

新型タフシートによる耐震補強 (施工確認試験)

山村 康夫*¹・齋藤 雅春*²・千々岩 三夫*³

伊藤 康裕*¹・鈴木 唯夫*¹

概 要

補強材にガラス繊維とステンレスメッシュの複合材料を使用した新型タフシートによる新しい耐震補強工法を確立するために、模擬柱による施工確認試験を実施した。その結果、本補強工法が、鉄道近接工事など建築限界による制限がある場所や、民家が隣接し材料の搬入やクレーン等の重機作業が困難な場所に適した、合理的な工法であることが確認できた。

ここでは、その概要と結果を報告する。

キーワード：耐震補強，新型タフシート，紫外線硬化

SEISMIC RETROFIT WITH A NEW TUF-SHEET (VALIDATION TEST OF CONSTRUCTION)

Yasuo YAMAMURA*¹ Masaharu SAITO*² Mitsuo CHIDIWA*³

Yasuhiro ITO*¹ Tadao SUZUKI*¹

Abstract

The new TUF-Sheet is a composite material reinforced with glass fibers and stainless steel mesh. In order to establish a new seismic retrofitting method using this sheet, construction performance tests were conducted with simulation columns. The tests confirmed that this retrofitting method is a rational technique suited to, for example, places where limitations are imposed because of the construction gauge of railway tracks or sites close to private houses, where it is difficult to carry materials in or to use construction machinery. This paper reports the outline and the results of the tests.

Keywords: seismic retrofit, new TUF-Sheet, ultraviolet curing

* 1 Construction Technology Development Group, Institute of Technology, Engineering Division

* 2 Deputy General Manager, Institute of Technology, Engineering Division

* 3 Manager, Construction Technology Development Group, Institute of Technology, Engineering Division

新型タフシートによる耐震補強 (施工確認試験)

山村 康夫*¹・齋藤 雅春*²・千々岩 三夫*³
伊藤 康裕*¹・鈴木 唯夫*¹

1. はじめに

鉄道や道路などのRC橋脚の耐震補強工法は、鋼板巻立て工法、RC巻立て工法、繊維シート補強工法などが多く採用されているが、構造物の立地条件や周辺条件などの制約から、対応が困難な箇所も多く、こうした難しい条件に適用し、かつ高い補強効果を発揮できる新材料・新工法の開発が望まれている。

当社では、トンネルの補修工法として、FRP（ガラス繊維強化プラスチック）シートを補修材料に使用したタフシート工法を開発し商品化している¹⁾。この技術を補強工事に応用して、補強材にガラス繊維とステンレスメッシュの複合材料を使用することにより、物理特性・施工性・耐久性に優れた新しい耐震補強工法の開発を、平成12年度よりJR東海との共同研究で進めている。施工技術開発グループでは、本工法の実用化に向けて、合理的な施工方法を検討する目的で、模擬柱による施工確認試験を実施した。以下にその概要と結果を報告する。

2. 新型タフシート

2.1 概要

新型タフシートは、図-1に示すようにガラス繊維とステンレスメッシュを積層し、紫外線硬化型樹脂を含浸させた複合シートである。軽量で補強対象部材の寸法を問わず、合理的な耐震補強が可能となる。表-1に仕様を示す。

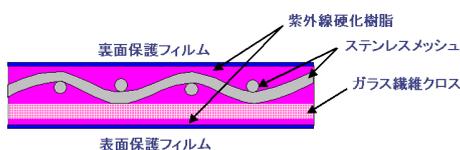


図-1 新型タフシート材料構成

2.2 特長

新型タフシートをRC橋脚の耐震補強工事に適用した場合、次のような利点がある。

(1) 性能

柱のせん断耐力を増加させることにより、塑性変形性能が向上し、せん断破壊先行型の破壊形態から曲げ破壊先行型に移行できる。

(2) 機能性

鉄道近接工事など建築限界による制限がある場所や、民家が隣接し材料の搬入やクレーン等の重機作業が困難な場所に適している。

(3) 施工性

工場で樹脂を含浸しシート状に加工した状態で現場に搬入するので、施工性が良く品質が安定している。線路閉鎖作業や交通規制作業など時間制限の厳しい条件でも施工できる。

(4) 適用性

鋼板巻き立て工法やRC巻き立て工法など部材断面を増加させて補強する工法に比べ、厚さ2.5mm/層、質量4.8kg/m²と極めて薄く軽量である（9mm鋼板の場合71kg/m²）。そのため、建築限界を侵すことが少なく、質量増加により杭にかかる荷重負担も小さい。

表-1 新型タフシート仕様²⁾

樹脂主成分	エポキシアクリレート
硬化方式	紫外線硬化型
補強材	ガラス繊維+ステンレスメッシュ(SUS304)
設計基準強度	1.667N/mm ² (引張強度)
設計有効厚	0.539mm
厚さ	2.5mm/層 (参考値)
設計破断荷重	898N/mm
重量	4.8kg/m ²

*1 エンジニアリング本部 技術研究所 施工技術開発グループ
*2 エンジニアリング本部 技術研究所 副所長
*3 エンジニアリング本部 技術研究所 施工技術開発グループリーダー

(5) 安全性

騒音や振動の発生原因となる現場溶接やボルト締結作業がない。また、熱硬化樹脂に比べて硬化中の臭気の原因となる揮発成分が少ない。そのため、夜間作業や高架橋下にテナントが入っているような場所でも居着き作業が可能である。

(6) 耐久性

ガラス繊維、ステンレスメッシュ、合成樹脂はともに高耐久材料で、経年劣化が少ない。特に、錆などの発生もなく維持管理コストを低減できる。

3. 施工確認試験

3.1 目的

施工条件として、鉄道に近接した箇所では重機等の使用が困難な狭隘な場所で、しかも作業時間に制限があるという難条件において、効率的な施工を実現するために、模擬柱を用いた施工確認試験を実施し以下の項目について確認した。

- ① 施工性および施工サイクルを調査し、改善すべき点を検討する。
- ② プライマーの粘度を調整し、貼り付け直後にシートがずれたり落下したりしないことを確認する。
- ③ 表面からの紫外線照射で、ステンレスメッシュの背面まで紫外線が透過し、樹脂が完全に硬化することを確認する。

3.2 概要

図-2に模擬RC柱の概要図を、図-3に施工割付図を示す。シートの積層数は、下地用タフシート（ステンレスメッシュのない従来のもの）1層、新型タフシート3層の計4層とした。継手部分は、下地用タフシートは突き合せ、新型タフシートは100mmのラップ代を取ることとし、各層の継手部分が重ならないように割り付けた。

3.3 施工結果

施工は、図-4に示す施工フローにしたがって行った。

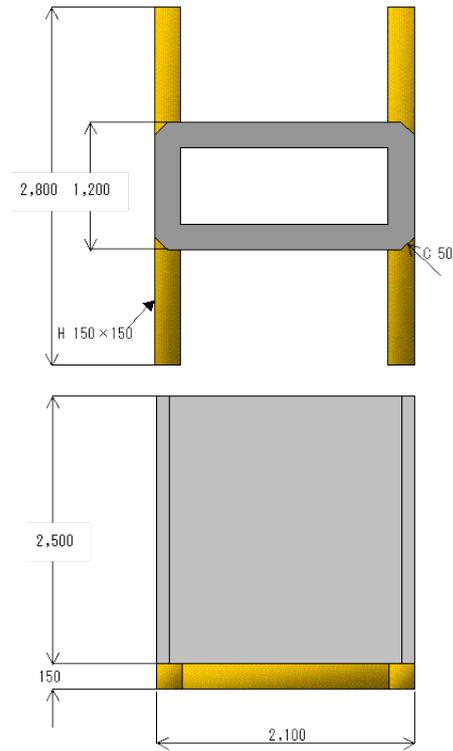


図-2 模擬RC柱

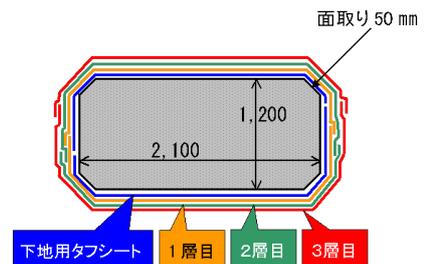


図-3 施工割付

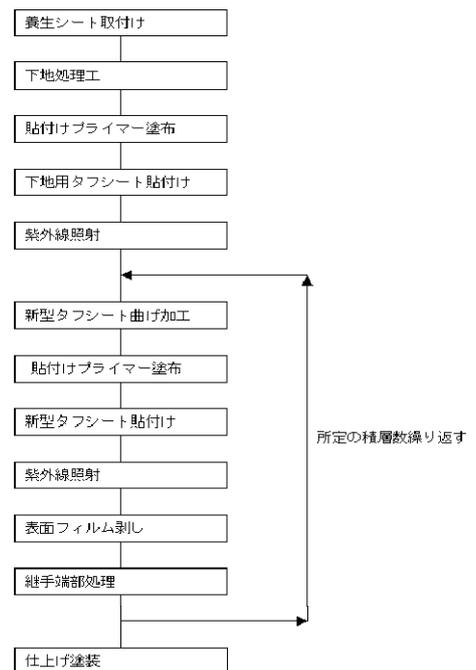


図-4 施工フロー

(1) 下地用タフシート施工

下地用タフシートは、既設面の段差修正や凹部の穴埋めなど時間と手間の掛かる作業を極力簡略化しつつ、下地との密着性を向上し補強用シートの初期接着力を確保するために施工するもので、設計上耐震補強効果は期待しない。

施工は、①貼付けプライマー塗布、②裏面のフィルムを剥がしてシート貼付け、③ローラーやヘラ等による脱泡、④紫外線照射による硬化（ $2000 \mu W/cm^2$ 、20分）、の手順で行った。なお、シート幅は1mで1層を2分割とし、継手部は端部で突き合わせる構造とした。

(2) 新型タフシート曲げ加工

シートの厚さは、2.5mmと従来タフシートの1.5mmに比べて厚く、ステンレスメッシュ入りであるため、柱隅角部の追従性が悪く浮きが生じやすい。そこで、隅角部の密着性を向上させるために、貼付ける前にシートに曲げ加工を施しておくこととした。**写真-1**に折り曲げに使用した治具を示す。治具は、曲げ位置を調整できる構造で、シートを挟んで2箇所同時に折り曲げることができる。また、狭隘な足場上での使用を想定して、シートを立てた状態で作業できる構造とした。

(3) 新型タフシート貼付け

シートの幅は、下地用と同じ1mであるが、質量は約 $4.8kg/m^2$ と従来の $1.8kg/m^2$ に比べておよそ2.7倍の質量増加となり、模擬柱の1層分

で30kg以上となる。そこで、持ち運びを考慮して2分割で施工することとした。

シートの貼付けは、下地用タフシートと同様、①貼付けプライマー塗布、②裏面のフィルムを剥がしてシート貼付け、③ローラーやヘラ等による脱泡、④紫外線照射による硬化（ $2000 \mu W/cm^2$ 、20分）、の手順で行った。

シートの質量増加に伴い、施工中や施工後のシートの位置ずれや落下の問題が発生した。その対策として、a) 貼り付けプライマーの粘度の増加、b) ステップルによる仮止めという2つの方法を検討し確認した。

a) については、**写真-2**に示すように増粘してパテ状にした貼付けプライマーを使用することにより、初期付着力が増しシート貼付け後の落下が防止できた。なお、一般的に樹脂系の補修材料を使用する場合、使用温度が $5^\circ C$ 以下では施工が困難となるが、タフシートの場合は、粘度を調整することにより、 $0^\circ C$ 以上であれば施工可能である。

b) については、シートを硬化させる前のやわらかい状態で、**写真-3**に示すようにエアータッカーを用いてシート表面からステップルを打込み、下地に食込ませて仮止めした。特に、端部などのしわや浮きが生じやすい箇所は、ステップルで仮止めすることにより、下地層と密着した良好な仕上がりとなった。



写真-1 シート折り曲げ治具



写真-2 貼付けプライマー塗布状況

(4) 継手部の施工

シート継手部分の施工は、継手の下側になるシートを先行して貼付け硬化させた後、上から貼付けプライマーを塗布し、100 mmのラップ代を取って積層することにより、効率的に作業を進めることができた。また、写真-4に示すように継手部分の段差もほとんど目立たず、平滑に仕上げることができた。

(5) 施工断面調査

新型タフシートは、従来のタフシートと同様に紫外線を照射して硬化させるが、表面から紫外線を照射した場合、ステンレスメッシュの鋼線の裏側が影となって直接紫外線が透過せず部分的に硬化不良が発生することが懸念された。そこで、4層まで施工し硬化させた後、シートを部分的に切断・撤去し、切断面の状況を確認した。その結果、ステンレスメッシュの裏側まで完全に硬化一体化していることが確認できた。写真-5に切断面の状況を示す。

4. まとめ

施工確認試験により、以下の点が確認できた。

(1) 施工速度について

シートを2分割から4分割で施工することにより、効率良く施工できる。1層面積13.2㎡を2分割で施工するのに、シート折り曲げ30分、プライマー塗布70分、シート貼付け60分、紫外線照射40分、移動セット20分で合計220分を要した。

これを実作業時間6時間/日として試算した場合、約22㎡/日程度となる。但し、実際の工事ではシートの分割数によって施工量が異なることが予想される。

(2) 施工性について

シートの初期接着力を確保するために、施工下地面に下地用タフシート1層を貼り付けることにより、段差を修正しシートの密着性を高めることができる。また、貼付けプライマーを増粘してパテ状にしたものを選定することにより、施工中や施工後のずれや落下の心配が無く、

精度良く安全に施工できる。さらに、柱隅角部などシートが追従しにくい箇所は、あらかじめ折り曲げ加工しておき、貼付け後ステップルで仮止めすることにより、浮き上がりを防止できる。



写真-3 シート貼付けおよび仮止め状況



写真-4 1層貼付け後の継手部状況



写真-5 4層施工後の切断面状況

(3) シートの硬化について

シート表面から紫外線を照射することにより、間接光によりステンレスメッシュの裏側まで紫外線が透過し硬化することを確認した。照射する紫外線エネルギー量は従来のタフシートと同等の紫外線量 $2,000 \mu\text{w}/\text{cm}^2$ 、20分を基準とする。

5. おわりに

本施工確認試験により、本工法の実用化に向けて、その第一歩を踏み出すことができた。今後の展開として、この成果をもとに現場での実証試験を行い、その実績をもとに国土技術センターの技術審査証明の取得を目指したい。

参考文献

- 1) 瀧口ら：3時間の閉鎖間合いで覆工を効率的に補修－JR鹿児島本線 城山トンネル、トンネルと地下、2002.3
- 2) 岩田ら：劣悪な施工条件に対応可能な新しい高性能な橋脚等の耐震補強法、第6回地震時保有耐力法に基づく橋脚等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp.215-220，2003.1