道路橋 RC 床版の湿潤状態が含浸系防水材の接着強度に及ぼす影響

大阪市立大学大学院　学生員　○遠藤　輝
阪神高速道路　正会員　青木　康素
アイゾールテクニカ　正会員　田村　悟士
大阪市立大学大学院　学生員　小瀬　詠理
阪神高速道路　正会員　松下　麗菜
大阪市立大学大学院　正会員　角掛　久雄

1. はじめに

道路橋 RC 床版の劣化は床版内部が湿潤状態の場合，急激に進行するため，床版防水層の設置が原則化されている．既設橋への床版防水では，まず既設舗装を切削するが，床版表層に凹凸（**図 1**）や，微細ひび割れが発生する場合がある．従来の防水工法である塗膜防水工法は凹凸がある場合，凸部では防水層が薄くなり損傷の可能性が高まる．そこで著者らの一部が凹凸の影響が少ない含浸系防水工法に着目し，塗膜防水材と併用する複合防水システムでの適用を目指し，開発を行った [1)]．開発した含浸系防水工法において，塗布仕様が 2 層式（1 層目にエポキシ樹脂を，2 層目にエポキシ樹脂とセメント粉体を混合したもの）であり，防水効果のみならず，補修効果そして，2 層目にセメント粉体を混合することで，切削面の凹凸を滑らかにする役割を担っている．

しかし，都市高速道路において，交通規制などの施工時間制約が存在する．また，舗装を切削することで床版表面（切削面）の下地状態が同一の床版であっても一定とはなり難い．そのため，実施工における下地状態のパラメータとして考えられるのは，切削深さ，湿潤状態および清掃状態である．

図 1　床版表面の凹凸

図 2　高湿潤状態

表 1　実験パラメータ

名称	下地状態	水分率(%)		防水材
		切削面	平面	
無塗布	乾燥状態	2.7	2.5	無
乾燥	乾燥状態	2.5	2.8	有
湿潤	湿潤状態	6.2	5.5	
高湿潤	高湿潤状態	10.1	10.2	

そのため，まず施工時間短縮を可能とするため，2 層目の早期乾燥・硬化を目指し，材料配合を検討した．さらに，本研究では，実施工への適用性を踏まえ，配合修正して開発した含浸系防水材において，床版の湿潤状態の違いが含浸系防水材の接着強度に及ぼす影響を明らかにする．

２．試験概要

施工時間短縮を目指し，既往研究 [1)]において，提案された早強セメントに加えて速硬性混和材を混合することで，短縮化が可能となった．その材料を用いて，湿潤状態をパラメータに防水層の接着性への影響を確認する．まず，床版表面が湿っている状況を想定して，防水便覧 [2)]での規定である施工時における床版内部の水分率 10%以下に基づき，水分率を変化させる．水分率の目安として，乾燥状態を 1~3%，湿潤状態を 5~7%とする．また，防水便覧の基準値の上限付近である 10%程度の時を高湿潤状態（**図 2**）とする．さらに防水材を塗布しない無塗布供試体も作製する．**表 1** には実験パラメータを示す．なお，表には凹凸面に対しても信頼性のある電気抵抗式水分計を用いて 5 点計測した平均値も示す．

本研究では上記のパラメータに加えて切削面と平面のコンクリート平板に含浸系防水材を塗布して，建研式試験器を用いて接着試験を行った．平面での試験に関しては養生期間もパラメータとして検討を行った．なお，それぞれのシリーズに用いたのは 30×30cm の平板である．試験は供試体の四隅と真ん中の計 5 ヶ所に鋼製治具を取り付けて接着強度を計測した．実験結果は 5 つのうちの最大値と最小値を除く 3 つの平均値とする．

キーワード：含浸系防水材，湿潤状態，接着強度，養生期間，切削面
連絡先：　〒558-8585　大阪府大阪市住吉区杉本 3-3-138　TEL06-6605-2723

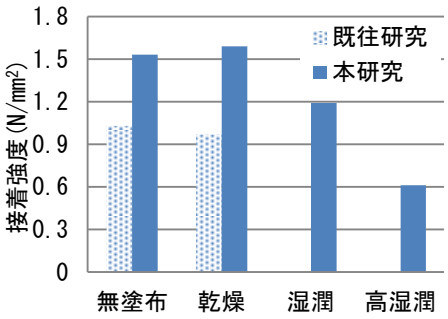


図 3　接着強度(切削面:24 時間)

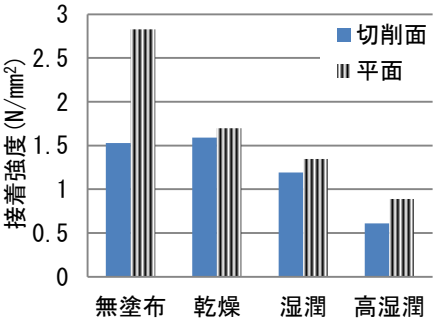


図 5　接着強度（塗布後 24 時間）

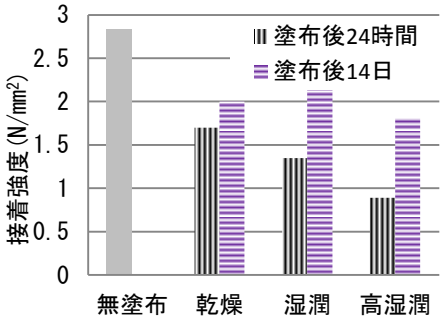
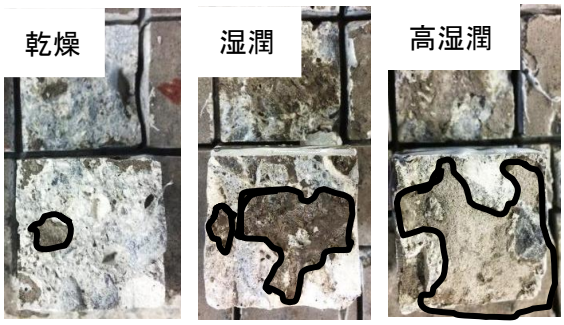


図 6　接着強度（平面）



黒枠：防水材破壊

図 4　試験後の破断面（切削面）

３．切削面の平板での試験結果

あらかじめ切削されたコンクリート平板に防水材を塗布してから 24 時間後に試験を行った．**図 3** に接着強度を示す．なお，参考として既往研究 [1)]の結果も示す．全供試体において，防水便覧 [2)]での合否目安の基準値 0.6N/mm^2 を満たす接着強度が得られたが，湿潤状態によって 2.5 倍以上のバラツキがみられ，水分率の影響が明確に表れた．既往研究と比べると，切削状態の影響から無塗布時の強度が異なるため，強度の単純比較はできないが，乾燥状態においては既往研究とは異なり，本研究で配合修正したものは，無塗布より若干大きくなり，早期の強度発現（補修効果）が得られている．**図 4** に試験後の破断面の例を示す．水分率が高くなるほど防水材破壊の割合も高くなる傾向が得られた．そのため，本材料において，平板の水分率が高くなると含浸系防水材の浸透を妨げ，かつ早期の防水材の硬化に影響を及ぼすことが明らかとなった．

４．平面の平板での試験結果

切削していないコンクリート平板に防水材を塗布してから 24 時間後に試験を行った．**図 5** に接着強度を示す．なお，切削面での接着強度も併せて示す．平面における無塗布供試体の強度はコンクリートの 1 軸引張強度を表しており，防水材を塗布した供試体の強度より明らかに高い．さらに塗布したものはコンクリート母材の破壊がほとんど生じていないため，塗布した防水材自身の接着強度が得られていると考えられる．防水便覧の基準値を全て満たす結果となったが，水分率が高くなることで切削板と同様に強度は低下しているが，平面と切削面での強度差が大きくなっており，切削面のほうが水分の影響を受けやすい．水分率が低いほど，切削の影響が小さく，防水材の接着強度を発揮すると考えられる．

さらに防水材塗布してから 14 日後についても試験を行った．**図 6** に 24 時間後と 14 日後の接着強度を示す．塗布後の養生期間を長くすることで接着強度は向上する結果となった．これはエポキシ樹脂の硬化とセメント粉体の水和反応による硬化が考えられる．塗布後 24 時間では水分率による強度への影響が大きかったが，14 日経過すると概ね 2N/mm^2 前後の接着強度を発揮しており，特に湿潤供試体では高い強度を発揮していた．水分率が大きくなると早期強度発現への影響が大きいが長期的には類似した強度が発現すると考えられる．

５．まとめ

切削面および平面の平板において，塗布後 24 時間で防水便覧の基準値を満たしたが，水分率が大きいほど接着強度は低下する．特に切削面での接着強度のほうが水分の影響を受けやすい．ただし，早期強度発現への影響は水分率の影響を大きく受けるが，長期的には類似した強度が発現すると考えられる．

参考文献

1) 田村，新名，谷口，盛岡，角掛：含浸系床版防水工法の開発と適用性に関する研究，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，日本材料学会，Vol. 17，pp.297-302，2017

2) 日本道路協会：道路橋床版防水便覧，2007