

13.3 コンクリート構造物の長寿命化に向けた補修対策技術の確立(1)

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：材料資源研究グループ（基礎材料）

研究担当者：渡辺博志、片平博

【要旨】コンクリートの補修材策には主に表面被覆、断面修復、およびひび割れ補修などがあるが、当研究チームではこのうちの断面修復を担当する。断面修復工法はコンクリート構造物の補修工法の一つとして古くから実施されているが、要求性能や試験方法に関して、国内において統一した基準が確立するには至っていない。そこで断面修復工法に必要な要求性能およびその検査試験方法を確立することを目的に研究を行っている。24年度は、断面修復材が実際に施工されるコンクリート構造物の環境（温度）条件を把握することを目的にコンクリートブロックの暴露試験を開始した。また、断面修復材の強度、耐久性および付着性能に関する実験を行い、要求性能の設定方法や品質試験方法を策定するための基礎データを得た。

キーワード：断面修復材、コンクリート温度、中性化、付着強度

1. はじめに

コンクリート構造物の長寿命化に向けて、補修工法の信頼性を向上し、確実な効果を得ることが重要である。補修工法のうち断面修復工法は比較的汎用性の高いものであり多種多様の断面修復用補修材料が市販されている。

しかし、補修に対する要求性能の設定方法や、使用材料の品質試験方法等が確立しているとは言い難く、補修工法に対する信頼性向上のネックとなっている。

本プロジェクト研究において、当研究チームの分担としては、補修工法のうち断面修復工法について検討する。

24年度は、断面修復材が実際に施工されるコンクリート構造物の環境（温度）条件を把握することを目的に、コンクリートブロックの暴露試験を開始した。また、断面修復材の強度、耐久性および付着性能に関する実験を行った。これらの結果を基本資料として、要求性能の設定方法や品質試験方法の策定を目指すものである。

2. コンクリートブロックの暴露試験

2.1 実験方法

断面修復材を施工した場合、補修部分がはく離する事例が報告されている。このようなはく離を防止することは、断面修復工法においてとても重要な課題の一つである。断面修復材のはく離原因は多岐に渡るが、母材側となるコンクリートと新たに施工した修復材との間に生じるひずみ差が要因の一つに挙げられる。ひずみ差を生じさせる原因としては乾燥収縮のほか、補修面の温度変化に伴って発生する温度ひずみの差も想定される。温度ひ

ずみに着目すると、断面修復材のはく離に対する耐久性を評価するための手法として、修復部分を模擬した供試体を作製し、これに温度履歴を繰り返して負荷し、補修材界面の付着強度を調べる試験方法が妥当である。ところが、負荷すべき温度履歴については、各試験規準類によって見解が一致していない。このため実環境を把握した上で、新たに温度履歴範囲を設定する必要性が生じていた。このような背景から、実環境に置かれたコンクリート構造物が、どのような温度履歴を受けるかを把握するために暴露試験を実施した。コンクリートブロックは図-1に示すように1片が250mmの立方体とし、暴露面を除く5面を断熱材で覆った構造とした。暴露面を上面、北面、南面として、茨城県つくば市と北海道千歳市に設置した。

2.2 実験結果

つくば市における暴露を2012年7月から開始しており、9ヶ月間の測定結果として、コンクリートブロック

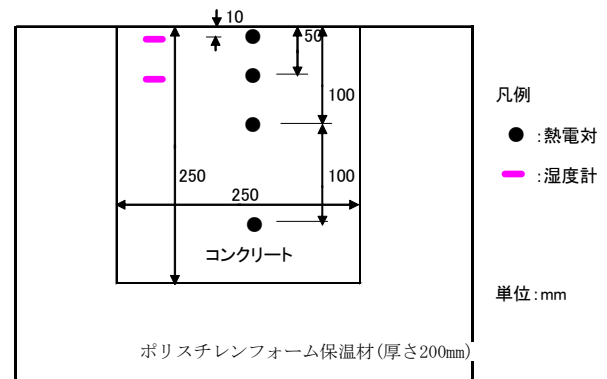


図-1 暴露用コンクリートブロック

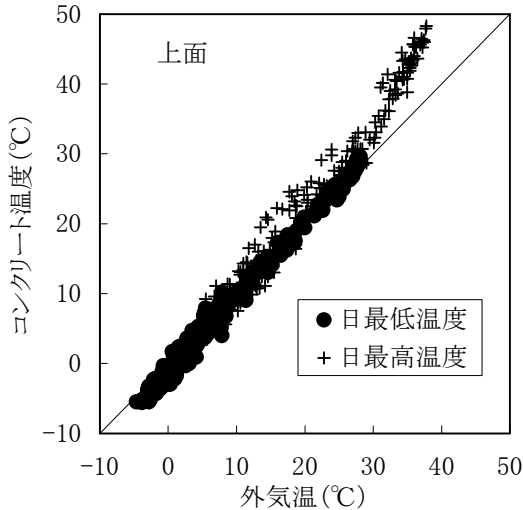


図-2 上面暴露の測定結果(つくば)

表面(表面から深さ10mm)の日最高温度と最低温度をその時刻の外気温と比較した。その結果を図-2に示す。この図は暴露面が上面の図である。コンクリートの日最低温度は外気温とほぼ等しい値を示した。これに対して日最高温度は、日射の影響を受け、特に夏期において外気温よりも10°C以上高くなる傾向を示した。

なお、暴露面を北面とした条件では、コンクリート表面温度は外気温とほぼ等しい結果が得られている。

断面修復材の土木学会規準では、-20~50°Cの温度変化を与える温冷繰返し試験が規定されている。上記の測定結果によれば、つくば市の夏期で50°Cの温度が測定されており、更に温暖な地域では、これよりも高い温度となることが想定され、温冷繰返し試験の温度幅について検討の余地があるものと考えられる。

3. 断面修復材の強度および耐久性試験

3.1 実験方法

断面修復材に関しては、材料開発メーカーが主体とな

って様々な材料が開発されてきており、使用するセメントの種類、ポリマー、膨張材、収縮低減剤、繊維等の混入、微粒分としての石粉の利用等、様々な配合上の工夫がなされている。これらの使用材料の内訳や配合の詳細は特許性の観点から明確にされていないものが多い。このため、適切な補修材料を選定する観点からは、補修材料の構成や種類を示すような仕様規定的な選定方法には限界があり、あくまでも性能規定的な決定方法が求められる。すなわち、性能の検証に必要となる試験方法を確立するとともに、検証試験で得られた結果が実際の補修した構造物の耐久性を反映していることを示しておく必要がある。

このような背景から、ここでは表-1に示すように断面修復材の配合を実用的な範囲で種々に変化させ、寸法安定性試験、圧縮強度・弾性係数試験、中性化促進試験による補修材料の性能評価を試みた。

また、断面修復材の実際の施工においては、中小の補修工事では、断面修復材の施工後に十分な湿潤養生が行われない場合も多い。すなわち、養生条件に関しては、実際の施工条件と、試験用供試体の製作条件に乖離が発生することが想定される。養生条件の違いが補修部分の耐久性に大きな影響を及ぼすのであれば、性能評価試験とは別に、適切な養生施工管理手法を確立しておく必要がある。このような背景から、上記の試験において湿布養生期間を1日と7日に設定し、養生条件の違いが及ぼす影響について検討を行った。

3.2 実験結果

特徴的な結果の概要を以下に述べる。

(1) 寸法安定性： 打ち込みから数日間に膨張材の作用によって生じる膨張量は、膨張材の添加量が同じでもセメントの種類やポリマーの種類によって大きく異なる結果となった。また、乾燥材齢6ヶ月の乾燥収縮量は、収縮低減剤を含まないH(non)で $1,200 \times 10^{-6}$ 、それ以外の

表-1 断面修復材の配合表

配合名	水結合材比 (wt%)	ポリマー結合材比 (wt%)	ポリマー種類	単位量 (kg/m ³)										
				水	セメント			微粒		細骨材	膨張材	ピニオン繊維	収縮低減剤	
					早強	普通	超早強	石灰石粉	フライアッシュ					
H(non)	46	0	—	356	744				244		712	30	2.6	—
H-0	46	0	—	356	744				244		712	30	2.6	16.7
H-A5	46	5	アクリル	356	744				244		712	30	2.6	16.7
H-A10	46	10	アクリル	356	744				244		712	30	2.6	16.7
H-S5	46	5	SBR	356	744				244		712	30	2.6	16.7
N-A5	46	5	アクリル	356		744			244		712	30	2.6	16.7
HH-A5	46	5	アクリル	368			770		203		699	30	2.6	16.7
HF-A5	46	5	アクリル	344	718				231		727	30	2.6	16.7

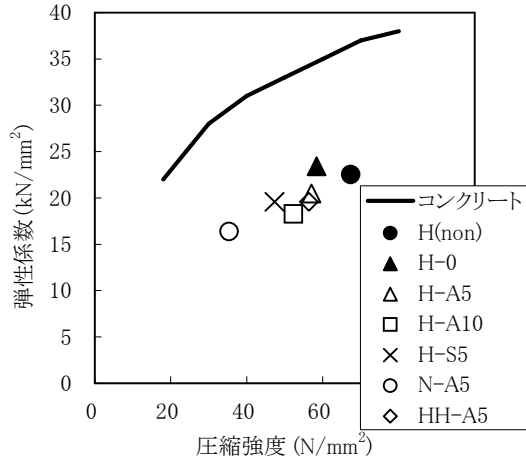


図-3 圧縮強度と弾性係数の関係

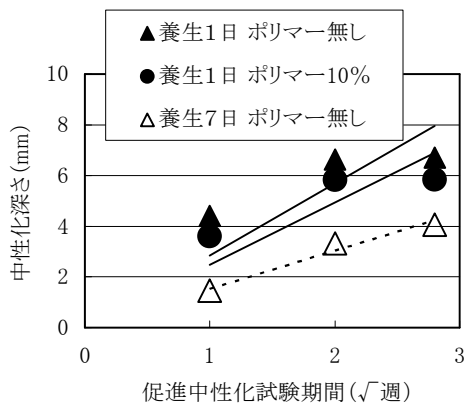


図-4 促進中性化試験結果

配合では $800 \sim 1,000 \times 10^6$ の範囲を示し、セメントの種類やポリマー混入による有意な差は見られなかった。

(2) 圧縮強度および弾性係数：ポリマーの添加によって圧縮強度と弾性係数は低下する傾向を示した。圧縮強度に対する弾性係数の値は図-3に示すように、土木学会コンクリート標準示方書に示される一般的なコンクリートの値よりも 15 kN/mm^2 程度低い値を示した。

(3) 中性化：図-4にポリマーの添加量と養生日数を変えた条件での中性化深さの測定結果を示すが、養生日数が短いと中性化が大きくなる傾向を示した。なお、ポリマー添加の有無による中性化深さの違いに優位な差は見られなかった。

4. 付着強度試験

4.1 実験方法

断面修復工法においては、基盤コンクリートと断面修復材との付着性が重要な要求性能となる。24年度は基盤コンクリート表面の粗度や表面処理方法の違い、さらには養生日数の違いについて検討した。

付着強度試験は、土木学会規準「JSCE-K561 コンクリ

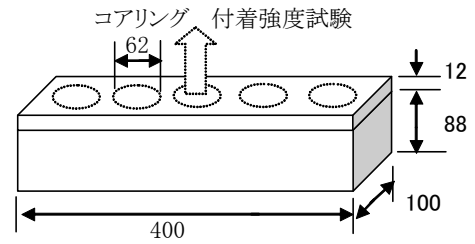


図-5 付着強度試験の概要

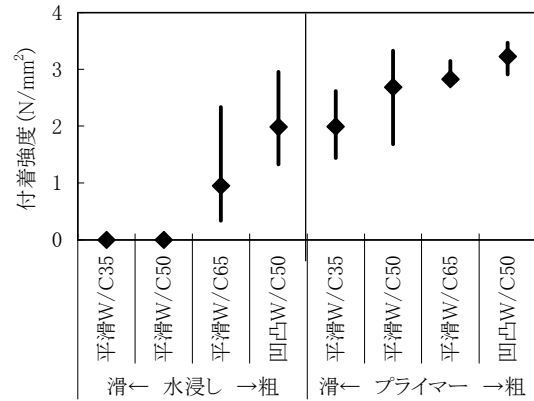


図-6 基盤の状態、処理方法と付着強度

ート構造物用断面修復材の試験方法(案)」を参考に実施した。図-5に示すように、コンクリートの基盤上に断面修復材を塗布し、7日間の湿布養生の後にコアリング機によって補修面上面から基盤に達するまで $\phi 62 \text{ mm}$ の円形の切込みを入れ、建研式接着力試験器によって付着強度を測定した。

基盤コンクリートは水セメント比(W/C)を50%として、表面に深さ5~10mm程度の凹凸を付けた条件(凹凸)と、W/C=35,50,65%の3水準で、表面を180番研磨紙で磨く条件(平滑)を設定した。平滑の条件では、W/Cが高い配合ほど、表面に砂粒子の凹凸が現れ、微視的にはW/Cが高いものほど凹凸を有する付着面となった。

付着面の表面処理方法としては、水湿しによる方法と、プライマー処理(水溶性ポリマーの塗布)の2方法とし、断面修復材を塗布し、7日間の湿布養生後に付着強度試験を実施した。

また、上記とは別に、基盤コンクリートはW/C50%—平滑—プライマー処理の条件で断面修復材を塗布し、養生日数を変えて、付着強度試験を実施した。

4.2 実験結果

基盤表面の平坦性と表面処理方法が付着強度に与える影響を図-6に示す。これより、特に水湿しの条件では、平坦性によって付着強度が大きく変化する結果となった。プライマー処理ではその傾向が小さくはなっているものの、やはり平坦性が滑らかになるほど付着強度は低下す

⑬-3 コンクリート構造物の長寿命化に向けた補修対策技術の確立

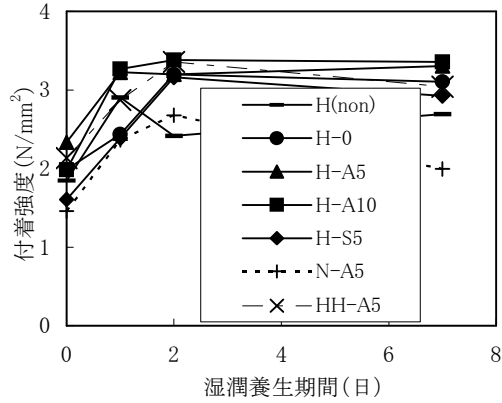


図-7 養生日数と付着強度の関係

る傾向を示した。このことから、実施工における基盤コンクリート打継ぎ面の平坦性を反映した評価試験方法にすることが望ましいと考えられる。

また、養生日数と付着強度の関係を図-7に示すが、いずれの配合でも養生日数が概ね2日に達するまで付着強度の増加が確認された。また、養生日数が0または1日の条件では、破断が断面修復材側で発生するものが多く、適切な養生期間の設定が重要と考えられる。

5. まとめと今後の課題

実環境に置かれるコンクリートの温度特性を測定し、断面修復材の配合条件や養生日数が寸法安定性や強度、耐久性に与える影響、さらには基盤コンクリート表面の平坦性や表面処理方法が付着強度に与える影響等について実験的な検討を行った。これらの試験結果を基に留意事項を整理し、断面修復工法による補修効果の確保に向けて、要求性能の整理、および評価試験方法の策定を行う必要がある。

ESTABLISHMENT OF REPAIR TECHNOLOGIES TO PROLONG THE SERVICE LIFE OF CONCRETE STRUCTURES (1)

Budgeted : Grants for operating expenses
General account

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Materials and Resources Research
Group(Concrete and Materials)

Author : Hiroshi WATANABE
Hiroshi KATAHIRA

Abstract :

Concrete restoration with cementitious material is one of the conventional and common repair method for existing concrete structures. However, performance requirements as well as performance testing methods for the repair materials have not been established as the national technical standards in Japan. One of the purposes of this research project is to develop performance test methods and to identify performance requirements for repair materials and systems of the concrete restoration. In this fiscal year, in order to obtain basic information on variation of concrete surface temperature, the atmospheric exposure test of the concrete block was started. Moreover, the experiments on some basic properties, such as compressive strength, durability, and adhesive strength, of repair materials were conducted.

Key words : Repair materials, Concrete temperature , Carbonation depth ,Bond strength,