

7. RC床版の薄層増厚補修における防水性能を有した増厚材の材料特性

Waterproof Material Properties in Thickness Increase Repair Method for Bridge RC Slabs

技術支援課 笹木 俊一、○前田 洋平、関口 幹夫、大石 雅登

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、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、所定の耐荷力およ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床版における床版防水層や床版コンクリートの補修、さらに床版の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、その長期耐久性を検証するとともに、都道への適用性を検討している。

本稿は、床版上面と薄層増厚材との接着性について、床版上面の状態（下地条件）がどのように影響するかを確認するために、実際の現場で橋面舗装及び床版防水層の撤去を想定した切削及び研掃の条件を変化させて実施した付着強度試験の結果を報告する。また、薄層増厚材自体の材料特性として、防水性能試験等の結果を報告する。

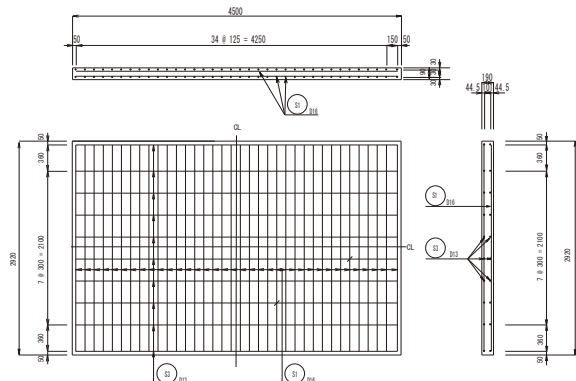
2. 床版試験体の概要

実験に用いた床版試験体は、過年度に都が保有する輪荷重走行試験用に製作された試験体であり、その概要を表-1に示す。なお、試験体3は2.8m×3.5m×厚19cm（図-1（2））を4分割して1.4m×1.7mにしたものを使用した。

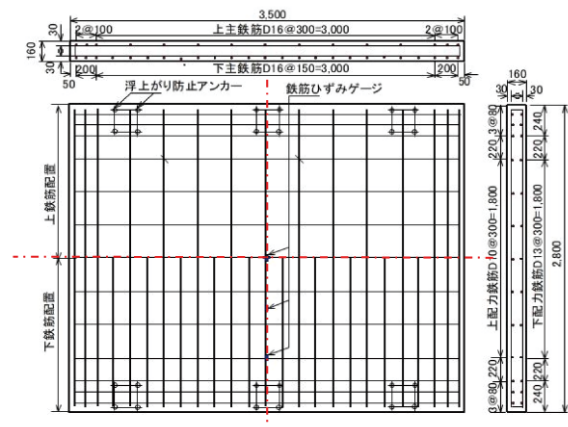
表-1 床版試験体の概要

試験体	寸法 幅×長さ×厚さ[m]	適用 示方書	コア強度 N/mm ²	製作年
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 [※]	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（分割前）

図-1 床版試験体の配筋図

表-1 に示す各試験体のコア強度は、本試験時に、床版試験体からφ10 cm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。また、試験体3は、材令28日の圧縮強度試験の結果である。

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2 cm程度切削した（図-2）。

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ため、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。

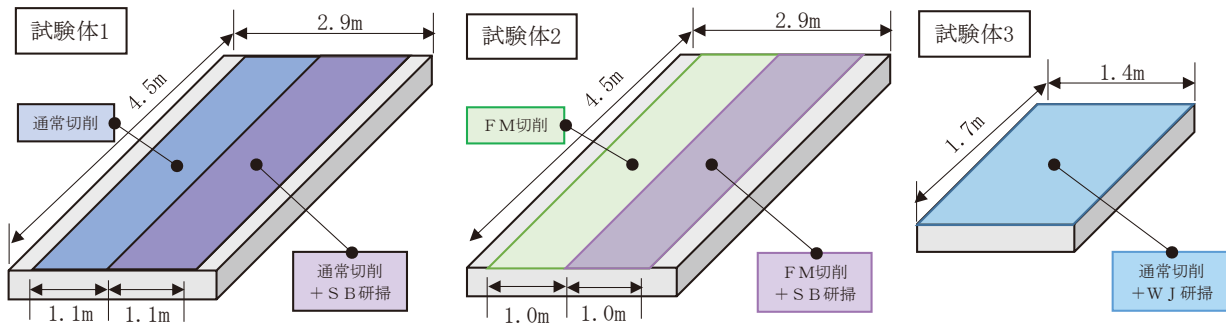


図-2 床版試験体の下地処理概要



(1) 通常切削



(2) 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

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(写真-1(1))である。

試験体2は、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(写真-1(2))である。FM切削機は、通常よりビット数を多くすることでビット1つあたりの破壊に要するエネルギーを小さくして破壊時の騒音低減も期待できる。

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、一般的な床版防水層の撤去を想定して、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/m²、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)。

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、試験体上面に掘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による研掃後は、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が確認できる。

床版試験体の下地処理の粗さを評価する方法として、サンドパッチ法等の各種方法があるが、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¹⁾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研掃により増加する。また、通常切削後は1.50mmに対してFM切削後

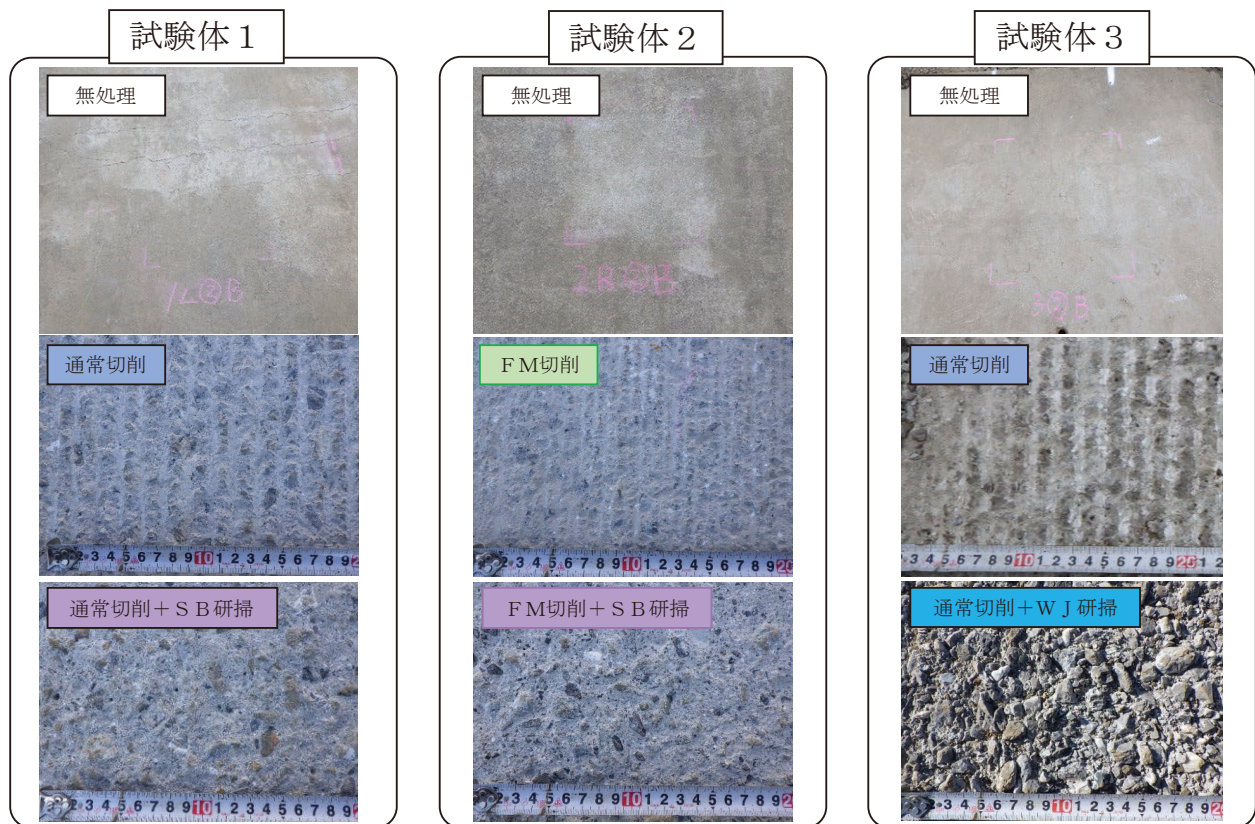


写真-3 切削及び研掃後の床版上面状況



写真-4 回転式きめ深さ測定装置（CTメータ）

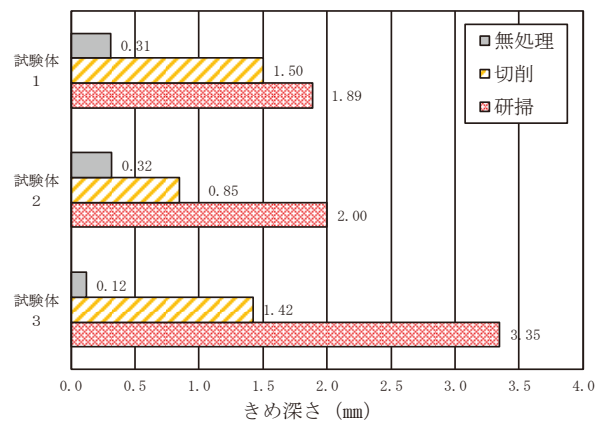


図-3 きめ深さ測定結果

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 S B 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。

また、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 と増加する。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 W J 研掃によりきめ深さは 3.35mm に急増し、今回の試験の範囲では、S B 研掃より大きなきめ深さとなった。

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 の計 4 種類を施工した（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（凸部）が 2 cm 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（最大 8mm）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接着用エポキシ樹脂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、W J 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	(なし)	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	(なし)	3

6. 付着強度及び材料特性試験結果

(1) 付着強度

増厚材を施工した面から深さ約 4 cm（増厚材 2 cm + RC床版試験体 2 cm）のコア切れ込みを入れ、そこにφ50 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-5）。

下地処理条件の異なる各増厚材のきめ深さと材齢 28 日における付着強度との関係を図-4 に示す。鉄筋の影響を受けない箇所では、付着強度が 1.9~3.9N/mm² であるが、きめ深さが及ばず付着強度への影響は、今回の試験条件の範囲では小さい。

なお、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増厚材Bの施工箇所の一部生じた（写真-6）。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、付着強度は鉄筋の影響を受けない箇所と比較して低く、錆の影響によるものと考えられる。

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 に示す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。また、付着強度試験時の破断面はRC床版母材部が多くみられた。

(2) 圧縮強度及び静弾性係数

薄層増厚材毎にφ50×高さ100mmの供試体を作製し、材令4時間、1日、7日、28日の圧縮強度試験の結果を図-5 に示す。一般的な普通コンクリートと異なり、4時間で40N/mm²超の圧縮強度の発現を確認した。一方、図-6 に示す静弾性係数は、Aが20kN/mm²程度と他と比べてやや小さく、Cは一般的な普通コンクリート程度²⁾であり、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。

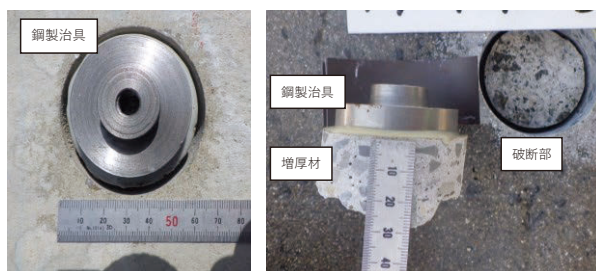


写真-5 付着強度試験

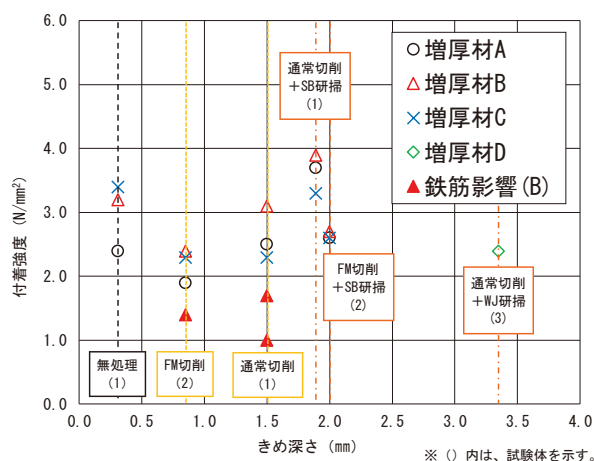


図-4 付着強度試験結果

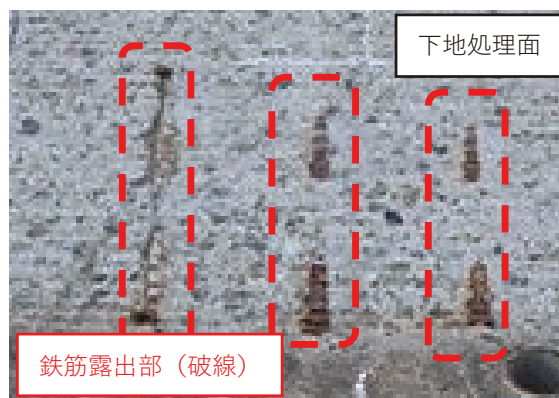


写真-6 鉄筋影響箇所（増厚材B）

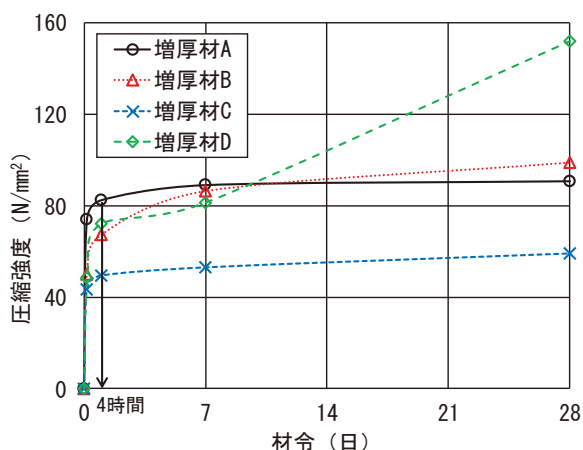


図-5 圧縮強度試験結果

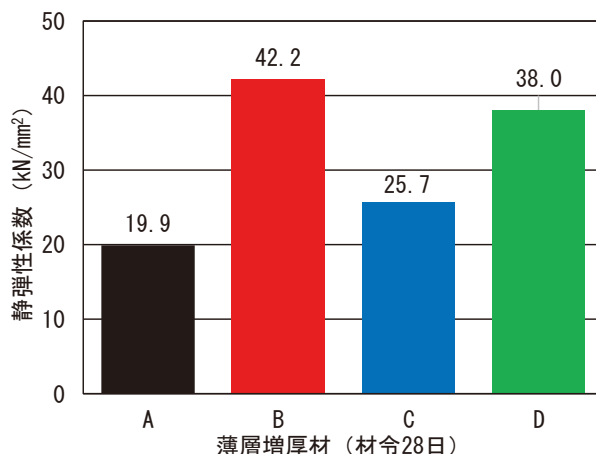


図-6 静弾性係数試験結果

(3) 防水性能

増厚材を施工した床版試験体からφ10 cmのコア抜きを行い、高さを7 cm程度(増厚材2 cm+RC床版5 cm)に切断した供試体を作成し、図-7に示す防水性試験Ⅱ³⁾を実施した結果を、表-3及び写真-8に示す。試験は各材料で3本ずつ行い、RC床版部まで水(検出液:写真-8の黄色点線部)が到達していないものを「漏水無」と判定した。

今回の検討条件の範囲において、検出液が一部増厚材Cの内部に浸透しているが、すべての増厚材において漏水無を確認し、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。

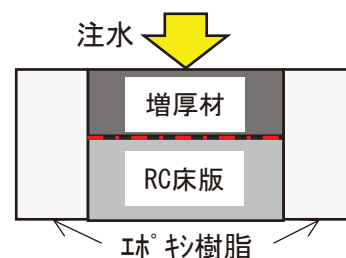


図-7 防水性試験(概要図)

表-3 防水性試験結果

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

7. まとめ

- ① 本検討の下地処理条件の範囲において、きめ深さが及ぼす付着強度への影響は小さい。
- ② 通常切削のみの下地処理でも、プライマーにより、一定の付着強度が確保できる。
- ③ 被りが薄く錆のある鉄筋がある場合は、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。

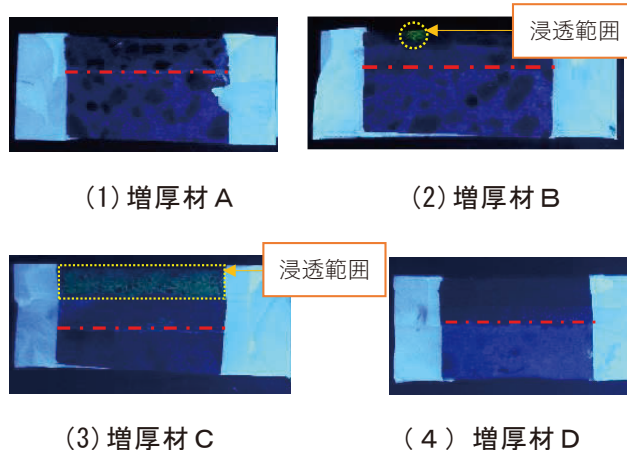


写真-8 防水性能試験結果

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) [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) 117-121