

5

タフシート工法の適用範囲拡大

山村 康夫^{*1}・千々岩 三夫^{*2}・中村 征史^{*3}

概 要

タフシート工法は、これまでコンクリート剥落防止や耐震補強、防食ライニングなどに採用され、多数の施工実績を重ねている。このような中、技術的にさらなる高度な要望があり、その要求に対応する必要性が生じた。

ひとつは、これまで困難であった湿潤面への貼り付け、もうひとつは、表面仕上げ（トップコート）の透明化である。これらの課題に対して、材料を選定し性能確認試験を実施した。あわせて、施工方法を検討し、施工確認試験により、要求された性能の確認および、その実用性を検証した。

キーワード：タフシート、湿潤対応、透明トップコート

ENLARGING THE APPLICABLE SCOPE OF THE TUF-SHEET TECHNIQUE

Yasuo YAMAMURA^{*1}, Mitsuo CHIDIWA^{*2}, Seishi NAKAMURA^{*3}

Abstract

The TUF(Tekken Ultraviolet ERP)-sheet technique has been utilized in many projects such as prevention of concrete spalling, seismic retrofit and anti-corrosion lining. In these circumstances, effective solutions should be provided for satisfying higher technological demands.

Two major items for improvement are to allow the tough sheet to be applied over wet surfaces, which have been difficult with the conventional TUF-sheet, and to make the surface finish (top coat) transparent. To achieve these goals, the authors selected suitable materials and implemented performance test. In addition, the authors restudied the construction method and process, and validated achievement of the required performance through construction performance tests, to validate practical feasibility of the improved technique.

Keywords: TUF- sheet, applicability to wet condition, transparent top coat

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

*2 General Manager, Construction Technology Center, Engineering Division

*3 Construction Technology Group, Construction Technology Center, Engineering Division

タフシート工法の適用範囲拡大

山村 康夫*1・千々岩 三夫*2・中村 征史*3

1. はじめに

タフシート工法は、開発から7年余りを経過し、トンネル剥落防止工事やRC柱の耐震補強工事など多数の施工実績を挙げている。しかし、近年この分野においては様々な類似技術が登場しており、本技術の適用範囲の拡大を図ることにより、競争力を強化する必要が生じてきた。

具体的な開発項目として、①湿潤面に対応した施工方法、②透明トップコートの性能確認という2項目について検討した。以下にその内容を示す。

2. 湿潤面に対応した施工方法

繊維シート接着工によるトンネル剥落防止工事においては、膜構造となるシートの強度と、施工下地との付着力ではなく落荷重に対抗させる構造としている¹⁾。そのため、表面の埃、油分、粉塵、水分等の除去処理が重要となるが、ひび割れや施工目地部等からの漏水が多数点する場所などでは、付着力を確保するために、ひび割れ注入工や導水処理工などの前処理を必要とするケースが多く、工期や工費の増大を招いていた²⁾。

そこで、多少の湿潤面でも対応可能となれば、補修対象箇所のうち、かなりの範囲で前処理なく施工が可能となる。

2. 1 適用範囲

適用範囲は、漏水や湧水箇所のように常時水が噴出または流出している箇所は、補助工法等で水を切り回すことを前提として、本検討から除外した。漏水箇所の近くなどで表面

が濡れて湿気を帯びているが内部からの浸透によるものではなく、水を切り回して表面をウェス等で拭き取り、投光器等で表面の温度を上げるとタフシートの貼付けが可能な程度まで表面水分率が下がる箇所を対象とした。

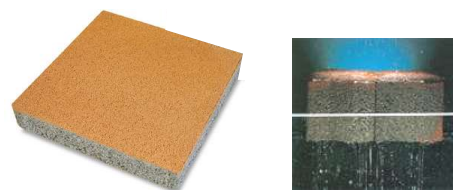
2. 2 性能確認試験

(1) 試験方法

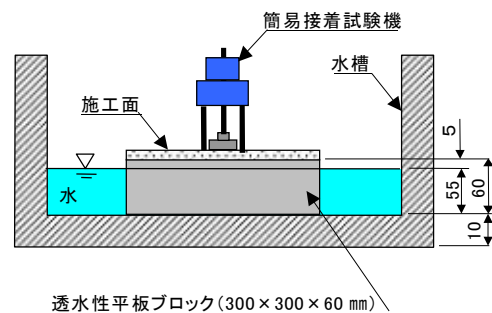
湿潤対応プライマーとして、下地表面が湿潤状態（表面水分率が高い）に塗布して硬化するものを9種類選び、確認試験により施工性、速乾性、可使時間、可視性、遮水性、付着力の6項目について比較し、評価した。

試験体は、写真－1に示す透水性平板ブロック(300×300×60 mm)を使用して製作した。

タフシートの貼付けは、湿潤状態での施工を模して、図－1に示す水槽内において半水中養生状態で行い、そのまま養生し貼付けプライマー硬化後に付着試験を行った。(写真－2、3参照)



写真－1 透水性平板ブロック



図－1 性能確認試験概要

*1 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 施工技術グループ・リーダー
 *2 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
 *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 施工技術グループ

表－１ 性能確認試験結果

Case	記号	名称	メーカー	施工性	速乾性	可使時間	可視性	遮水性	付着力	点数	総合評価
1	EW1	コンテクトWE100(下塗)	中国塗料(株)	△	×	○	×	○	○	7	⑤
2	EW3	コンテクトWE300(下塗)	中国塗料(株)	×	×	○	×	○	○	6	⑥
3	ES	スリーロンジーパテf(冬用)	スリーボンドユニコム(株)	×	○	×	×	○	△	5	⑦
4-1	W-305	アルプロンW-305	日米レジン(株)	○	○	○	○	○	○	12	①
4-2	W-305	アルプロンW-305	日米レジン(株)	○	○	○	○	○	○	12	①
5	MA	DKプライマー(DK-550)	電気化学工業(株)	○	△	○	○	○	○	11	②
6	U	ポリデュール(ロメンプライマーアカサビ)	ミクニペイント(株)	△	○	○	×	△	×	6	⑥
7	V1	ビニルエステル(ノンステレン)	日本ユピカ(株)	○	○	○	○	×	○	10	③
8	V2	ビニルエステル(ステレン含有)	日本ユピカ(株)	○	○	○	○	×	○	10	③
9	UP	ウレタン樹脂(試作品)	日本ユピカ(株)	○	○	×	○	○	△	9	④

(2) 試験結果

試験結果を表－１に示す。評価の結果、「ケース４－１と４－２」のアルプロンW-305（日米レジン(株)）が最も優れた性能を示した。

ただし、アルプロンを使用する際の注意点として、表－２に示すように、アルプロンは硬化剤として変性ポリアミドアミンを使用しており、これが硬化反応中に表面から揮発する。この揮発した変性ポリアミンが、硬化前のタフシートと接触すると、図－２に示す硬化メカニズムにおける架橋化反応を阻害する恐れがある。そのため、アルプロンが完全に硬化するまでの養生期間を十分に確保できない場合には、アルプロンの表面にウレタン樹脂塗料（ファインウレタンU100）を塗布して、ポリアミンとの接触を遮蔽した後にタフシートの貼付け工を行う必要があることが、試験中に判明した。

２．３ 施工確認試験

性能確認試験で選定した材料を用いて、模擬施工を行い、施工性および施工手順を確認した。

表－２ アルプロンW-305 の仕様

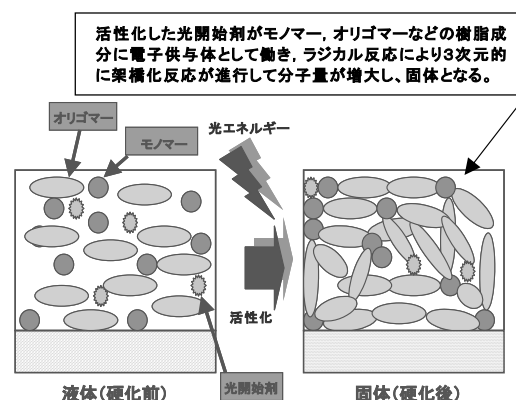
項目	主剤	硬化剤
主成分	エポキシ樹脂	変性ポリアミドアミン
外観	無色透明液状	淡褐色透明液状
配合比	２：１（重量比）	
比重	１：１	
可使時間	８時間以上（20℃）	
指触硬化時間	６０分（20℃）	
硬化時間	１０時間（20℃）	



写真－２ 湿潤対応プライマー塗布状況



写真－３ タフシート貼付け状況



図－２ 光硬化性樹脂の硬化メカニズム

(1) 試験方法

図－3に示すように、ひび割れから少量の漏水がある箇所を模擬した試験体に、図－4に示す方法でタフシートを施工した。タフシートおよび貼付けプライマーが硬化した後、付着試験を実施して付着力の確認を行った。

(2) 試験結果

ひび割れからの漏水を、不織布とポリエチレンフィルムで下方に通水させ、上から通常の手順でタフシートを貼付けることが可能であることが確認できた。

また、ある程度湿った面でも、アルプロンW-305を塗布することにより、付着強度の平均値がトンネル補修工法等の基準値 $1.5\text{N}/\text{mm}^2$ 以上、または母材破断を確保できることが確認できた（表－3参照）²⁾。

3. 透明トップコートの性能確認

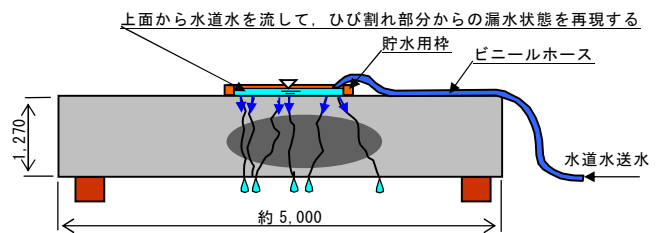
タフシート工法の特徴の一つに、シート自体が半透明であることから、施工後に下地の状況を目視で観察できるという利点が挙げられる。しかし、タフシートなど繊維シート接着工に使用する樹脂は、太陽光線に含まれる紫外線に長期間曝露すると、樹脂が加水分解して表面から劣化が進行するという欠点がある。そのため、一般に屋外のコンクリート構造物に繊維シート工を施工する場合は、トップコートと呼ばれる紫外線劣化防止用の塗料を塗布することを標準的な仕様としている。

従来のトップコートは紫外線を透過しにくいように有色の塗料が用いられるため、塗布後は下地の状況が見えなくなってしまう、タフシートの利点を生かすことができなかった。

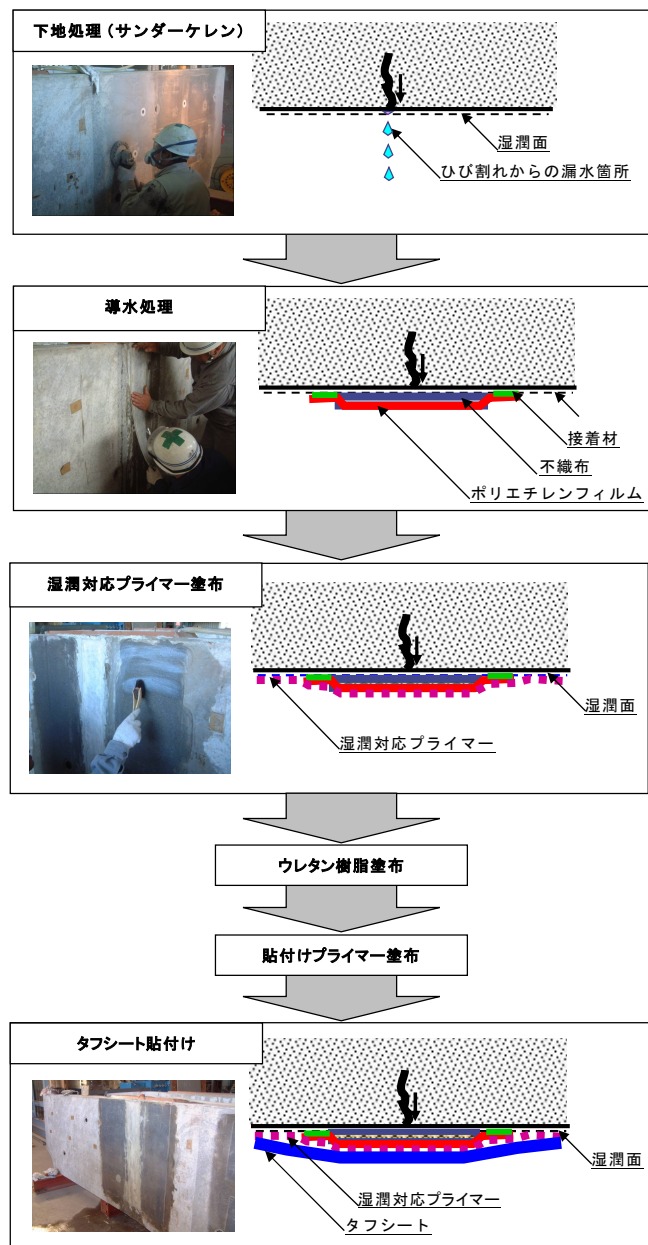
そこで、高級乗用車や家具などのクリアコートとして使用している、紫外線吸収剤入りの透明上塗り塗料を使用することにより、透明性を確保しつつ紫外線によるシートの劣化を防止する方法を考案した。

(1) 試験方法

表－4に示す2種類のアクリルウレタン系



図－3 ひび割れ箇所模擬試験体概要



図－4 ひび割れからの漏水補修方法

表－3 付着強度試験結果

仕様	付着強度 (N/mm^2) 《付着破壊位置》			
	1	2	3	平均
アルプロンW-305＋ ファインウレタンU100 ＋タフシート	4.18 《母材》	4.16 《母材》	2.43 《母材》	3.59

透明塗料を、硬化したタフシート板に標準塗布量を塗布した試験体を使用して、性能確認試験を実施した（写真－４参照）。なお、促進耐候性試験は、従来の有色トップコートと同様、高耐久仕様として、屋外曝露 10 年程度を想定してサンシャインカーボンアーク灯による 2000 時間連続照射とした³⁾。

(2) 試験結果

試験結果を表－５に示す。

２種類とも、引張り強度が 10% 程度低下するものの、基準値 80MPa を上回っており、タフシート本来の必要強度を確保できることが確認できた。

ただし、表面の色を比較したところ、写真－５に示すように、nax マルチ(4:1)10 クリヤーのほうが、黄変（黄色っぽく変色する）の度合いがやや大きいので、退色性の少ないファインウレタン U100 を選定することとした。

なお、写真－６は、塗装の有無による太陽光の影響の違いを調べるために、表面に写真印刷したモルタルボードに、部分的に２種類の透明トップコートを塗布し、太陽光に約半年間曝露したものであるが、無塗装部分は退色が著しいが、ファインウレタン U100 および nax マルチ(4:1)10 を塗布した箇所は、ほとんど変色していないことが確認できた。

表－４ 透明塗料の仕様

名称	材質	タイプ	標準塗布量 (kg/m ² /回)	塗り重ね 乾燥時間
ファインウレタン U100	アクリル ウレタン系	一般	0.14～0.17	2時間以上
nax マルチ (4:1)10		自動車用	0.1	15 分



写真－４ トップコート塗布状況



写真－５ 促進耐候性試験後の表面状況



ファインウレタンU100塗布部分 naxマルチ(4:1)10塗布部分

写真－６ 太陽光による影響

表－５ 性能確認試験結果

項目	試験機関	試験方法	評価基準	ファインウレタン U100		nax マルチ(4:1)10		塗装なし	
				促進耐候性試験		促進耐候性試験		促進耐候性試験	
				試験前	2000hr 後	試験前	2000hr 後	試験前	2000hr 後
付着性	日本ペイント (材料メーカー)	1mm角基準目 /100マス/剥が れた数	10/100 以下	0/100	0/100	0/100	0/100		
		2mm角基準目 /100マス/剥が れた数	10/100 以下	0/100	0/100	0/100	0/100		
耐衝撃性		デュボン式 /300g/平台使用	割れないこと	落下高さ 15cm	落下高さ 10cm	落下高さ 20cm	落下高さ 20cm		
引張り強さ	東京都立産業 技術研究所 (公的機関)	JSCE- K511-1999	平均が 80MPa を 下回らないこと	93.1 MPa	84.8 MPa	98.5 MPa	87.4 MPa	96.1 MPa	65.3 MPa

4. まとめ

(1) 湿潤面に対応した施工方法

- ① 9 種類のプライマーの比較から、アルプロンW-305 を選定した。
- ② 10 時間以上の硬化時間確保とウレタン樹脂の塗布により、湿潤面でも十分な付着強度を確保できた。
- ③ 漏水している湿潤面でも、簡易な導水処理を施すことで、タフシートの貼付けが可能であることが確認できた。

(2) 透明トップコートの開発

2000 時間の促進耐候性試験および試験後の付着性、耐衝撃性、引張強度の比較から、ファインウレタンU100 を選定し、その有効性を確認した。

以上の結果から、湿潤面への貼り付け、透明トップコートの適用が可能であることが立証された。今後、これまで課題であったこの二つの条件に対する適用が可能となることで、タフシートの適用範囲が拡大され、本工法の普及拡大が期待される。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：トンネル補修・補強マニュアル，pp. II-28，2007. 1
- 2) 土木学会：コンクリートライブラリー119，表面保護工法設計施工指針(案)，[工種別マニュアル編]pp. 49-51，2005. 4
- 3) 土木学会：コンクリートライブラリー119 表面保護工法設計施工指針(案)，pp. 147，2005. 4