

論文

道路橋床版の薄層上面増厚工法における増厚材の材料特性に関する検討

前田洋平\*, 関口幹夫\*, 笹木俊一\*

\*東京都建設局土木技術支援・人材育成センター（〒136-0075 東京都江東区新砂 1 丁目）

近年、床版防水層の損傷等により床版上面が土砂化し、橋面アスファルト舗装の補修時に床版補修も必要となる場合がある。本調査は、RC床版の防水層と床版上面コンクリートの補修等を同時に実施でき、かつ薄層での施工が可能と想定される増厚材について、その付着強度や防水性能等の材料特性確認試験を切削条件と研掃条件を変化させて実施した結果を報告する。

キーワード：薄層増厚材，床版上面下地処理，付着強度，防水性能

1. はじめに

都道は比較的交通量が多いことから、定期的に橋面アスファルト舗装の切削オーバーレイや、損傷した床版防水層の補修、脆弱となった床版コンクリートの補修等が必要であり、補修作業を効率化して工事規制回数や所要時間を減らすことは、道路の維持管理者にとって急務な課題である。

また、近年、国道等では床版防水層の劣化や損傷等により床版上面が土砂化し、所定の耐荷力及び耐久性が期待できない状況が報告されている。

本テーマは、RC床版における防水層や床版上面の補修及び増厚補強が同時に可能と想定される『防水性能を有した薄層増厚材』について、その長期耐久性の検証とともに都道への適用性を検討している。

本稿は、薄層増厚材の防水性能等の材料特性の確認試験結果と、薄層増厚材の施工時に、床版上面の下地条件（切削、研掃条件）が接着性に及ぼす影響を確認した結果について報告する。

2. 床版試験体の概要

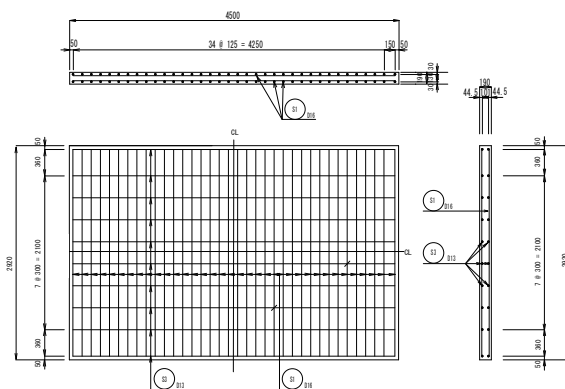
実験に用いた床版試験体の概要を表-1 に示す。試験体 1 及び 2 の寸法は 2.9m×4.5m×厚さ 19cm（図-1（1））で、試験体 3 は、2.8m×3.5m×厚さ 19cm（図-1（2））を 4 分割して 1.4m×1.7m にしたものを使用した。

なお、表-1 に示す各試験体のコア強度は、本試験時に試験体から φ100mm のコアを採取し、1 試験体 3 本の圧縮強度試験の平均値から算出した。なお、試験体 3 は材令 28 日の圧縮強度試験の結果である。

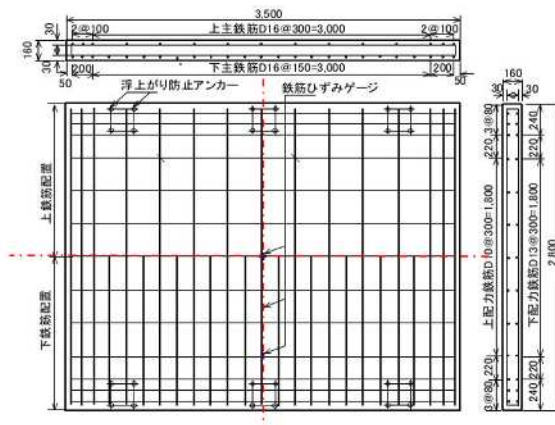
表-1 床版試験体の概要

試験体	寸法	適用 示方書	コア強度 N/mm <sup>2</sup>	製作年
	幅×長さ×厚さ[m]			
試験体 1	2.9×4.5×0.19	昭和48年	39.5	平成10年
試験体 2	2.9×4.5×0.19	昭和48年	28.0	平成10年
試験体 3	1.4×1.7×0.16	昭和39年	24.4 <sup>※</sup>	平成27年

※ 材令28日の圧縮強度



(1) 床版試験体 1・2



(2) 床版試験体 3（分割）

図-1 床版試験体の配筋図

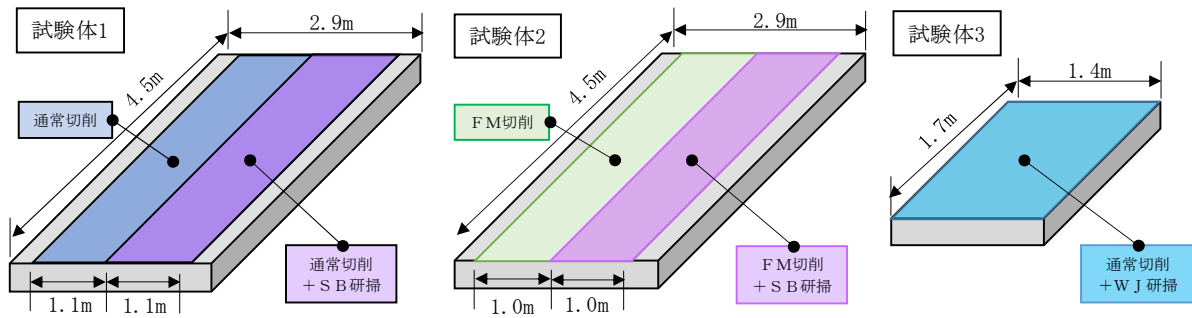


図-2 床版試験体の下地処理概要

### 3. 下地処理（切削及び研掃）

床版試験体の下地処理として、実際の現場でアスファルト舗装切削に用いられる切削機を使用して、試験体上面を深さ2cm程度切削した。図-2に示すように各試験体は全面を切削した後、試験体1、2は切削面の半分を研掃し、試験体3については切削面の全面を研掃した。

試験体上に切削機が載って切削作業を行うため、機械の自重や切削による衝撃で切削面の凹凸に大きな乱れが起きないように固定する必要がある。今回の下地処理では試験体を土中に埋めて、地表面に床版上面（切削面）が位置するようにして切削作業を行った。なお、切削後に試験体に付着した土等はプラスチックのブラシ等を用いて水洗いして除去した。

使用した切削機について、試験体1は一般的な大型切削機を用い、切削ドラムは幅2mでビット間隔15mm（通常切削：写真-1（1））である。試験体2は通常切削よりビット間隔が狭いファインミリング（FM）切削機を用い、切削ドラムは幅2mでビット間隔8mm（FM切削：写真-1（2））である。試験体3は構造物端部の狭隘部等に用いられる小型切削機を用い、切削ドラムは幅0.35mでビット間隔15mm（通常切削）である。

切削後に行った研掃作業は、スチールショットブラスト（SB）研掃の場合は投射密度を150kg/m<sup>2</sup>、

ウォータージェット（WJ）研掃の場合は吐出圧力を200MPaに設定して行った（写真-2）。



(1) 通常切削



(2) ファインミリング（FM）切削  
写真-1 切削機（切削ドラム）



(1) ショットブラスト（SB）研掃



(2) ウォータージェット（WJ）研掃

写真-2 試験体上面の研掃状況



#### 4. 床版試験体上面の下地処理結果

床版試験体の上面の状況を、下地処理前(無処理)、切削後、研掃後の3段階に分けて写真-3に示す。

切削作業により切削ドラムのビット幅程度の溝が、試験体上面に削られていることが確認できる。また、その後の研掃作業により切削で生じた溝はなくなり、特にWJ研掃後は、骨材がはっきりと見える程度までモルタルが除去されている状況を確認できる。

床版試験体の下地処理状況を評価する方法として、サンドパッチ法等各種方法があるが、本下地処理では、写真-4に示す回転式きめ深さ測定装置(CTメータ)によりきめ深さを計測した。その結果を図-3に示す。

きめ深さについて、試験体1及び2は、切削前0.3mm程度が切削及びSB研掃により増加した。また、通常切削後は1.50mmに対してFM切削後は0.85mmと、切削ドラムのビット間隔が小さい方が滑らかな結果であった。一方、切削後のSB研掃により、きめ深さは2.0mm程度まで増加し、本試験の範囲において研掃前の切削状態に関わらず同等程度となる傾向にあった。

試験体3は、切削前0.12mmが小型切削機の通常切削により1.42mmと増加した。これはビット間隔が同じ大型切削機での結果と同等程度である。また、その後のWJ研掃によりきめ深さは3.35mmに急増し、本試験の範囲では、SB研掃より大きなきめ深さとなった。



写真-3 切削及び研掃後の床版上面状況



写真-4 回転式きめ深さ測定装置 (CTメータ)

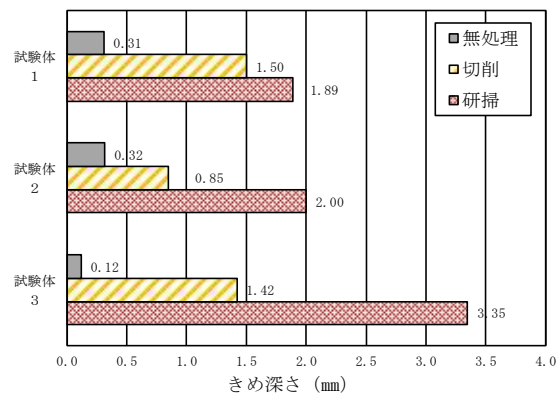


図-3 きめ深さ測定結果

## 5. 薄層増厚材の施工

下地処理した床版試験体の上面に4種類の薄層増厚材A, B, C, Dを施工した(表-2)。なお、試験体1及び2は増厚材の施工前に試験体を3分割し、それぞれに1つの増厚材(A, B, C)を施工した。

### (1) 施工状況

増厚材施工時の天候は晴れ、気温は26~29℃の条件下で、増厚材毎に半日程度ずつ作業を行った。増厚材の施工は4種類とも現場練りで行い、増厚材施工後は施工面を覆うようにブルーシートをかけて、屋外で養生を行った。また、増厚材が接着する面は切削及び研掃により凸凹しているため、最低施工厚(接着面の凸部)が20mmとなるように設定し、増厚材の施工後に定規等を差し込むことにより実施工厚を確認した。

### (2) 増厚材の特徴

増厚材Aは不飽和ポリエステル樹脂に骨材を混合させたレジンコンクリートで、繊維等の補強材は含まれていない。乾燥状態の接着面にビニルエステル製のプライマーをローラー刷毛で塗布してから増厚材を施工した。

増厚材Bは、鋼繊維を混合させたセメントモルタルで、乾燥状態の接着面にエポキシ樹脂接着剤を塗布してから増厚材を施工した。

増厚材Cは、ビニロン繊維を混合させたセメントモルタルで、乾燥状態の接着面に浸透性プライマー、高耐久性エポキシ樹脂接着剤の順に塗布してから増厚材を施工した。

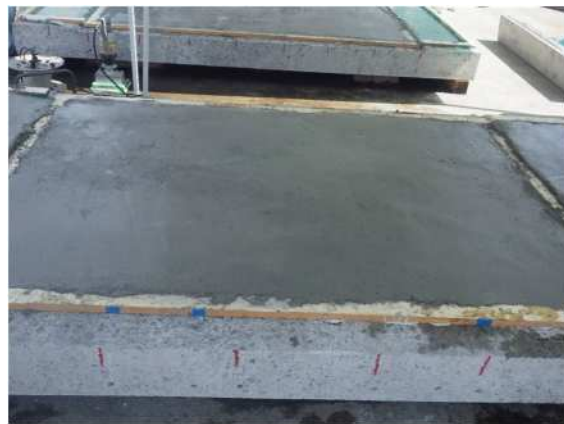
増厚材Dは、2種類の補強用鋼繊維が混合されたセメントモルタルで、WJ研掃による下地処理後の湿潤状態の接着面にプライマーを施工せずに増厚材を直接施工した。

表-2 増厚材の概要

増厚材タイプ	補強材	プライマー	試験体
A ポリエステルポリマー系	×	○ ビニルエステル	1 2
B 高強度緻密モルタル系	○ 鋼繊維	○ エポキシ樹脂	1 2
C 繊維補強超速硬ポリマー系	○ ビニロン繊維	○ 浸透性プライマー エポキシ樹脂	1 2
D 超緻密高強度繊維補強系	○ 鋼繊維	×	3



(1) 増厚材A



(2) 増厚材B



(3) 増厚材C



(4) 増厚材D

写真-5 増厚材施工後の状況



## 6. 増厚材の材料特性確認試験

### (1) 圧縮強度及び静弾性係数

各薄層増厚材の材令 4 時間, 1 日, 7 日, 28 日の圧縮強度を図-4 に示す. なお供試体は  $\phi 50 \times$  高さ 100mm で作製した. 一般的な普通コンクリートと異なり, 4 時間で  $40\text{N}/\text{mm}^2$  超の圧縮強度の発現を確認した.

また, 材令 28 日における静弾性係数を図-5 に示す. 静弾性係数は C が一般的な普通コンクリート程度<sup>2)</sup>であり, A が  $20\text{kN}/\text{mm}^2$  程度と他と比べてやや小さく母材の RC 床版コンクリートの変形に追随しやすい材料であることが想定される. B 及び D は高強度で静弾性係数も他と比べて大きい結果であった.

### (2) 付着強度

増厚材を施工した面から深さ約 40mm (増厚材 20mm + RC 床版試験体 20mm) のコア切れ込みを入れ,  $\phi 50\text{mm}$  の鋼製治具を増厚材表面に接着させて, 建研式引張試験機により増厚材と RC 床版試験体との付着強度を測定した (写真-6).

下地処理条件の異なる各増厚材のきめ深さと材令 28 日における付着強度との関係を図-6 に示す. 後述の鉄筋の影響を受けない箇所では, 付着強度が  $1.9 \sim 3.9\text{N}/\text{mm}^2$  であるが, きめ深さが及ぼす付着強度への影響は, 今回の試験条件の範囲では明確でない.

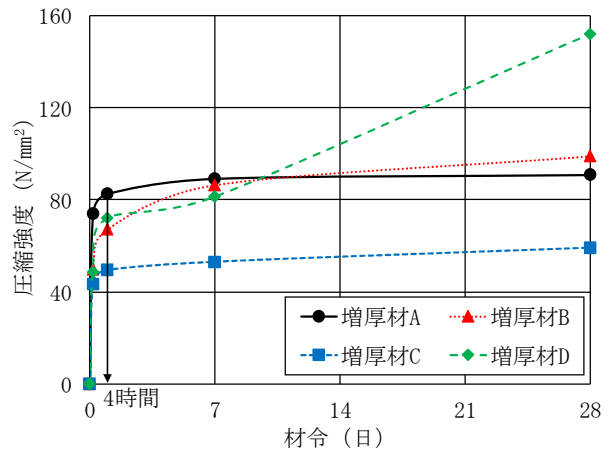


図-4 圧縮強度試験結果

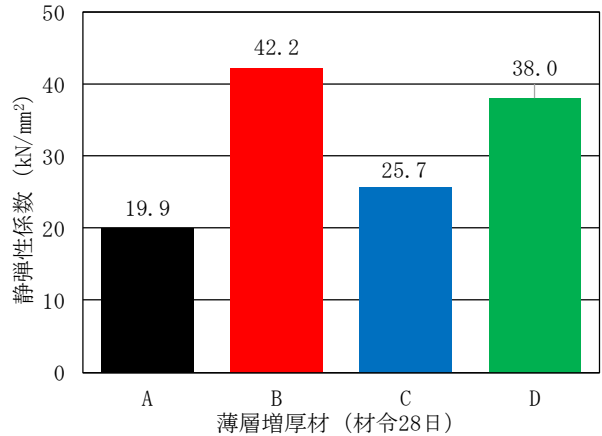


図-5 静弾性係数試験結果



写真-6 付着強度試験状況

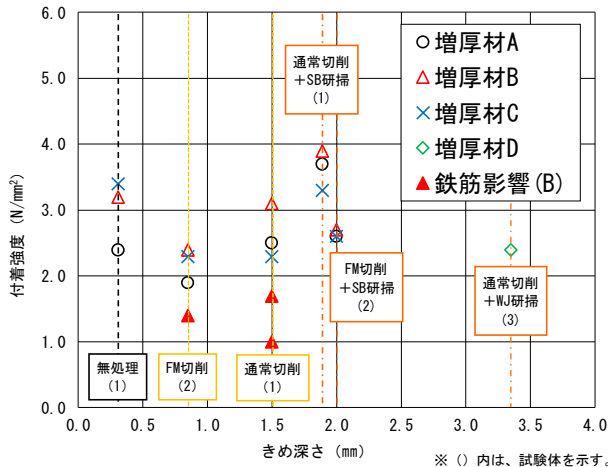


図-6 付着強度試験結果



写真-7 増厚材鉄筋影響箇所

ただし、通常切削及び FM 切削ともに SB 研掃により付着強度が増大しており、切削面のマイクロクラック等損傷部の除去による効果が認められる。

増厚材 B の施工箇所の一部で、下地処理により床版の上鉄筋が露出または鉄筋被りが極端に薄い箇所が生じた（写真-7）。約 20 年の長期間屋外暴露の試験体であったことから鉄筋には錆が生じており、当該箇所の付着強度は鉄筋の影響を受けない箇所と比較して低かったことから、錆の影響によるものと考えられる。また、試験体 1 より試験体 2 の付着強度の方が全体的に低い傾向にあるのは、表-1 のとおり RC 床版試験体母材の圧縮強度が異なることが影響していると考えられる。

付着強度試験時の破断面の主な位置を表-3 に示す。増厚材 A の無処理及び通常切削において接着面で破断している理由は、プライマーの種類がビニルエステルであることが影響している可能性がある。増厚材 B の接着面での破断理由は不明であるが、通常切削のみの場合でも十分に接着していたことから、使用するプライマーの種類が接着強度に影響を及ぼす可能性がある。増厚材 C の無処理、通常切削及び通常切削と SB 研掃で増厚材部での破断は、試験体 1 の母材に比べ増厚材の強度が小さい可能性がある。一方、FM 切削及び FM 切削と SB 研掃では、試験体 2 の母材強度がすべての増厚材の強度を下回っているために母材破断したと考えられる。増厚材 D の通常切削と WJ 研掃の母材破断は、試験体 3 の母材強度が増厚材 D を下回っているためと考えられる。

### (3) 防水性能

増厚材を施工した床版試験体から φ100mm のコア抜きを行い、高さを 70mm 程度（増厚材 20mm+RC 床版 50mm）に切断した供試体を作成し、防水性試験Ⅱ<sup>3)</sup>を実施した結果を表-4 及び写真-8 に示す。

試験は各材料で 3 本ずつ行い、その中で有効に得られた減水量を平均し、RC 床版部まで水が到達していないものを「漏水無」と判定した。

今回実施した試験において、検出液（写真-8 の黄色部）が一部増厚材の内部に浸透しているが、すべての増厚材において、検出液は RC 床版部には到達しておらず「漏水無」を確認し、防水性試験Ⅱを満足する防水性を有していることを確認した。

## 7. まとめ

- (1) 材料特性が異なる 4 種類の増厚材に関する本検討範囲では、下地処理条件が異なる RC 床版試験体との付着強度は、試験体母材の引張強度を上回るとともに、十分な防水性能を有している。
- (2) 付着強度ときめ深さの関係は、明確でない。

表-3 付着強度試験時の破断面の位置

下地処理	破断面				試験体	
切削方法	研掃方法	増厚材A	増厚材B	増厚材C		増厚材D
(無処理)		接着面	接着面	増厚材部	—	1
通常切削	—	接着面	RC床版母材部	増厚材部	—	1
通常切削	SB研掃	RC床版母材部	RC床版母材部	増厚材部	—	1
FM切削	—	RC床版母材部	RC床版母材部	RC床版母材部	—	2
FM切削	SB研掃	RC床版母材部	RC床版母材部	RC床版母材部	—	2
通常切削	WJ研掃	—	—	—	RC床版母材部	3

表-4 防水性能試験

増厚材種類	A	B	C	D
24時間後の平均減水量(ml)	0.60	2.80	15.55	0.53
漏水判定	漏水無	漏水無	漏水無	漏水無

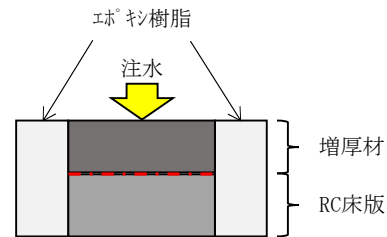


図-7 防水性能試験

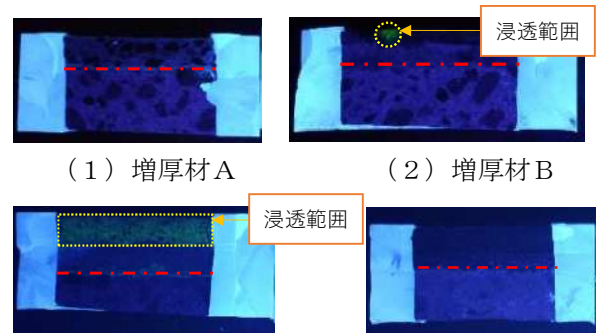


写真-8 防水性能試験結果

- (3) 通常切削のみの下地処理でも、使用するプライマーにより、一定の付着強度が確保できる。
- (4) 被りが薄く錆のある鉄筋がある場合では、増厚材の付着強度の低下が考えられる。このことについては、今後の検討課題である。

なお、今後、都で保有する輪荷重走行疲労試験機を用いて、薄層増厚補強床版の疲労耐久性について検証する予定である。

## 参考文献

- 1) 公益社団法人 日本道路協会：舗装調査・試験法便覧（平成 31 年版）p.[1]-140
- 2) 土木学会 コンクリート標準示方書【設計編】
- 3) 公益社団法人 日本道路協会：道路橋床版防水便覧（平成 19 年 3 月）p.117-121

(2022 年 7 月 8 日受付)

(2022 年 9 月 9 日受理)