

タフメッシュ工法の開発

山村康夫*1・松岡 茂*2・千々岩三夫*3

概 要

「タフメッシュ工法」は、高密度ポリプロピレン三軸メッシュを補強材とする厚さ約 0.5 mmの廉価なアクリル樹脂シートを、コンクリート表面に貼り付けることによって、コンクリート構造物の補修工事を合理的に行う工法である。従来の繊維シート接着工法は、炭素繊維やアラミド繊維などに代表されるように、高強度かつ防食被覆性能等の付加機能を備えた高価な材料を使用しており、樹脂の含浸作業などに手間が掛かるため施工費が割高となっていた。そこで、トンネル覆工表層部の比較的軽微なはく落防止工事に用途を限定し、要求性能が満足できる廉価な材料を使用し、かつ施工手間を低減することにより、工事費の大幅な低減を図った。

本工法は、①施工工種が少なく工事費が廉価、②シートが薄くて軽い、③樹脂の含浸が不要、④高い伸び性能（炭素繊維・アラミド繊維の約5倍、タフシートの約2倍）、⑤仕上りが透明、⑥紫外線劣化に強い、⑦湿潤面でも施工が可能などの優れた特長を備えている。

本報は、その概要と性能確認試験について報告するものである。

キーワード：タフメッシュ、はく落防止、表面保護、廉価、補修工法

DEVELOPMENT OF THE TOUGH MESH METHOD

Yasuo YAMAMURA *1, Shigeru MATSUOKA *2, Mitsuo CHIJIWA *3

Abstract

The tough mesh method refers to a rational method of repairing concrete structures by applying a low-cost acrylic resin sheet with an approximate thickness of 0.5 mm reinforced by a high-density polypropylene triaxial mesh onto the concrete surface. The conventional fiber sheet adhesion technique uses high cost materials with high strength, anti-corrosion coating and other additional features, like carbon fibers and aramid fibers. Since the fiber impregnation work is cumbersome, construction cost is high. An attempt was made to drastically reduce construction costs by limiting the purpose to repair of relatively minor spalling of the tunnel lining surface, by using a low-priced material that meets the requirements and by eliminating problems with the work.

This method has several advantageous features as follows. First, it involves a limited number of construction processes and entails little cost. Secondly, the sheet is thin and light. Thirdly, impregnation of resin is not necessary. Fourthly, extensibility is high – five times higher than that of carbon fiber and aramid fiber and twice as high as the tough sheet. Fifthly, it produces a clear finish. Sixthly, it is highly resistant to ultraviolet deterioration. Finally, the method can be done on a wet surface.

This paper reports the outline of the method and the performance test.

Keywords: tough mesh, peel prevention, surface protection, low cost, repair method

*1 Manager, Construction Technology Group, Construction Technology Center, Engineering Division

*2 General Manager, Technology Planning Department, Engineering Division

*3 General Manager, Construction Technology Center, Engineering Division

タフメッシュ工法の開発

山村康夫*1・松岡 茂*2・千々岩三夫*3

1. はじめに

鉄道・道路を問わず、剥離したコンクリート片の落下事故が続発している。主な原因は、構造物そのものの経年劣化であるが、それ以外にも施工不良によるコールドジョイントやコンクリート材質に問題がある場合もある。特に、供用開始から15年以上経過したトンネルの覆工目地部にひび割れが多く見られ、早急な対策が必要とされている。

従来の繊維シート接着工法は、安全性を最重要視しているため、高強度かつ防食被覆性能等の付加機能を備えた高価な材料を使用しており、樹脂の含浸作業等に手間が掛かるため施工費が割高となっていた。そこで、トンネル覆工表層部の比較的軽微なはく落防止工事に用途を限定し、要求性能が満足できる廉価な材料を用いて、かつ施工手間を低減することにより、工事費の大幅な低減を図ることができるタフメッシュ工法の開発を進めている。

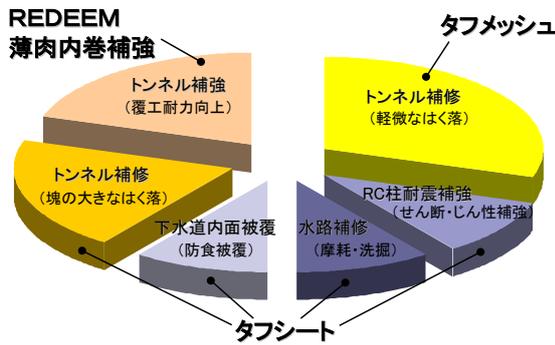


図-1 タフメッシュ工法の適用範囲

2. タフメッシュ工法の概要

2.1 開発目的

タフメッシュ工法は、当社の補修・補強技術の適用拡大と競争力の強化を図ることを目的として開発した工法である。タフメッシュ工法の適用範囲を図-1に示す。

2.2 タフメッシュシート

タフメッシュシートは、高密度ポリプロピレン三軸メッシュの補強材とアクリル系の透明な樹脂で構成された製品で、シート厚さがタフシート（約1.5mm）と比較して約1/3の約0.45mmと非常に薄く、ロール状に巻き取ることができるので、取り扱いが容易で施工性に優れている（写真-1参照）。

表-1にタフメッシュシートの仕様を示す。



写真-1 タフメッシュシート

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)
	繊維	高密度ポリプロピレン繊維
シート目付量	450±50g/m ²	
保護フィルム	ポリエチレンテレフタレート	
シート厚さ	0.45±0.05mm	
引張強度	340N/25mm以上(管理値)	
伸度	9%以上(管理値)	

*1 エンジニアリング本部 建設技術総合センター 施工技術グループ・リーダー

*2 エンジニアリング本部 技術企画部長

*3 エンジニアリング本部 建設技術総合センター 研究開発部長

2.3 接着材

接着材は、作業性、耐水性、耐久性に優れたタフメッシュ専用接着材である。仕上りと付着強度確保のために、シートを貼付ける際にはできるだけシートを下地面に密着させる必要がある。そのため、使用量は平滑な面では 0.6 kg/m²程度であるが、下地面の凹凸の大きい箇所や隅角部などでは 1.0~2.0 kg/m²と多めに塗布する必要がある。

表-2 に接着材の仕様を示す。

表-2 接着材の仕様

主成分	主剤	硬化剤
	エポキシ樹脂	変性脂肪族ポリアミン
外観	乳白色ゲリス状	
配合比	主剤:硬化剤=100:50(重量比)	
比重(硬化物)	1.18	
可使時間	15分(20℃, 300g)	
指触乾燥時間	4.5時間(20℃, 500g)	

2.4 特長

①施工工種が少なく廉価

図-2の施工フローに示すように、あらかじめ補強繊維と樹脂を工場で成形したシートを貼り付けるだけなので、施工工種が少なく工事費を低減することができる(タフシートの約60%)。

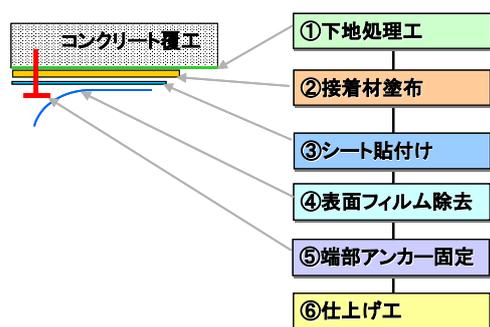


図-2 施工フロー

②シートが薄くて軽い

作業性に優れ運搬も容易である。

③樹脂の含浸が不要

工場成形品なので施工品質が安定しており、現場の管理が容易である。

④高い伸び性能

伸び率9%以上(炭素・アラミド繊維シートの約5倍、タフシートの約2倍)の高い伸び性能を備えており、目地部など伸縮する部分にも施工が可能である(図-3参照)。

⑤仕上りが透明

シート樹脂および接着材が透明なので、メッシュの隙間から下地状況の長期的な観察ができる。

⑥紫外線劣化に強い

屋外施工でも、日光が直接当たらない箇所には保護塗装が不要である。

⑦湿潤面でも施工が可能

軽微な漏水箇所は、湿潤対応プライマーを塗布することで、ひび割れ注入や切り回し等の前処理を省略できる。

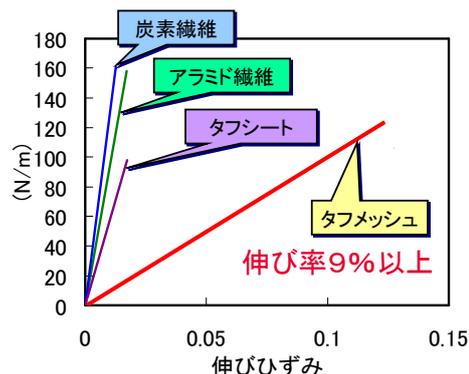


図-3 伸び率の比較

3. 性能確認試験

トンネルの覆工コンクリートのはく落防止工事への適用を検証することを目的として、「覆工コンクリートのはく落対策工設計・施工指針(案) 1)」に準拠した性能確認試験を実施した。

3.1 はく落防止の押し抜き試験

試験体は、JIS A 5372(プレキャスト鉄筋コンクリート製品)に規定するU形蓋(400×600×60 mm)を使用した。载荷は、まず1 mm/minの速度で载荷し、初期ピークが確認されたら5 mm/minとし、押し抜き最大荷重を測定した。試験状況を写真-2に示す。

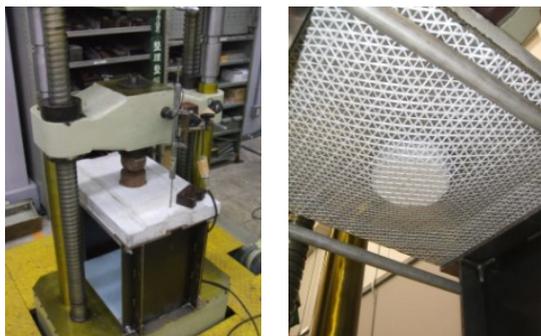


写真-2 押し抜き試験状況

判定基準は、荷重-変位曲線より、最大荷重値 P が 1.5kN 以上で、そのときの変位量が 10mm 以上であることとされている¹⁾。

試験結果は、表-3 および図-4 に示すように、変位 10mm 時の荷重平均が 1.55kN と基準値 1.5kN を上回っており、押し抜き性能を満足していることが確認できた。

表-3 押し抜き試験結果

供試体番号	最大荷重 P_i (kN)	荷重 P_i 時の変位 D_i (mm)	変位 10mm 時の荷重 $P_{(10\text{mm})}$ (kN)	判定
1	1.87	22.4	1.51	
2	1.93	40.0	1.58	
3	2.45	39.8	1.55	
平均	2.08		1.55	
				合格

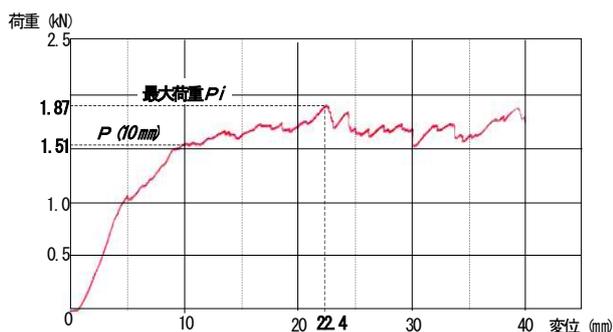


図-4 押し抜き試験結果 (供試体番号1)

3.2 付着試験

試験は、JIS A 6909 建築用仕上塗材に準拠して簡易付着力試験機を用いて行った。試験状況を写真-3 に示す。

判定基準は、付着強さの平均値が $1.5\text{N}/\text{mm}^2$ 以上または破壊面の位置がコンクリート母

材破断とされている¹⁾。

試験結果は、表-4 に示すように、5回とも全てコンクリート母材からの破断となっており、 $1.5\text{N}/\text{mm}^2$ を上回り、付着性能を満足していることが確認できた。



写真-3 付着試験状況

表-4 付着試験結果

試験番号	付着強さ (N/mm^2)	破断面の位置	判定
1	3.51	コンクリート母材	
2	3.60		
3	2.84		
4	3.84		
5	3.98		
平均	3.55		合格

3.3 その他の試験

トンネル坑口付近や屋外での使用を想定して、促進耐候性試験を実施した。一般に促進耐候性試験では、JIS K 5400 サンシャインウェザーメーター (以下SWOM) 200~250時間を屋外暴露1年相当とされていることから、本試験では、SWOM2,000時間照射 (屋外暴露10年程度) の耐久性を確認することとした。試験装置は、試験時間を短縮するために、写真-4 に示すメタリングウェザーメーター (以下MWOM) を使用した。MWOMはSWOMの14倍の紫外線照射エネルギーがあり、SWOM2,000時間の照射が1/14の144時間 (約6日) で可能になる²⁾。

判定基準は、MWOM144時間 (SWOM2000時間相当) の促進耐候性試験後に、白化および膨れの有無を判定する外観検査以外に、JIS A 6916 仕上げ塗材用下地調整塗材/

付着強さ試験」に準拠した付着試験を実施し、母材との付着力を確認する独自の試験を加えた。

試験結果は、シートの白化および膨れの有無はなく、写真－5 および表－5 に示すように、付着性能も低下していないことが確認でき、屋外での使用に適用可能な耐候性を備えていると判断される。



写真－4 メタリングウェザーメーター
(スガ試験機製)



写真－5 促進耐候性試験後の付着状況

表－5 付着試験結果 (促進耐候性試験後)

促進時間	付着強さ (N/mm ²)	破断面の位置
未照射	2.1	コンクリート母材
3日 (72時間)	3.0	
6日 (144時間)	2.1	

他にも、1,200℃のバーナーによる延焼性試験 (写真－6 参照) やマウスによる燃焼生成物の有害性試験なども行ない、火災時の安全性も確認できた。



写真－6 延焼性試験状況

4. まとめ

- 本試験の結果から、以下の知見を得た。
- ①押し抜き試験では、変位 10 mm 時の荷重平均が 1.55kN と基準値 1.5kN を上回っており、押し抜き性能を満足していることが確認できた。
 - ②付着試験では、全てコンクリート母材からの破断となっており、1.5N/mm² を上回り、付着性能を満足していることが確認できた。
 - ③促進耐候性試験では、MWOM144 時間 (SWOM2000 時間相当) の促進耐候性試験後に付着試験を実施し、シートの外観に変状が発生せず、付着性能も低下しないことから、屋外での使用にも適用可能な耐候性を備えていることが確認できた。
 - ④延焼性試験、燃焼生成物の有害性試験により、火災時の安全性も確認できた。

5. おわりに

本試験により、タフメッシュ工法がトンネル補修材料としての押し抜き性能、付着性能などの規格に適合していることが確認できた。今後は、試験施工に向けてマニュアル等の整備、目地部の追従性試験などを実施する予定である。

参考文献

- 1) 旧日本道路公団技術部：覆工コンクリートはく落対策工〔繊維シート接着工〕設計・施工指針 (案)，2003.11
- 2) 関西ペイント：促進耐候性試験 (その2)，塗料の研究，No.146，P26-39，2006.10