

コンクリート構造物の補修に使用する断面修復材の強度への試験条件の影響

川上明大・片平 博・古賀裕久

1. はじめに

既存コンクリート構造物の多くは、供用開始から数十年以上が経過し、今後は適正な維持管理方法に従って、調査、診断、補修・補強対策を講じることが重要であるとの認識が広まっている。

コンクリート構造物の代表的な補修方法の一つとして断面修復工法がある。現在、断面修復材の要求性能や試験方法には、JISや土木学会規準等として複数の提案があり、構造物の種類や管理者によって参照している規準類が異なる場合がある。今後、これらを整合させていくためには、規準類による試験条件の違いが試験結果に及ぼす影響を明らかにする必要がある。本報では、断面修復材の圧縮強度および付着強度の試験条件に着目して検討した結果を紹介する。

一般的なコンクリートの圧縮強度試験は、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」（写真-1左）に従って行うが、供試体は円柱で、JIS A 1132「コンクリートの強度試験用供試体の作り方」で定められた粗骨材の最大寸法の3倍以上かつ100mm以上の直径、高さと直径の比（以下「h/d」という。）が2倍程度のものが用いられる。

一方で、断面修復材は、骨材の最大寸法が5mm程度のモルタルが主流である。モルタルの圧縮強度試験方法は、JIS R 5201「セメントの物理試験方法」に規定があり、40×40×160mm角柱供試体の曲げ強さ試験後の折片を使用して、40×40mm角の圧縮板で载荷を行う方法である（写真-1右）。断面修復材の圧縮強度試験は、JIS R 5201で試験が行われる場合が多いが、JIS A 1108とする規準もある。また、補修現場では作業の容易さからφ50×100mm円柱供試体を用いる場合もある。そこで、供試体寸法やh/dの違いに着目して検討を行った。

また、断面修復材と下地コンクリートとの付着強度試験も試験方法によって試験面の形状、寸法、

載荷速度が異なる。JIS A 1171「ポリマーセメントモルタルの試験方法」では試験面が40×40mm角の正方形であるのに対し、土木学会規準JSCE-K 561「コンクリート構造物用断面修復材の試験方法（案）」では、φ50mm以上の円形としている。試験面の形状の違いにより、試験前に行う切込み（図-1）方法も異なっている。本報では、比較的簡便で現場での品質管理等で利用されることの多い片引き引張試験方法（図-1）を対象とした。片引き引張試験は、試験方法の規定がないことから、試験面の形状、寸法、切込み方法、載荷速度の違いが試験結果に及ぼす影響を検討した。

2. 実験方法

2.1 使用した材料

実験に使用した断面修復材の配合を表-1に示す。配合は、市販の左官工法用断面修復材を模擬し、早強ポルトランドセメント、細骨材を主成分としたセメントモルタルと、これにアクリル系粉末ポリマーを結合材に対して5%添加したポリマーセ



円柱供試体
(JIS A 1108)



角柱供試体の折片
(JIS R 5201)

写真-1 圧縮強度試験の状況

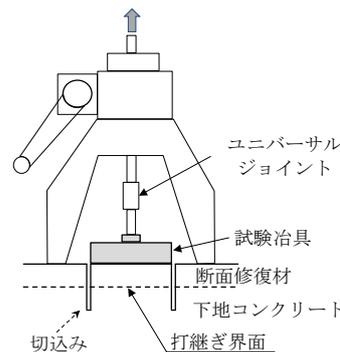


図-1 付着強度試験の状況

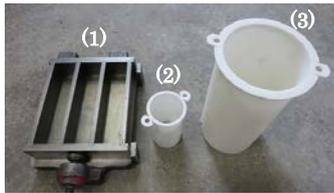
表-1 断面修復材の配合

ポリマー	ポリマー結合材比 (%)	水結合材比 (%)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)							ポリマー* (kg/m ³)
				水	結合材		石灰石微粉末	細骨材	ビニロン繊維	収縮低減剤	
					早強セメント	膨張材					
無添加	0	46	3	356	744	30	244	712	2.6	16.7	0
添加	5										39

※ポリマーの配合量は、単位量を示したセメントモルタル中の結合材に対して外割り添加としたため、別に表した

表-2 下地コンクリートの配合、物性

Gmax (mm)	W/C (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)					フレッシュ性状		硬化性状
			水	普通セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)
20	50	45	172	344	779	988	0.87	12.1	4.9	46.4



(1) 40×40×160mm角柱型枠
(2) φ50×100mm円柱型枠
(3) φ100×200mm円柱型枠

写真-2 圧縮強度試験用型枠

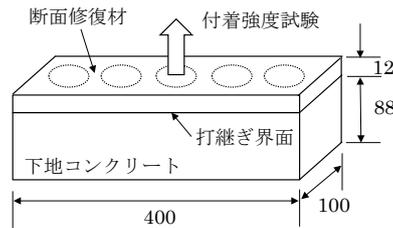
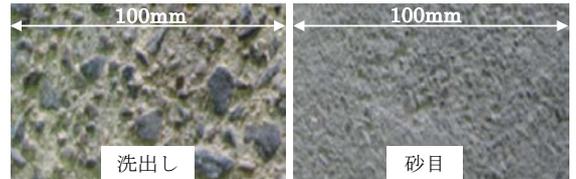


図-2 付着強度供試体の形状



ウォータージェット工法による劣化部のはつり処理相当
サンドブラスト処理による劣化部のはつり処理相当

写真-3 打継ぎ界面の粗さ

メントモルタルとした。なお、付着強度試験の下地コンクリートは表-2のものを使用した。

2.2 断面修復材の練り混ぜ、成型および養生

表-1の配合を20℃の室内でモルタル用ミキサーを使用して練り混ぜた。練り混ぜ時間は2分間とした。圧縮強度用供試体は、写真-2に示す3種類の型枠に充填し作製した。

付着強度用供試体(図-2)は、断面修復材の施工厚さを12mmとし、打継ぎ界面の粗さ(写真-3)を洗出しと砂目の2条件とした。また、断面修復材の水分が下地コンクリートに吸収されて、セメントの水和が阻害される現象(ドライアウト)の防止対策として、打継ぎ界面にアクリル系エマルジョンを塗布したプライマー処理と水を噴霧した水湿し処理の2条件を比較した。

圧縮強度用供試体は、打設直後から材齢28日まで20℃で湿布養生した。付着強度用供試体は断面修復材を打継ぎ後、7日間20℃で湿布養生し、21日間20℃、60%RHの室内で養生した。

2.3 圧縮強度試験

圧縮強度試験は、材齢28日で実施した。角柱供試体は、曲げ強さ試験後の折片を使用し、平滑な型枠面に40×40mm角の圧縮板を用いて載荷した。載荷速度はJIS R 5201に準拠し、1.5N/mm²/secとした。

円柱供試体は、端面を研磨処理で平滑にしたφ50mmまたはφ100mmの面に載荷した。載荷速

度はJIS A 1108に準拠し、0.6N/mm²/secとした。試験数は折片が各配合6片(角柱供試体は各配合3体)、円柱供試体は各配合3体とした。

2.4 付着強度試験

付着強度試験は、材齢28日で実施した。図-1に示すように試験前に切込みを入れ、試験面に試験治具を接着し、接着力試験器で載荷した。試験面の寸法、形状の影響を見る試験は、JIS A 1171に準拠した40×40mm角、JSCE-K561に準拠したφ50mmおよびφ62mmの3条件で行った。試験前に行う切込みは40×40mm角は乾式ハンドカッター、φ50mm、φ62mmは湿式コアマシンを使用した。

載荷速度の影響を見る試験は0.004N/mm²/sec、JIS A 1171に準拠した0.02N/mm²/sec、0.1N/mm²/secの3条件とした。供試体数は各条件1体、試験数は1体あたり5箇所とした。

3. 実験結果および考察

3.1 圧縮強度試験結果

圧縮強度試験結果を図-3に示す。供試体形状の違いによる圧縮強度への影響は、ポリマー添加の有無にかかわらず同様の傾向が見られ、40×40×160mm角柱供試体の折片の圧縮強度が最も高く、次いで、φ50×100mm、φ100×200mm円柱供試体の順であった。また、供試体形状にかかわらず、ポリマー無添加に対し、ポリマーを添

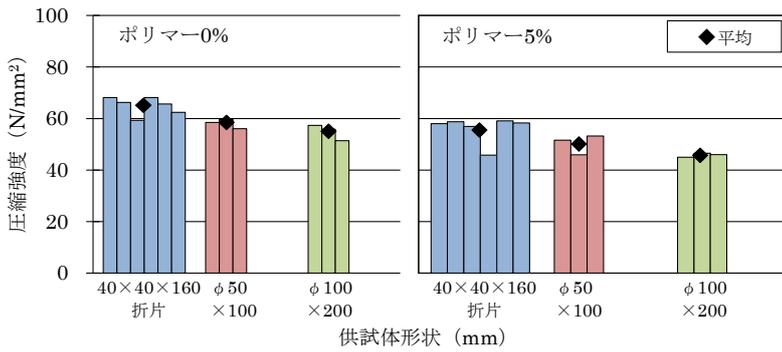


図-3 圧縮強度試験結果

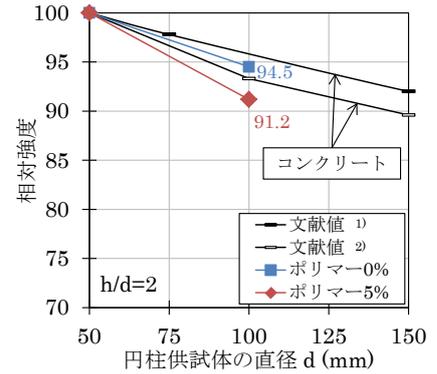


図-4 円柱供試体の寸法と相対強度の関係

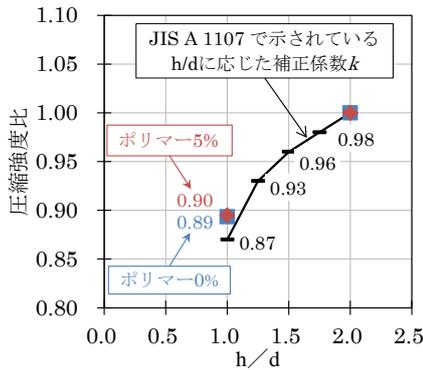


図-5 h/dと圧縮強度比の関係

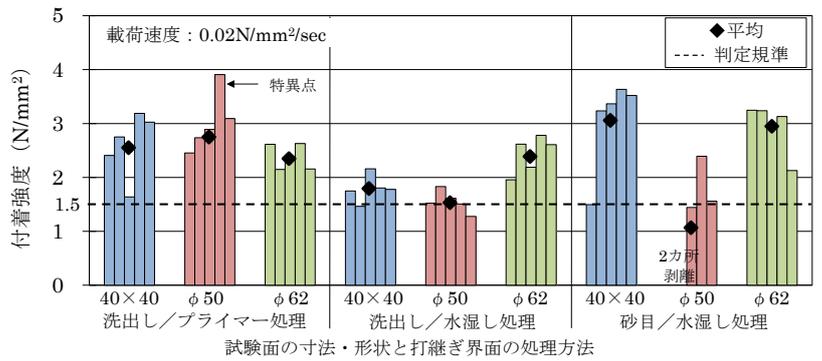


図-6 付着強度試験結果

加した場合、圧縮強度は低下する傾向であった。

3.2 供試体寸法と相対強度の関係

円柱供試体の寸法と相対強度の関係を図-4に示す。相対強度は、φ50×100mm円柱供試体の圧縮強度を100として、φ50×100mmとφ100×200mm円柱供試体の圧縮強度を比較した。また、既往の実験結果から一般的なコンクリートの傾向を実線で示した^{1),2)}。その結果、断面修復材もコンクリートと同様に供試体寸法が大きくなるにつれて、圧縮強度が小さくなる傾向が見られた。

3.3 h/dと圧縮強度比の関係

h/dと圧縮強度比の関係を図-5に示す。圧縮強度供試体の高さをh、角柱供試体の折片の幅もしくは円柱供試体の直径をdとし、h/dが圧縮強度試験結果に与える影響について調べた。ここでは、供試体寸法による影響をできるかぎり小さくするため、40×40×160mm角柱供試体の折片 (h/d=1) とφ50×100mm円柱供試体 (h/d=2) の圧縮強度を比較した。その結果、圧縮強度比は、JIS A 1107「コンクリートからのコア採取方法及び圧縮強度試験方法」で示されているh/dに応じた補正係数k (h/d=1の場合、k=0.87) に比較的近い値を示した。このことから、φ50×100mm円柱供試体と

40×40×160mm角柱供試体の折片の圧縮強度を比較する場合、コンクリートに用いる圧縮強度補正の考え方が適用できる可能性がある。

3.4 付着強度試験結果

付着強度試験結果を図-6に示す。「洗出し/プライマー処理」では、3条件の試験面の付着強度の平均はすべて2N/mm²以上で良好な結果であった。「洗出し/水湿し処理」では、φ50mmの値がやや低かった。「砂目/水湿し処理」では、φ50mmの切込み時に2箇所剥離が生じ、付着強度の平均は低く、全て打継ぎ界面で破断した。このように、プライマー処理では試験条件の違いが付着強度に及ぼす影響に顕著な違いが無かったが、水湿し処理の一部で剥離が生じた。

そこで、この原因を検討するため、打継ぎ界面の状況を走査型電子顕微鏡で観察した。観察に用いた供試体は打継ぎ界面の状況を明確にするため、平滑な下地コンクリートに断面修復材を施工した。打継ぎ界面の電子顕微鏡画像を写真-4に示す。その結果、水湿し処理では、断面修復材の施工後の打継ぎ界面の一部でわずかな隙間の生じている箇所が確認された。一方、プライマー処理を行った供試体は、厚さ20μm程度のプライマー層により

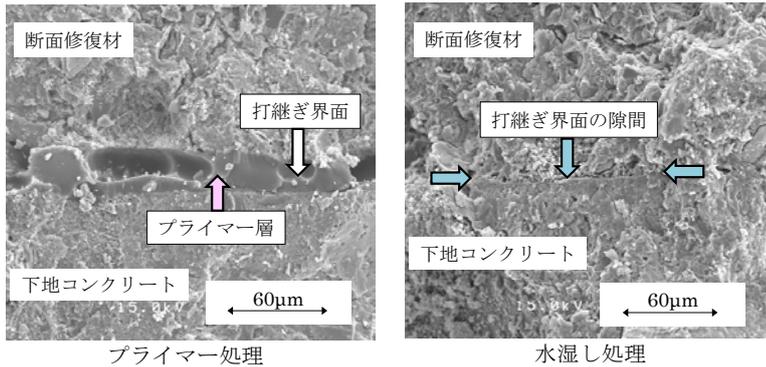


写真-4 打継ぎ界面の電子顕微鏡画像

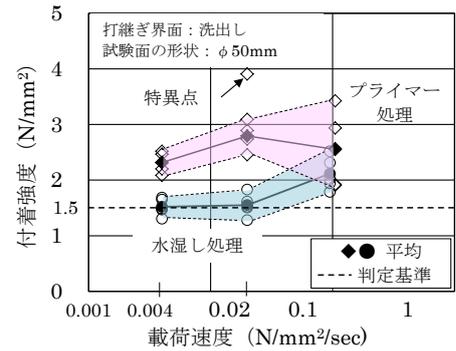


図-7 載荷速度と付着強度の関係

下地コンクリートと断面修復材が密着している状態が確認できた。このプライマー層は変形追従性が高く、断面修復材の乾燥収縮等による変形が打継ぎ界面に与える影響を低減するものと考えられる。このように、水湿し処理では、打継ぎ界面に生じた一部のわずかな隙間が破断の起点となることも考えられ、試験面の形状、大きさによる切込み条件の違いで、下地コンクリートと断面修復材の付着強度に差が生じることが想定される。

3.5 載荷速度と付着強度の関係

載荷速度と付着強度の関係を図-7に示す。一般的に、コンクリートの引張強度は、載荷速度を大きくすると大きくなることが知られている³⁾。今回試験した断面修復材と下地コンクリートの付着強度にも概略では類似した傾向が確認できた。ただし、載荷速度0.004と0.02N/mm²/secでは、付着強度の変化は比較的小さかった。また、載荷速度0.1N/mm²/secでは、試験結果のばらつきが大きくなった。JIS A 1171の試験条件に規定されている載荷速度を上回ると試験結果への影響が大きくなるおそれがあり、載荷速度については留意が必要である。

4. まとめ

断面修復材の強度は、同じ配合の材料を使用し

て試験した場合でも、試験条件により結果に差が生じることがわかった。

- (1) 圧縮強度試験では、供試体の形状や寸法の違いが試験結果に影響を及ぼすことがわかった。供試体の寸法やh/dによる影響は一般的なコンクリートに近い傾向が見られた。
- (2) 付着強度試験では、プライマー処理をした場合、試験条件の違いによる影響はほとんど見られず、水湿し処理の場合、試験面の形状、大きさによる切込み条件の違いが試験結果に影響を及ぼす可能性が高いものと推測される。
- (3) 付着強度に及ぼす載荷速度の影響は一般的なコンクリートに近い傾向が見られ、載荷速度を速くしすぎた場合、試験結果のばらつきが大きくなる傾向が見られた。

参考文献

- 1) H.F.Gonnerman : Effect of Size and Shape of Test Specimen on Compressive Strength of Concrete, Proc.of ASTM,1925
- 2) 土木学会：コンクリートの力学特性に関する調査研究報告、コンクリートライブラリー69、p.106、1991
- 3) 鈴木雅弘、河野広隆、渡辺博志、田中良樹：コンクリートの引張強度に及ぼす載荷速度の影響、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.21、No.2、pp.649～654、1996

川上明大



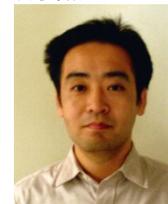
土木研究所先端材料資源研究センター材料資源研究グループ 交流研究員
Akihiro KAWAKAMI

片平 博



土木研究所先端材料資源研究センター材料資源研究グループ 主任研究員
Hiroshi KATAHIRA

古賀裕久



土木研究所先端材料資源研究センター材料資源研究グループ 上席研究員(汎用材料担当)、博士(工学)
Dr.Hirohisa KOGA