シートおよび接着樹脂が透明なので、施工後も下地の状況を観察することができる。特に、シート自体に耐候性と自己消火性を有しており、燃焼した場合にも有毒ガスが発生しないため、トンネルだけでなく明かり構造物にも適用できる工法である。

こうした優れた特徴を生かして、従来の繊維シート接着工法に比べて短時間で施工できることから、本施工事例に示すように、車線規制など時間や日数の制約を受ける供用中のを短縮することが可能であり、供用中の構造物の補修工法として優れた特徴を備えていることが確認された。

謝辞：タフメッシュ工法は、宇部日東化成株式会社と共同で開発されたものであり、協力関係者の方々に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 高速道路ネットワークの長期保全計画に関する第一回資料：NEXCO 中日本，2008.12
- 2) NEXCO 試験方法のうち「試験法 425-2004 はく落防止の耐久性試験方法」による
- 3) 財団法人日本建築総合試験所制定「耐防火性能試験・評価業務方法書」4.10 不燃性能試験・評価方法、による
- 4) 東日本旅客鉄道株式会社 赤上良博ほか、タフメッシュ工法によるトンネル覆工コンクリート剥落対策、土木学会第64回年次学術講演会IV-231，2009.9