

論文

RC 床版表面における高強度緻密モルタルの適用に関する基礎実験研究

大垣賀津雄*, ○鈴木仁士**, 中島裕***, 大久保藤和****, 石田学****,
広瀬剛*****, 豊田雄介*****

*工博, ものづくり大学 教授, 技能工芸学部 建設学科 (〒381-0038 埼玉県行田市前谷 333 番地)

**学生会員, ものづくり大学, 技能工芸学部 建設学科 (〒381-0038 埼玉県行田市前谷 333 番地)

***工博, 太平洋マテリアル株式会社, 開発研究所 (〒285-0802 千葉県佐倉市大作 2-4-2)

****正会員, 太平洋マテリアル株式会社, 営業本部 (〒114-0014 東京都北区田端 6-1-1)

*****工修, (株)高速道路総合技術研究所, 道路研究部 (〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1)

RC 床版は上面からの水や塩分の浸入を受けるとともに, 輪荷重走行の影響で経年劣化することが知られている. その対策として床版防水工の重要性が明らかになっており, その長期的な性能を確保するためには, 基盤となる床版が健全である必要がある. そのため, 床版表面の不陸調整材料の性能が重要となるが, その材料として高強度緻密モルタルを用いれば, 防水性能も期待できる可能性がある. そこで, RC 供試体の中央部を断面修復したうえで, その表面を流動性のある高強度緻密モルタルにより施工し, 正曲げや負曲げの荷重載荷を実施した. さらに, 実験後の供試体の一部について, 水張り試験を行い, 表面の不陸調整層の防水性能を確認した. これらの結果から, 実験に適用した高強度緻密モルタルが, 防水層を兼ねた不陸調整材としての適用性があることが確認できた.

キーワード: RC 床版, 劣化, 高強度, 無収縮, 超早強, モルタル, 不陸調整

1. はじめに

RC 床版は輪荷重走行の影響で経年劣化することが知られている. その大きな原因の一つに, 上面からの水や塩分の浸入が考えられるが, その対策として床版防水工の重要性が明らかになっている. しかしながら, 維持管理の現場においては, 既に床版の劣化が顕在化している場合や, 過去の舗装改良時に床版が切削機によって損傷している場合がある. 床版防水 (特に高性能床版防水) は, 健全かつ表面が平滑な床版を想定して開発されていることから, このような床版に床版防水を施工しても, 接着不良によって供用後に舗装損傷などの不具合を引き起こすことが懸念される. 従って, 床版防水工の長期的な性能を確保するためには, 基盤となる床版が健全である必要がある. そのため, 床版の断面修復等の補修材料や表面の不陸調整材料の性能が重要となる. しかも, 実際の RC 床版補修工事では, 床版の断面修復, 不陸調整, 防水工および舗装を含めた施工時間が限られる場合に, 適用できる材料は少なく, 現実的には課題が十分解決できていない.

このような状況の中で, 床版表面の不陸調整材料として超緻密高強度繊維補強材料を用いれば, 防水性能も期

待できるとの報告がある¹⁾³⁾. そこで, RC 供試体の中央部をゴムラテックスモルタルで断面修復したうえで, その表面を流動性のある高強度緻密モルタルにより施工し, 正曲げや負曲げの荷重載荷実験を実施した. さらに, 実験後の供試体の一部について, 水張り試験を行い, 表面の不陸調整層の防水性能を確認した.

これらの結果から, 実験に適用した高強度緻密モルタルが, 防水層を兼ねた不陸調整材としての可能性があることが確認できた. 本文は, これらの基礎的な実験内容を報告するものである.

2. 静的載荷実験

2.1 実験供試体

実験を行った RC 床版供試体は図-1 に示す通りである. 供試体の中央部 800mm を床版上面から 80mm の深さ (上側鉄筋の下) まで箱抜きしておき, ポリマーセメントモルタルの一種で床版補修用として開発されたゴムラテックスモルタル⁴⁾で断面修復した. 箱抜きしたコンクリート面に, ゴムラテックスモルタル用プライマーを塗布している.

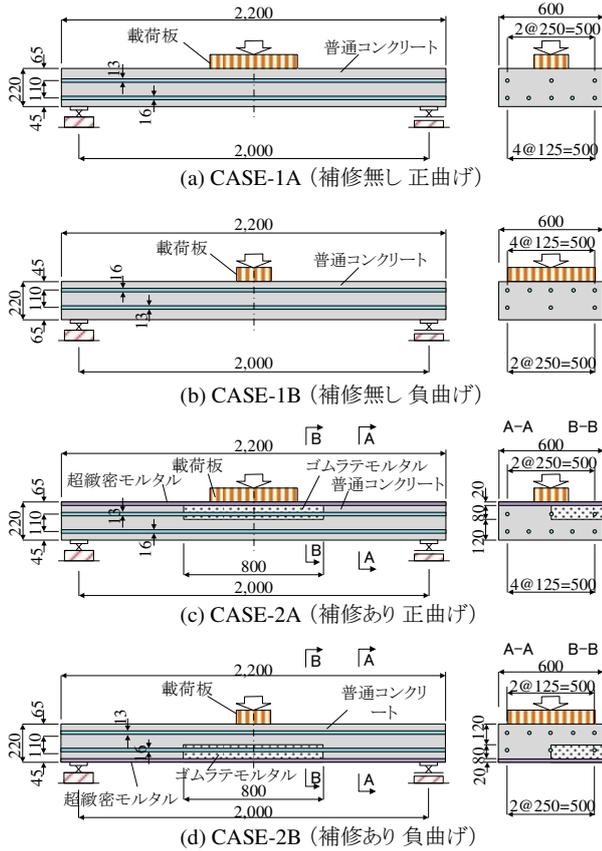


図-1 RC床版実験供試体

表-1 高強度緻密モルタルの諸元

フロー値 (mm)	190×188		
単位容積質量 (kg/L)	2.19		
可使時間 (分)	70 (硬化 90)		
圧縮強度 (N/mm ²)	2 時間	21.0	
	3 時間	24.9	
	4 時間	26.1	
	5 時間	27.0	
	1 日	33.9	
	養生	気中	水中
	7 日	61.9	72.2
28 日	67.2	82.9	
曲げ強度 (N/mm ²)	28 日	12.1	
割裂引張強度 (N/mm ²)	28 日	4.8	
付着強度 (N/mm ²)	28 日	3.5	
乾燥収縮 (×10 ⁻⁶)	気中養生	-290	
	湿潤養生	-42	
	JIS 養生	-240	
自己収縮 (×10 ⁻⁶)	-387		

さらに、床版の表面に厚さ 20mm の高強度緻密モルタルの不陸調整層を施工している。このような断面修復や不陸調整を行わず、普通コンクリートで一体施工した供試体も施工している。

供試体の製作に使用した材料について、本試験の実施



(a) CASE-2A



(b) CASE-2B

図-2 荷重実験の状況

表-2 実験供試体の種類

供試体	普通コンクリート	断面修復	不陸調整	荷重	最大荷重 kN
CASE-1A	○			正曲げ	167.0
CASE-1B	○			負曲げ	81.4
CASE-2A	○	○	○	正曲げ	224.0
CASE-2B	○	○	○	負曲げ	83.2

日に近い材令での圧縮強度を調査した。普通コンクリートの強度は極力低い強度となるように配合したため、現空養生圧縮強度は 15N/mm²(28 日)であった。また、ゴムラテックスモルタルの強度は 53N/mm²(21 日)であった。一方、今回新たに配合設計を行った高強度緻密モルタルの強度・性能等諸元は表-1 に示す通りであり、施工時間の制約に対応できるように可使時間の確保と早期強度の発現が得られる材料である。また、施工性を考慮した流動性を確保しつつ、乾燥収縮や自己収縮を極力低減させた材料である。

2.2 実験方法

荷重実験の状況は図-2 に示す通りである。図-1 に示した通り、荷重方法 CASE-A は 2m の床版支間中央に輪荷重を想定した 500mm×200mm の接地面で正曲げ荷重を行った。一方、CASE-B は同じ供試体を上下反転させて、主桁直上を想定した 200mm×500mm の接地面で負曲げ荷重を行った。実験供試体の種類は表-2 に示す 4 体となる。

3. 実験結果

3.1 荷重と鉛直変位の関係

載荷実験における最大荷重は表-2 に示した通りである。載荷荷重と支間中央の鉛直変位の関係を図-3 に示す。同図表から、負曲げ載荷の CASE-1B と CASE-2B の耐荷荷重は CASE-1A や CASE-2A の半分程度になっている。今回の実験で負曲げ強度が正曲げ強度の約半分になっている理由は、正曲げ用に設計した鉄筋配置の RC 床版を単純に負曲げ実験に適用しているためであり、図 1 で示した通り、引張側の鉄筋が少なくなっている。実橋の RC 床版における主桁直上の引張鉄筋は張出し量や支間長にもよるが、これらの供試体の倍程度の断面積比で配置されており、実際の耐荷力は正曲げと同程度であると考えられる。また、図-3 に示した CASE-2A の正曲げ載荷においては、最大荷重に達する前に変位計が最大値に達したため最終的なたわみは不明である。

3.2 荷重とひずみの関係

載荷荷重と支間中央から左右に 400mm 離れた位置の圧縮側表面のひずみ（6 点の平均値）の関係を図-4 に示す。

普通コンクリート正曲げの CASE-1A は最大荷重が 167kN であり、表面が圧壊して終局を迎えた。一方、高強度緻密モルタルが圧縮側表面にある CASE-2A の最大荷重は 224kN であり、CASE-1A の最大荷重より 34% 増加している。このことから、高強度緻密モルタルを表面に施工することで、強度の低いコンクリートの補強に繋がる可能性があることがわかった。

また、CASE-1B の最大荷重 81.4kN と、高強度緻密モルタルを引張側に適用した CASE-2B の最大荷重 83.2kN とは、ほとんど大きな差異が無く、両者共に圧縮側表面の普通コンクリートの圧壊で終局を迎えた。

高強度緻密モルタルを施工した CASE-2B のひび割れ発生荷重 45kN は、普通コンクリート CASE-1B のひび割れ発生荷重 51kN と同程度である。コンクリート硬化後に施工する不陸調整層には、床版の拘束と乾燥収縮等による引張応力が生じるため、普通コンクリートより引張強度が高くて初期ひび割れの抵抗性が上がらないものと考えられる。

3.3 破壊状況

また各供試体の破壊状況を図-5 に示す。CASE-1B と CASE-2B のひび割れは、その間隔が広くて幅が大きくなっていることが写真からもわかる。これは、CASE-1B と CASE-2B 供試体の引張側鉄筋量が CASE-1A や CASE-2A に比べて 40% と低いためである。逆に CASE-1A と

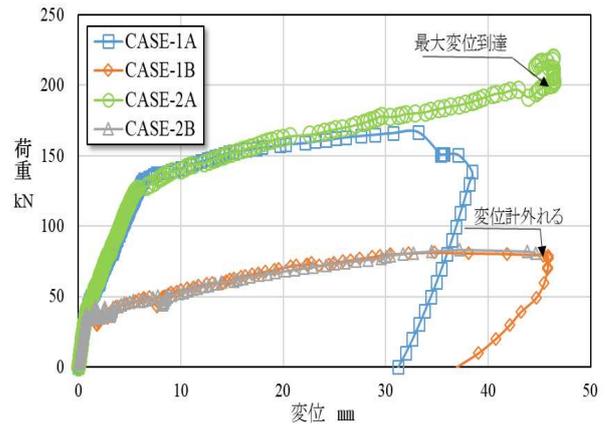


図-3 荷重—鉛直変位の関係

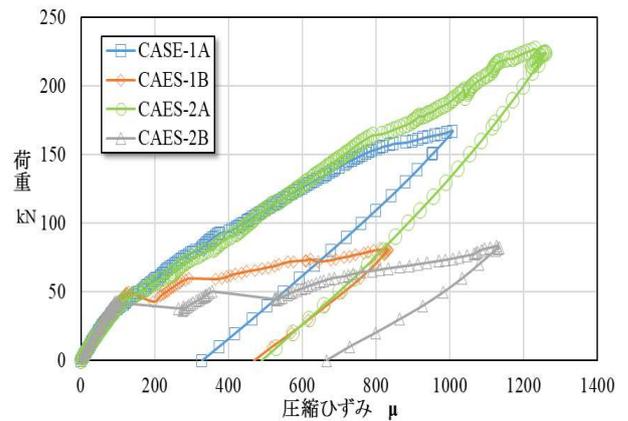


図-4 荷重—ひずみの関係



(a) CASE-1A



(b) CASE-1B



(c) CASE-2A



(d) CASE-2B

図-5 破壊状況

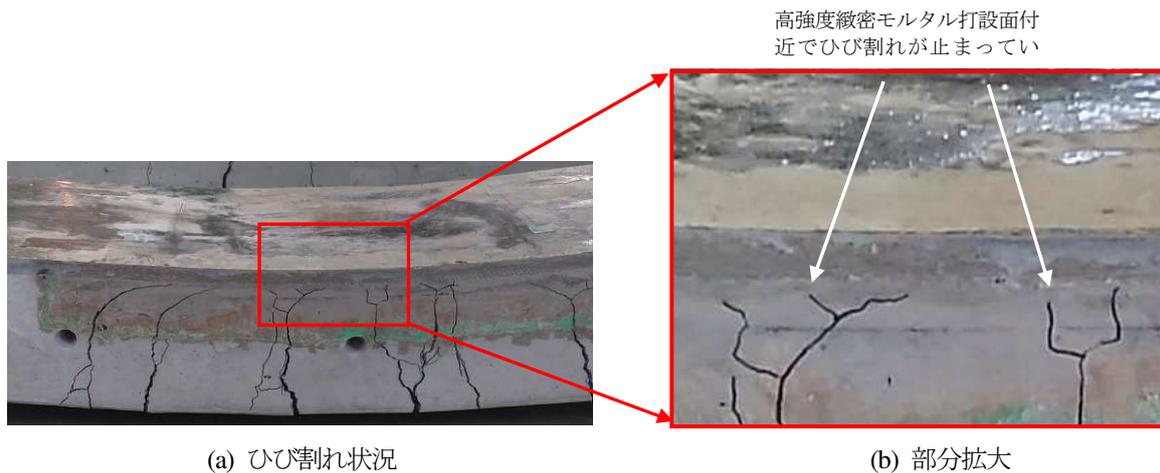


図-6 CASE-2A 破壊状況の詳細

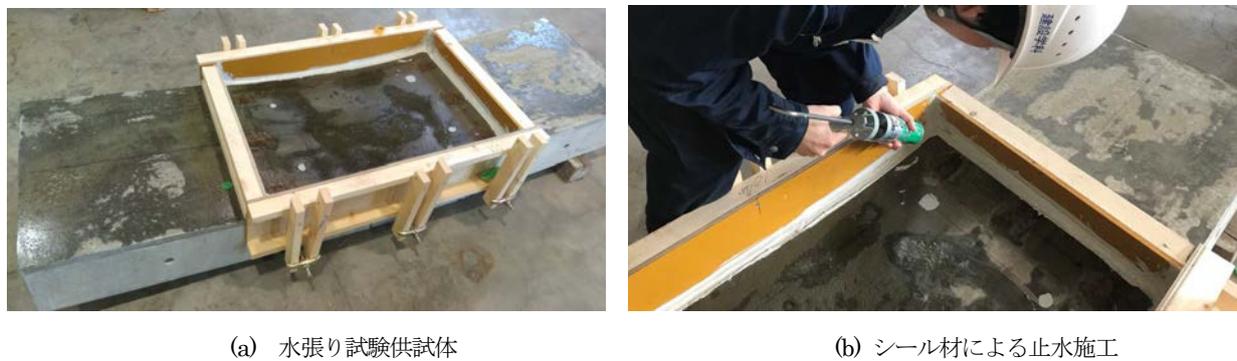


図-7 水張り用試験供試体(CASE-2A)

CASE-2A 供試体の引張側鉄筋量が多いので、ひび割れ本数が多く幅が小さい結果となっており、ひび割れ分散効果が確認できる。

CASE-2A の破壊状況の詳細を図-6に示す。同図から、ひび割れが 20mm 高強度緻密モルタルの不陸調整層直下まで生じることがわかる。CASE-2A の最大荷重 224kN において、載荷荷重の急激な低下がなく、表面に圧壊などの破壊が生じず、変形が大きくなったので載荷を終了させた。

4. 水張り試験

4.1 試験供試体

CASE-2A の正曲げ試験の結果、表面に施工した高強度緻密モルタル層にひび割れが発生しなかった。このような曲げ試験後の状態において、防水性が確保できているかを確認するため、水張り試験を行うこととした。

試験供試体は、静的載荷実験終了後の CASE-2A 供試体の高強度緻密モルタル層上面で、載荷点を含む中央部付近（幅 600mm×長さ 1,100mm）に図-7 に示すような

水張り用の型枠を設置した。また、同図に示すように施工した型枠と表面モルタルの隙間と、型枠間の鉛直方向の隙間に、シール材を盛付けて止水施工を行った。

4.2 試験方法

今回実施する水張り試験は、水張り時間 1 時間と 24 時間の 2 種類を行うこととした。

図-8(a)に示すように、試験前にバケツに入った 10 リットルの水（ビーカーで軽量）、排水用手動ポンプ、および吸水用スポンジの質量を計測した。次に、同図(b)に示す通り、バケツの水を型枠内に周囲に飛び散らないよう注意して注水した。また、同図(c)に示すように、水張り時間終了まで型枠上面をラップで養生し、水分の気中への蒸発を極力少なくした。その後養生ラップを剥がし、同図(d)に示す通り、排水用手動ポンプで水を抜いてバケツに戻した。また、同図(e)に示す通り、排水用ポンプで抜ききれない水をスポンジで吸い取った。水を回収し終えたら、同図(f)に示すように、試験前同様に水の入ったバケツ、排水用手動ポンプ、吸水用スポンジの質量を計量した。



(a) 試験前計量



(b) 注水状況



(c) ラップ養生



(d) 取水状況



(e) スポンジ吸水



(f) 試験後計量

図-8 水張り試験手順

表-3 水張り試験結果

項目	1 時間試験	24 時間試験
試験前の質量(g)	11,177	11,177
試験後の質量(g)	11,172	11,142
用具 (g)	1,177	1,177
試験前水量 (g)	10,000	10,000
水の減少量 (g)	5	35
水の減少量 (%)	0.05	0.35

4.3 試験結果

水張り試験の結果を表-3 に示す。試験前計量と試験後計量の差は 10,000 g の水に対して、1 時間試験では 5 g (0.05%) の減少、24 時間試験では 35g (0.35%) の減少しか変化がなかった。試験場所は屋内実験室の中であるが、日中最高気温が 25°C に達する状況の中での試験であり、若干ではあるが水の蒸発等の影響を受けたと考えられ、24 時間試験では 0.35% の水の減少が生じたものと推定している。

以上のことにより、正曲げ載荷試験後においても、RC 床版表面に施工した高強度緻密モルタル層からの漏水が認められず、本材料が高い防水性能を有することが確認できたと考えられる。

5. まとめ

RC 床版の上面に 20mm 厚さの高強度緻密モルタルの不陸調整層を施工した供試体の静的な曲げ実験の結果、および圧縮側表面の高強度緻密モルタルが圧壊しなかった CASE-2A 供試体の水張り試験の結果から、以下のことがわかった。

- (1) 高強度緻密モルタルで不陸調整層を施工した CASE-2A 供試体の正曲げ載荷による終局強度は、普通コンクリート供試体 CASE-1A に比べて 34% 増加している。また、CASE-2A 供試体の表面不陸調整層での圧壊は見られず、終局段階での急激な強度低下もなく、靱性が高いことがわかった。
- (2) 引張側に高強度緻密モルタルを施工した CASE-2B 供試体の負曲げ載荷による終局強度は、普通コンクリート供試体 CASE-1B と同程度である。また、ひび割れ発生荷重も同程度であり、高強度緻密モルタルの引張側の補強効果は認められない。
- (3) 高強度緻密モルタルを施工した CASE-2A 供試体の正曲げ載荷終了後における水張り試験の結果、不陸調整層からの漏水が認められず、本材料の防水性能の高さを確認できた。

以上のことから、高強度緻密モルタルは圧縮強度が高く、床版支間部の補強に適した材料であるといえる。しかしながら、短繊維等による補強を行っていないため、

材料の引張強度や靱性は期待できない。そのため、主桁直上の床版補強には十分であるとは言い難い。

今後の課題として、この種の不陸調整層材料に繊維補強等の対策を検討して、引張強度や靱性の向上を図る必要があると考えている。また、負曲げ試験における引張側の鉄筋量が少なかったため、この点も改良して、引続き基礎的な実験による確認を行う必要がある。また、強度や防水性のみならず、流動性、速硬性、および可使用時間等の施工条件の確認も行いたいと考えている。

参考文献

- 1) 三田村浩，今井隆，松井繁之：道路橋床版補修に適する超緻密高強度繊維補強材料の開発，土木学会年

次学術講演会，Vol.70，CS10-030，2015.9

- 2) 松井繁之編著：道路橋床版の長寿命化技術，森北出版，2016.9
- 3) 岩本康平，松田浩，森田千尋，上坂康雄，岡村哲夫：RC 床版補修・補強材料としての超緻密高強度繊維補強コンクリートの材料物性に関する研究，土木学会年次学術講演会，Vol.71，V-112，2016.9
- 4) 杉野雄亮，佐竹紳也，大垣賀津雄，小出宜夫：床版補修用ポリマーセメントモルタルの耐久性に関する評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.34，No.1，2012

(2018年7月20日受付)