

道路橋 RC 床版における含浸系防水材料の性能評価

STUDY ON PERFORMANCE OF WATERPROOFING MATERIALS FOR ROAD BRIDGE RC SLABS

構造及びコンクリート工学分野 小瀬 詠理
Structural and Concrete Engineering Eri KOSE

道路橋 RC 床版の耐久性向上として床版防水が重要となっている。本研究では、舗装切削による問題や現行の課題に対し、高機能を有する含浸系防水材料を開発し、塗膜防水材料との複合防水工法とすることで、床版防水の品質改善を期待した。そこで、含浸系防水材料単体での防水効果ならびに床版表層の改善効果について明らかにした。その上で、含浸系防水材料および複合防水工法での接着性能・せん断性能を検討したのに加え、床版表面の下地処理が十分行えない場合の含浸系防水材料の性能について評価した。

In this study, we developed impregnated waterproof materials having a high function for current problems of waterproofing systems. And we expected quality improvement by the composite waterproof method combined impregnated waterproof materials and coating film waterproof materials. So, we studied waterproofing effect and improving effect of the surface on RC slabs. Furthermore, we evaluated adhesion performance and shear performance in terms of the impregnated waterproof materials and composite waterproof method. In addition, we evaluated performance of the impregnated waterproof materials when substrate condition on the surface of slabs wasn't conducted enough.

1. はじめに

道路橋 RC 床版は舗装を介して自動車の輪荷重を直接受ける部材であり、雨水や凍結防止剤等の劣化因子の影響も受けやすく、橋梁の中で最も過酷な環境に置かれている部材である。床版の損傷・劣化は交通荷重の繰り返しにより生じる疲労損傷と、舗装の損傷を伴う床版上面の損傷、および鉄筋腐食などによる床版下面の損傷がある。雨水が床版内部へ浸入した場合には、交通荷重による疲労損傷が著しく促進されることが報告されている¹⁾。そこで、道路橋 RC 床版の耐久性向上を目的として、床版内部への雨水等の浸入を防ぐため、床版と舗装の間に防水層を設ける床版防水が重要であるという認識が広がっており、様々な工法が開発されている。

既設橋梁において、新規の防水層の設置や更新が行われているが、舗装を除去する必要があり、床版上面にひび割れなど変状が確認される場合や床版まで過切削してしまう恐れがある。過切削により床版表面が不陸にな

ってしまうことや図-1 のような表面から微細なひび割れが入り、表層が脆弱になってしまうという問題がある²⁾。床版防水施工前の下地処理方法として様々な検討がなされており³⁾、下地処理が重要なのは明らかである。しかし、床版防水施工は交通規制をして行うため、施工時間などに制約がある場合は、十分な下地処理が行えるとは限らない。

現在床版防水として、シート系防水工法と塗膜防水工法を用いた施工が一般的である。床版表面が不陸である場合、シート系防水工法では、不陸の影響を受けて、床版と防水層との接着性が十分ではない恐れがある。塗膜防水工法は、凸部で塗膜防水層厚が薄くなってしまい、アスファルト舗装転圧時に骨材の影響を受けて防水層が破壊してしまう恐れが考えられ、十分な防水効果を発揮できない可能性がある。それゆえ、確実に防水効果を発揮できる床版防水工法が求められている。

課題の解決に向けた手法の一つとして、図-2 に示す複合防水工法が考えられ、高機能を有する含浸系防水材料の開発を行った。含浸系防水材料はコンクリート床版へ含浸することで、塗膜防水工法におけるプライマーとしての機能に加えて、床版表層の改善（緻密化やひび割れ補修効果、不陸解消効果）などが行えると期待されている。

そこで、この含浸系防水材料の防水性能および床版表層

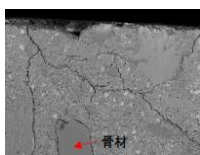


図-1 微細ひび割れ

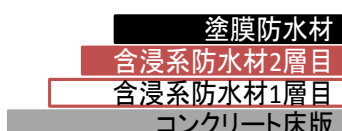


図-2 複合防水工法構成断

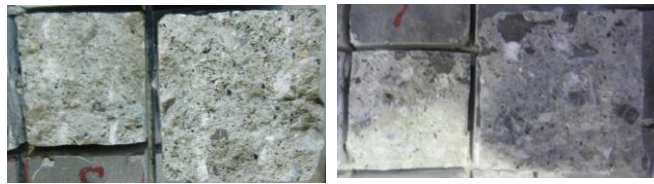
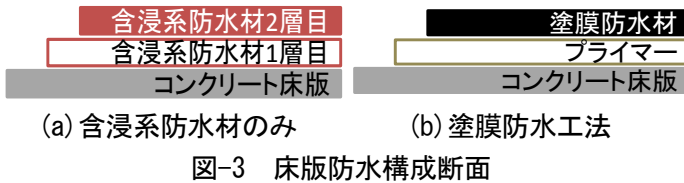


図-3 床版防水構成断面

(a) 24 時間後 (b) 14 日後

図-4 破断断面例

の改善効果についての検証を行った。さらに、含浸系防水材料のみの場合（図-3(a)）および複合防水工法として適用した場合の接着性能やせん断抵抗性能について検討を行った。比較のため、塗膜防水工法（図-3(b)）でも同様に行っている。また、下地処理が十分行えないことを想定した場合の含浸系防水材料の接着性およびせん断抵抗性について検討し、含浸系防水材料の性能について評価した。

2. 含浸系防水材料概要

含浸系防水材料 1 層目として水性エポキシ樹脂（以下、エポキシ樹脂）を用いた。これは、ビスフェノール A 型主剤と脂肪族ポリアミン系硬化剤を混合したもので、混合後には低粘度（10～15mPa・s/5～20℃）の液体となる。コンクリート表層や 0.20mm 以下の微細なひび割れにも浸透することが期待できる。2 層目防水材料として、このエポキシ樹脂に早強セメントを主成分としたプレミックスしたセメント粉体を混合したもの（以下、A 混合防水材料）を用いた。また、複合防水工法では塗膜防水工法よりも作業工程が 1 つ多く、施工時間も多くなってしまう。そのため、A 混合防水材料でのセメント粉体の一部を即硬性混和材に置換することで、施工時間の短縮を図った。A 混合防水材料では硬化に 2 時間以上かかっていたが、改良により 1 時間程度の短縮が可能となった。この改良した 2 層目防水材料を A' 混合防水材料とする。ただし、改良による硬化時間の短縮以外の特性は同じであると考えられる。3 章や 4.1 節では A 混合防水材料にて検討を行ったが、それ以降は A' 混合防水材料にて検討した。図-3(a)のように、1 層目にエポキシ樹脂を平滑面では 0.20kg/m²、凹凸面では 0.26kg/m² だけ塗布した。2 層目に A 混合防水材料もしくは A' 混合防水材料を平滑面では 0.75kg/m²、凹凸面では 1.00kg/m² だけ塗布した。

3. 含浸系防水材料の防水性能

含浸系防水材料の防水効果を確認するため、道路橋床版防水便覧⁴⁾に準拠して防水性試験 I を行った。使用した供試体は 300mm×300mm×60mm の JIS 平板を小型切削

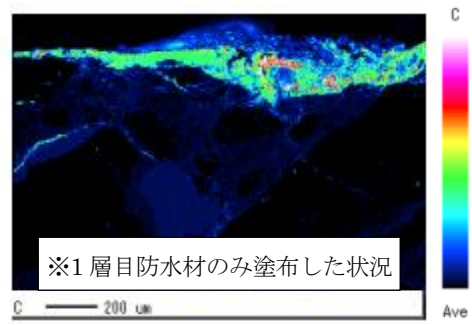


図-5 EPMA による防水材料浸透分析

機にて上面を切削したものである。防水便覧⁴⁾における合否判定の基準は、減水量は 0.2ml であり、これ以下であると防水性を有しているといえる。1 層目にエポキシ樹脂のみを塗布した場合においても、基準を満たした。なお、2 層目防水材料に A 混合防水材料を塗布した場合および塗膜防水材料を組み合わせる複合防水工法とした場合においても共に基準を満たすことを確認した。

4. 表層の改質効果

舗装の除去による課題に対して、含浸系防水材料による床版の表層の改質効果について検証した。ここでは、表層の緻密化、ひび割れ補修効果、不陸解消効果について着目した。

4.1 表層の緻密化

切削したコンクリート板に対して、引張接着試験を行った。供試体は、300mm×300mm×100mm の平板を作製、切削したものをを用いた。ただし、防水性試験 I と切削した時期は異なっている。

(1) 試験方法

引張接着試験は「表面被覆材の付着強さ試験（案）」⁵⁾に準拠して行った。供試体に含浸系防水材料を規定量塗布した。その後、大きさ 40mm×40mm、深さ 15mm の切り込みを各供試体 5 箇所ずつ入れ、治具を取り付け、防水材料塗布から 24 時間後および 14 日後に、試験機を用いて 0.1N/mm²・s となる条件で鉛直方向に破断するまで試験を行った。

(2) 試験結果

防水材料を塗布していない供試体（無塗布供試体）での平均接着強度は 0.93N/mm² であった。防水材料塗布から 24 時間後に試験をした供試体では、図-4(a)のようにすべて母材コンクリートで破断し、平均接着強度は 0.83N/mm² であった。これは、無塗布供試体と類似した強度発現であり、コンクリートへの浸透および硬化が十分ではなく、無塗布供試体同様コンクリート表層の脆弱箇所での破断となったと想定できる。一方、防水材料塗布から 14 日後に試験した供試体では、平均接着強度 1.25N/mm² でコンクリート破断（図-4(b)）となった。含浸系防水材料が母材コンクリートへ浸透・硬化したことで、表層が緻密となり、表層の脆弱箇所の影響を受けな

かったことで接着強度が向上したと考えられる。また、EPMAによる元素マッピングにて、含浸系防水材料1層目のみを切削板に塗布したときの表層の断面の様子を確認した。炭素(C)にて分析を行った結果を図-5に示す(分析範囲1.6mm×1.2mm)。図-5の上面が防水材料を塗布面であり、おおよそ1mm程度の深さであるが、含浸系防水材料がコンクリート表層へ含浸している様子が見られる。引張接着試験の結果を踏まえると、含浸系防水材料が表層に浸透し緻密になったと想定される。

4.2 ひび割れ補修効果

含浸系防水材料が微細なひび割れにも浸透したときの曲げひび割れ強度について着目して、ひび割れ補修効果を検討した。供試体は27-12-20Hのコンクリートを用いて作製した400mm×100mm×100mmのRC梁であり、有効高さ65mmにD10の鉄筋(SD295)を1本埋めた(図-6)。この鉄筋はひび割れ幅を保持する目的で配置した。

(1) 試験方法

支点間300mmとして1点中央荷重を行い、供試体に0.15mm程度の曲げひび割れを作製し、含浸系防水材料を塗布した。1層目防水材料のエポキシ樹脂のみ塗布した場合も検討した。防水材料塗布は荷重時の下面に行うため、荷重後供試体を180度回転させ、防水材料を塗布する面を上面として静置させたときのπゲージの変位が供試体の制御したひび割れ幅として仮定した。検長区間50mmπゲージは荷重時の供試体中央下面に取り付けた。表-1に導入したひび割れ幅を示す。ひび割れ幅を0.15mm程度としたのは、床版のひび割れ幅の限界値が0.20mm程度であり、それよりも小さいひび割れ幅も対象としているためである。また、防水材料塗布する際には側面からの漏れを防ぐために側面のひび割れ部をテープで塞いだ。防水材料14日間養生後、含浸系防水材料を塗布した面を荷重荷重時の下面として供試体を設置し、再度1点中央荷重で荷重をかけ、曲げひび割れ強度を算出した。

(2) 試験結果

防水材料塗布時に、ひび割れに対して1層目防水材料が自然に浸透している様子が確認され、2層目防水材料もひび割れに浸入し、防水材料塗布面に1mm程度の層厚となった。また、再度試験したときは、初期に導入したひび割れと同位置でひび割れが発生したことを確認できた。初期の曲げひび割れ強度は4.6~6.3N/mm²程度であった。1層目防水材料のみ塗布した供試体の曲げひび割れ強度は2.25N/mm²程度であった。1層目防水材料だけでもひび割れに充填してひび割れ補修効果を有しているといえる。さらに、2層目防水材料を塗布すると、防水材料1層より20%程度強度増加した。2層目防水材料の層厚が強度増加に若干寄与したことも考えられるが、2層目防水材料もひび割れ部に浸入したためと考えられる。これより、含浸系防水材料がひび割れに浸透して充填したことでひび割れへ

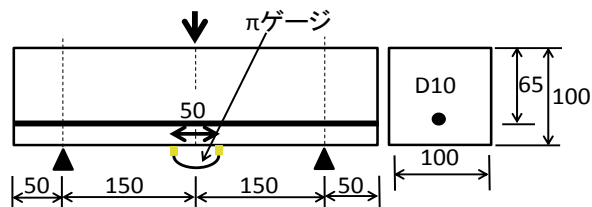


図-6 供試体概要

表-1 曲げひび割れ強度の結果

	1層目防水材料のみ			含浸系防水工法		
	ひび割れ幅(mm)	0.136	0.125	0.179	0.184	0.160
平均ひび割れ幅(mm)	0.147			0.172		
曲げひび割れ強度(N/mm ²)	2.28	2.37	2.11	2.75	3.12	2.67
平均曲げひび割れ強度(N/mm ²)	2.25			2.85		

表-2 塗膜厚測定結果

	平均塗膜厚	標準偏差
複合防水工法	2.44	0.4270
塗膜防水工法	3.27	0.6096

補修効果を発揮したといえる。

4.3 不陸解消効果

含浸系防水材料2層目は、エポキシ樹脂とセメント粉体を混合したものであるため、防水層厚やセメントの硬化により、不陸の凹凸を解消し、複合防水工法における塗膜防水材料の膜厚を均等にすることが期待される。そこで、複合防水工法と塗膜防水工法を施工した供試体を用意して、膜厚計にて塗膜防水材料の膜厚を計測し、含浸系防水材料の不陸解消効果について評価を行う。使用した膜厚計は針を指して膜厚を計測するものである。

防水性試験Iで用いた供試体と同様に、JIS平板を切削した供試体に図-2のように複合防水工法および図-3(b)のように塗膜防水工法を施工した。この供試体に対して膜厚を測定した。各工法につき、供試体5体を用意し、1体につき5箇所、計25箇所を測った。そのときの平均塗膜厚とその標準偏差を表-2に示す。切削板の凹凸の影響を受けて塗膜厚にばらつきが見られたが、標準偏差に着目すると、塗膜防水工法より複合防水工法のほうが塗膜厚のばらつきが小さい結果となった。また、同様の条件でCTメーターを用いて塗膜厚を測定し、含浸系防水材料2層目による不陸の凹凸を解消効果についても報告されている⁹⁾。これより、含浸系防水材料による不陸解消効果があるといえる。

5. 接着性能およびせん断性能

含浸系防水材料を適用したときの接着性能およびせん断性能について検討を行った。さらに、含浸系防水材料に塗膜防水材料を組み合わせた複合防水工法の時でも検討を行った。比較のため、塗膜防水工法でも同様に行った。

(1) 試験方法

接着性能については、4.1節で行った引張接着試験にて、せん断性能は一面せん断試験にて評価を行った。試

験するにあたり、母材コンクリートのばらつきなどを考慮しないため、試験ごとにすべて同じコンクリートを用い、平滑な面に防水材料を塗布して行った。なお、コンクリート表面の水分率は3%以下、試験環境は23℃程度であった。

引張接着試験の供試体は、300mm×300mm×60mmのJIS平板を用いた。4.1節と同様に防水材料塗布から24時間後と14日後に試験を行った。一面せん断試験には、100mm×100mm×100mmのコンクリートを母材供試体として用いた。この供試体上面に防水材料を規定量塗布した。防水材料塗布から14日後に、母材供試体と同寸法の接着供試体を防水材料塗布面と接着した。ここで使用した接着剤はせん断変形に追従しないものである。図-7のように、左側に母材供試体、右側に接着供試体として接着した供試体に治具を取り付け、0.1N/mm²・sとなる条件で試験を行った。破壊したときの最大荷重および最大荷重時における変位量を計測して、せん断強度を算出した。せん断強度は最大荷重を接着面積で除して算出し、その接着面積は防水材料塗布面の面積とした。変位量は片側の供試体にカンチレバ型変位計を取り付けて計測した。

防水便覧⁴⁾における引張接着試験の合否判定は23℃環境下での試験で接着強度0.6N/mm²である。せん断試験の合否判定は、23℃環境下で0.15N/mm²である。防水

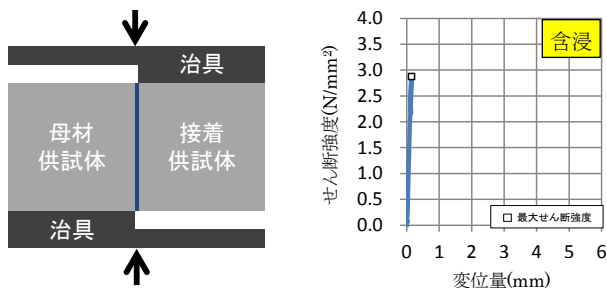


図-7 せん断試験概要 図-9 せん断強度-変位量関係

表-3 試験結果 (含浸系防水材料)

試験		防水材料養生期間	試験結果
引張接着試験	接着強度(N/mm ²)	24時間	1.60
		14日間	2.11
一面せん断試験	せん断強度(N/mm ²)	14日間	2.93
	変位量(mm)		0.147



(a) 引張接着試験後 (b) せん断試験後

図-8 試験後破断断面例 (含浸)

便覧⁵⁾における両試験とも、床版と防水層および舗装を

含んだ防水システムとしての試験となっている。本試験ではともに舗装を設置せずに床版と防水層との性能を評価するため、この合否判定を一参考とする。

(2) 試験結果

含浸系防水材料のみを塗布した場合の引張接着試験結果および一面せん断試験結果を表-3に示す。図-8には引張接着試験での養生期間24時間後の破断断面例およびせん断試験後の破断断面例を示す。さらに、図-9にせん断強度-変位量関係を示す。

図-8の破断断面例より、養生時間にかかわらず、2層目防水材料での破断が支配的であった。また、養生期間24時間でも防水便覧⁴⁾の基準の2倍以上の接着強度を発揮している。養生期間が長くなると、30%程度の強度向上が見られた。これは含浸系防水材料の浸透・硬化が安定となったため、強度向上が見られたと考えられる。さらに母材コンクリートに引張接着試験を実施し、その接着強度が2.67N/mm²であったことから、含浸系防水材料塗布後14日後では母材コンクリートに近い強度を発現した。せん断性能については、防水便覧⁴⁾の強度よりも高いせん断強度を有している。しかし、図-9より、最大せん断強度を迎えたのち、急激に強度低下する傾向が見られた。これより、含浸系防水材料のみでは、高いせん断強度を発揮するが、せん断変形に追従することなく、破壊に至るといえる。変位量については、防水便覧⁴⁾では防水システムとして舗装も大きく抵抗するため、舗装がない本試験では防水便覧⁴⁾の基準よりも小さくなった。

また、複合防水工法における引張接着試験結果および一面せん断試験を表-4に示し、塗膜防水工法における結果を表-5に示す。さらに、両試験後の破断断面例を、複合防水工法の場合は図-10に、塗膜防水工法は図-11に示す。なお、防水材料の養生期間によらず同様の破断断面例であったため、含浸系防水材料と同様に、引張接着試験では養生期間24時間での破断断面例を示している。また、図-12にせん断強度-変位量関係を示す。

複合防水工法では、図-10より、含浸系防水材料の2層目防水材料と塗膜防水材料との界面での破断が支配的であった。塗膜防水材料は比較的柔らかい性質であるのに対して、2層目防水材料はセメント粉体を含んでいるため硬い性質であるといえる。そのため、2層目防水材料と塗膜防水材料では硬質が異なるため、その界面での破壊が起りやすくなったと考えられる。せん断特性については、せん断強度が最大を迎えても変位が進展したことから、図-9の含浸系防水材料での挙動と比較しても、複合防水工法にすることで耐変形性が向上するといえる。また強度については、いずれも防水便覧⁴⁾の基準を満たしているが、2層目防水材料と塗膜防水材料との接着性に依存すると考えられる。

塗膜防水工法では、引張接着試験ではプライマーでの破断、せん断試験では母材供試体とプライマーとの界面での破断が多くを占めた。接着強度ではいずれも防水便

覧⁴⁾の基準を満たしたが、防水材の養生期間が短い場合ではプライマーの硬化が十分ではなく接着強度が低くなったと考えられる。養生期間 14 日間では複合防水工法と類似した強度発現であった。これより、塗膜防水材の特性が複合防水工法および塗膜防水工法の接着性能に影響したと考えられる。さらに、せん断特性は、複合防水工法と同様の挙動を示したことから、塗膜防水材が高いせん断抵抗性を有しているといえる。これより、複合防水工法では塗膜防水工法と類似した性能を示すといえる。また、複合防水工法では防水材塗布後すぐでも十分強度発現すると想定される。

表-4 試験結果（複合防水工法）

試験		防水材養生期間	試験結果
引張接着試験	接着強度(N/mm ²)	24時間	0.90
		14日間	0.86
一面せん断試験	せん断強度(N/mm ²)	14日間	0.70
	変位量(mm)		0.49

表-5 試験結果（塗膜防水工法）

試験		防水材養生期間	試験結果
引張接着試験	接着強度(N/mm ²)	24時間	0.65
		14日間	0.91
一面せん断試験	せん断強度(N/mm ²)	14日間	0.42
	変位量(mm)		0.77

6. 下地状態による含浸系防水材の性能

床版防水施工前に下地処理が十分行えないことを想定した場合の含浸系防水材の接着性およびせん断抵抗性について検討した。ここでは、防水工施工前に降雨があった場合などを考え、母材コンクリートの水分状態について着目し、引張接着試験および一面せん断試験にて評価する。

(1) 試験方法

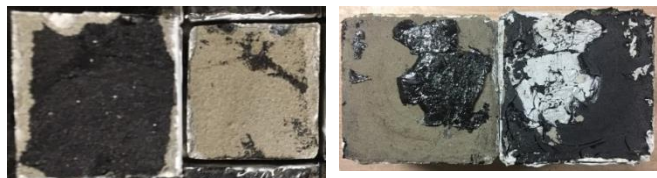
床版の状態を模擬するため、供試体の水分率を変数として、4%未満を乾燥状態、4%～7%を湿潤状態、7%以上を高湿潤状態として定義し、この3条件で行った。引張接着試験では5章と同様に防水材の養生期間を24時間と14日間とし、せん断試験では14日間とした。供試体名を乾燥、湿潤、高湿潤と呼び、引張接着試験では乾燥_24hや湿潤_14dのように防水材養生期間も合わせて示す。

湿潤および高湿潤では、供試体を水中に1日以上浸漬させ、防水材塗布前に水から取り出して水分率を調整・計測後含浸系防水材を規定量塗布した。せん断試験における防水材塗布直前の各供試体様子を図-13に示す。防水材塗布後は、4.1節と同様に引張接着試験を、5章と同様に一面せん断試験を行った。

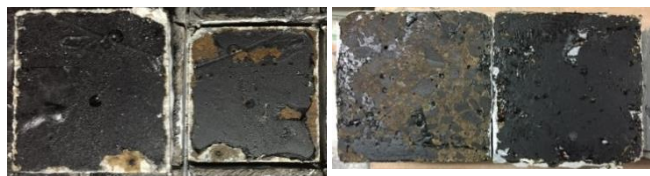
(2) 試験結果

両試験の結果を表-6に示す。図-14および図-15は引張接着試験後、一面せん断試験後の供試体破断断面例を示している。なお、乾燥は5節での結果である。供試体の水分率をそれぞれ調整することができた。

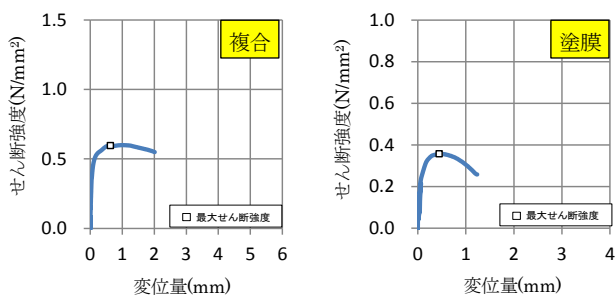
図-14に示す破断断面例に着目すると、防水材塗布から24時間後に試験した供試体では2層目防水材の破断が支配的になった。母材コンクリートにエポキシ樹脂が浸透する際に溶媒である水分が蒸発することで、エポキシ反応が促進されることがわかっており、コンクリート表面から過剰な水分の供給があると、乾燥状態に比べて含浸系防水材の硬化が遅くなったことが予想される。そのため、2層目防水材の破断が支配的であったと考えられる。さらに高湿潤_24hでは一部で1層目防水材での



(a) 引張接着試験後 (b) せん断試験後
図-10 試験後破断断面例（複合）



(a) 引張接着試験後 (b) せん断試験後
図-11 試験後破断断面例（塗膜）



(a) 複合防水工法 (b) 塗膜防水工法

図-12 せん断強度-変位量関係



(a) 乾燥 (b) 湿潤 (c) 高湿潤

図-13 防水材塗布直前供試体様子

破断（図-14 (b)での黒線で囲まれた箇所）が見られた。これは母材コンクリート表面と含浸系防水材料界面に水が存在したことで、蒸発し防水材料硬化後にその界面に空隙が生じ多孔質な状態になったため、1層目防水材料の破壊となったと想定される。接着強度は乾燥_24h>高湿潤_24h>湿潤_24hの順で小さくなった。破断断面では一部で水分状態の影響を受けたが、接着強度を考慮すると、明確な傾向は得られなかった。

また、防水材料養生期間14日間では、水分状態に関わらず、母材コンクリートでの破断箇所が増加する傾向が見られた。接着強度では乾燥_14dと湿潤_14dにて2.0N/mm²程度であり、高湿潤_14dは若干低い接着強度であった。ただ、高湿潤_14dでは乾燥・湿潤と比較して、コンクリートでの破断箇所が多いことから、含浸系防水材料の接着強度は1.72N/mm²以上であると考えられる。そのため、破断断面を考慮すると、防水材料塗布から14日後ではコンクリートの水分状態による影響はわずかであるといえる。

せん断性能については、5章と同様の挙動であり、水分状態に関わらず、同様の傾向であった。2層目防水材料の破断が多くを占めた。せん断強度では、湿潤では乾燥と類似した強度となり、高湿潤では35%近く低下した。引張接着試験と同様に、コンクリートと防水材料間に水があると、その界面が多孔質な状態になり、高湿潤の強度低下に繋がったと考えられる。だが、水分状態によるせん断性能については明確な傾向が得られなかった。

7. まとめ

本研究では、含浸系防水材料の性能について評価した。そこで得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 防水性試験Iを行い、含浸系防水材料に防水性能を有していることを確認した。
- 2) 含浸系防水材料がコンクリート表層へ浸透することで表層が緻密となり、接着性の向上に繋がった。

表-6 試験結果（水分状態）

試験		防水材料養生期間	名称		
			乾燥	湿潤	高湿潤
引張接着試験	接着強度(N/mm ²)	24時間	1.60	1.26	1.50
		14日間	2.11	2.07	1.72
一面せん断試験	せん断強度(N/mm ²) 変位量(mm)	14日間	2.93	3.30	1.98
			0.15	0.15	0.22

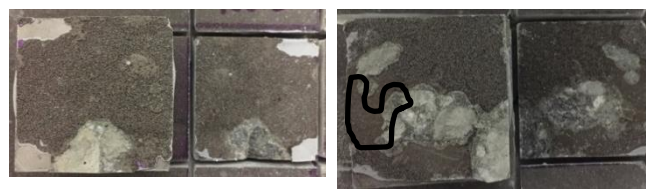


(a) 湿潤 (b) 高湿潤
図-15 せん断試験後破断断面例

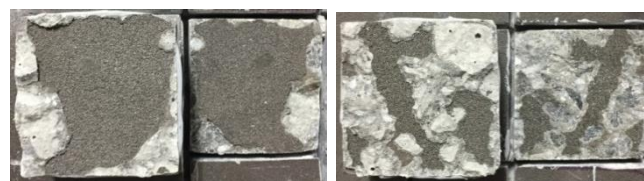
- 3) 含浸系防水材料が0.20mm以下のひび割れに浸透し充填することで、ひび割れの補修効果を有していることがわかった。
- 4) 2層目の含浸系防水材料は床版の不陸を解消に塗膜厚を均等にする効果を有することがわかった。
- 5) 含浸系防水材料の接着性については、2層目防水材料の硬化が安定すると、2.0N/mm²近い接着強度発現が見られた。複合防水工法では、塗膜防水工法と同等の接着性を有することがわかった。せん断変形に追従しないが、複合防水工法とすることで耐変形性が向上することがわかった。
- 6) 水分状態が高くなると、長期的には接着性能に影響は少ないと考えられる。せん断強度については明確な傾向が得られなかった。

参考文献

- 1) 松井繁之：移動荷重を受ける道路橋RC床版の疲労強度と水の影響について、コンクリート工学年次論文報告集，pp.627-632，1987
- 2) 松井隆行ら：保全における床版防水の課題，プレキャストコンクリート技術協会，第20回シンポジウム論文集，2011年10月
- 3) 長谷俊彦ら：コンクリート床版の表面状態が接着性に及ぼす影響に関する一検討，土木学会第64回年次学術講演会，V-145，p.138-140，2009.
- 4) 日本道路協会：道路橋床版防水便覧，2007
- 5) コンクリート標準示方書規準編，2013年11月
- 6) 田村悟士ら：不陸調整機能を有する含浸系防水材料による床版防水層の品質向上についての研究，アップグレードシンポジウム，1161



(a) 湿潤_24h (b) 高湿潤_24h



(a) 湿潤_14d (b) 高湿潤_14d
図-14 引張接着試験後破断断面例