

1、はじめに

コンクリート構造物のひび割れ補修工法や断面補修工法には、それぞれ様々な施工方法や補修材料が提案されており、それらが現場で数多く施工されている。しかしながら、施工方法や材料の選定手法、評価方法は確立していない。そこで、コンクリート構造物に対する各種ひび割れ補修工法や断面補修工法について、特徴や留意点を整理することを目的に実験的な検討を行った。

2、ひび割れ補修に関する実験

2.1、実験方法

RC構造物はひび割れを許容する構造であるので、ひび割れを全て補修する必要はない。しかし、塩害等を受ける地域では鉄筋腐食を防止する目的でひび割れ補修を行う必要がある。そこで本実験では塩分環境下での鉄筋腐食に対する補修効果について検討した。

コンクリートの配合はGmax20mm、スランプ8cm、空気量4.5%、水セメント比は40, 55, 70%の3水準とし、図-1に示す10×10×40cmの角柱試験体を製造した。この試験体には異形鉄筋D10を配置し、コンクリート表面からのかぶり厚さを15mmとした。

コンクリートを打設した翌日に脱枠し、14日間湿布養生を行った。その後、中央点載荷法によるコンクリートの曲げ強度試験方法（JIS A 1106 付属書）により、試験体中央に幅0.2～0.5mmのひび割れを発生させた。

このひび割れに対して表-1に示す各方法により補修を行った。表面塗布と表面被覆は、実際の施工ではコンクリート表面の全面に施工が可能だが、今回の実験ではひび割れの周囲幅10cm程度までの範囲を覆うこととした。さらに図-1に示す試験体の底面以外の表面はエポキシ樹脂でシールした。

この試験体に対して塩分環境を想定した促進試験を実施した。試験方法は、以下の工程を1サイクルとし、20サイクルまで行った。

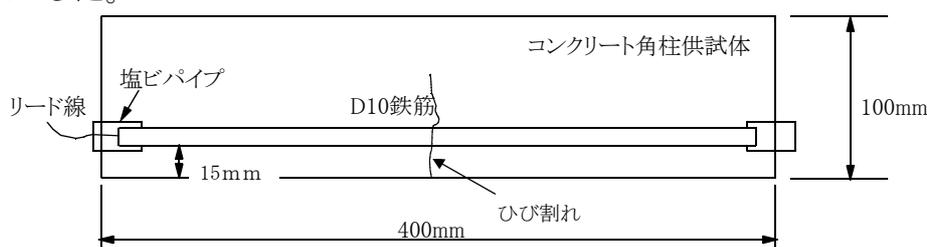


図-1 試験体形状図

表-1 実験を行ったひび割れ補修工法

名称	概要	施工場所
表面塗布	ひび割れへの含浸作用のあるエポキシ樹脂をコンクリート表面に塗布	ひび割れの周囲幅10cmの範囲
低圧注入	ひび割れに低粘度エポキシ樹脂を低圧で注入	ひび割れ部
充填	ひび割れ表面を深さ1cm程度までUカットしシーラント系充填材で充填	ひび割れ部
表面被覆	コンクリート表面を塗装により被覆	ひび割れの周囲幅10cmの範囲
充填+表面被覆	充填と表面被覆を併用	ひび割れの周囲幅10cmの範囲

- ・ 20 °C、3 %の食塩水に浸漬、1日間
 - ・ 温度 65 °C、相対湿度 95 %、2日間
 - ・ 温度 18 °C、相対湿度 40 %、4日間
- 試験終了後に鉄筋をハツリ出し、鉄筋の腐食状態を観察し、腐食による鉄筋質量減少率を測定した。

2. 2、実験結果

実験から得られる鉄筋質量減少率を図-2に示す。図から、補修効果が最も良かったものは表面塗布と低圧注入であり、どちらもひび割れを完全に塞ぐ工法であった。最も補修効果が小さかったのは充填であり、この理由としては、充填深さがコンクリート表面から 1cm 程度なので、塩水がこの深さ以下に達するとひび割れ沿いに深部まで浸透するためと考えられる。また、充填材の存在によりひび割れ内の塩水が乾燥時に容易に排出されないことも予想される。

また、水セメント比の高い試験体ではひび割れ無しでも鉄筋が腐食する結果となった。

さらに、充填+表面被覆では実験開始直後から補修材表面にひび割れが発生するものがあった。これは充填材と表面被覆材の熱膨張係数の違いによるものと考えられる。

3、断面補修に関する実験

3. 1、実験方法

断面補修工法には図-3に示す3通りがあり、実験では表-2の11種類の補修材を使用した。吹き付けとコテ塗りは兼用のものが多い。補修材の配合は非公開がほとんどであったが、洗い出しによって配合を推定した結果、大半がW/C=40 %程度のモルタルをベースとした配合であった。

試験体の製造は 15 × 15 × 53cm の型枠内に 2cm 低い高さまで母材コンクリートを打設し、打設面のレイタンスを除去し、28 日間養生し、これに各種補修材を施工した。補修材施工時の母材コンクリートの表面は乾燥、湿潤、プライマー塗布の3条件を設定した。

補修材を施工してから3日間の湿潤養生を行った後、試験体を実験室内で気乾放置し、乾燥収縮によるひび割れ発生状況を観察した。また 28 日経過後に建研式接着剤試験によって母材と補修材との付着面の付着強度を測定した。

さらに同様の方法で作成した 10 × 10 × 40cm の角柱試験体を凍結融解試験(JIA A

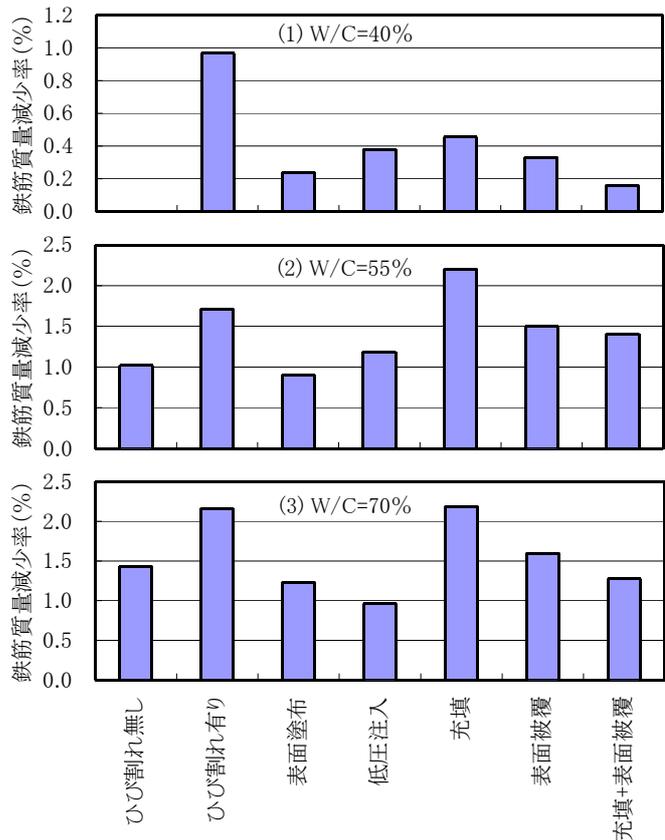


図-2 鉄筋質量減少率

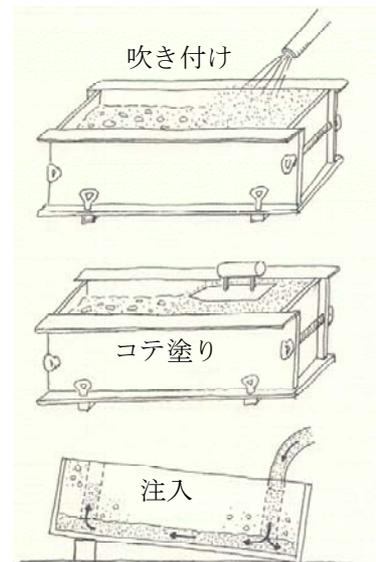


図-3 補修材の施工方法

1148) についで、300 サイクルの試験を終了した後に建研式接着力試験によって付着強度を測定した。

3. 2、実験結果

3. 2. 1、乾燥ひび割れ

乾燥ひび割れの発生状況を表-3 に示す。発生パターンとしては、(1) 母材と補修材の付着面沿いに発生、(2) 補修材の表面に数本発生、(3) 発生なし、の3とおりであった。(1)

は主に付着面を乾燥状態とした試験体で認められた。(2)は Mc, Ec, Rc, GMc, GKpa で認められ、膨張材やポリマーの有無との関連は明確でなかった。

補修材の打設後のひずみ変化を測定した例を図-4 に示す。Mc は打設当初から収縮しているが、市販の補修材には膨張材が混入されている影響で打設直後は膨張し、その後、収縮に転じている。このため、膨張のピークのひずみ量を原点として材齢 28 日の収縮量を求め、この値と補修材表面のひび割れ本数との関係を見ると図-5 のようである。この図では収縮量とひび割れ

発生状況とは概ね対応しており、収縮ひずみ量が 320×10^{-6} 以下の補修材ではひび割れの発生は認められなかった。

3. 2. 2、付着強度

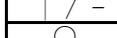
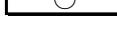
材齢 28 日に測定した付着強度を図-6 に示す。図から、付着強度が低いケースは(1)乾燥し

表-2 実験に使用した断面補修材

補修材の種類	分類 (PC:ポリマーセメント)	添加材料			
		繊維	膨張材	ポリマー	
吹付け コテ塗り	Mc	モルタル	—	—	
	E社	Ec	モルタル	○	—
		Epa	PCモルタル	○	アクリル系
		Rc	モルタル	○	—
	R社	Rps	PCモルタル	○	SBR系
		Tpa	PCモルタル	○	アクリル系
注入	GMc	モルタル	—	—	
	E社	GEc	モルタル	—	○
		GKc	モルタル	—	○
	K社	GKpa	PCモルタル	—	○
		GSps	プレバットコンクリート	—	○

表-3 ひび割れ発生状況

施工方向 表面処理	順打ち			逆打ち		
	乾燥	湿潤	プライマー	乾燥	湿潤	プライマー
吹付けコテ塗り材	Mc					
	Ec					
	Epa		○	○		○
	Rc					
	Rps	○	○	○		
	Tpa	○	○	○		
注入材	GMc				/	
	GEc			○	○	○
	GKc			○	○	○
	GKpa			/ - //	○	
	GSps					○

凡例：
 付着面沿いにひび割れ
 表面に発生したひび割れの位置と方向
 ひび割れ発生なし

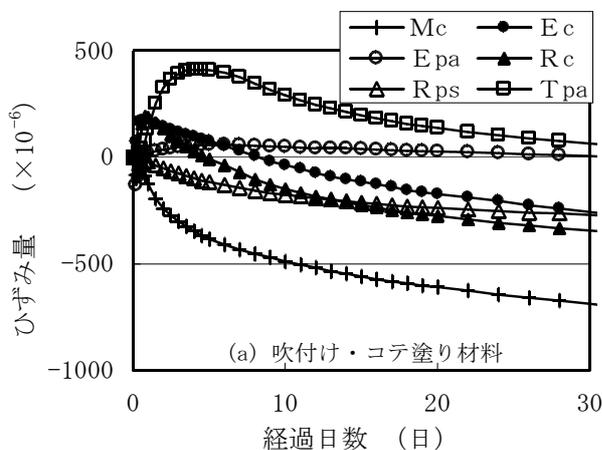


図-4 補修材のひずみ変化

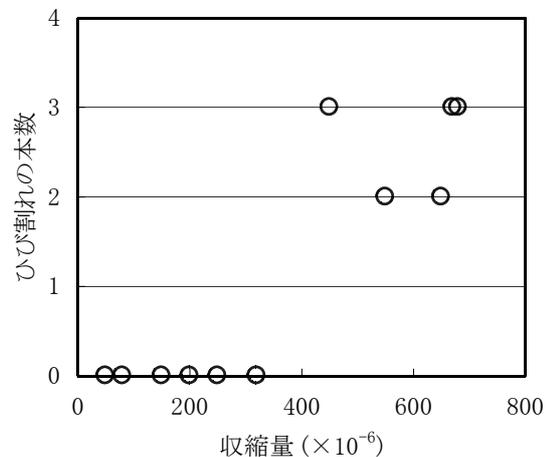


図-5 膨張のピークからの収縮量とひび割れ本数

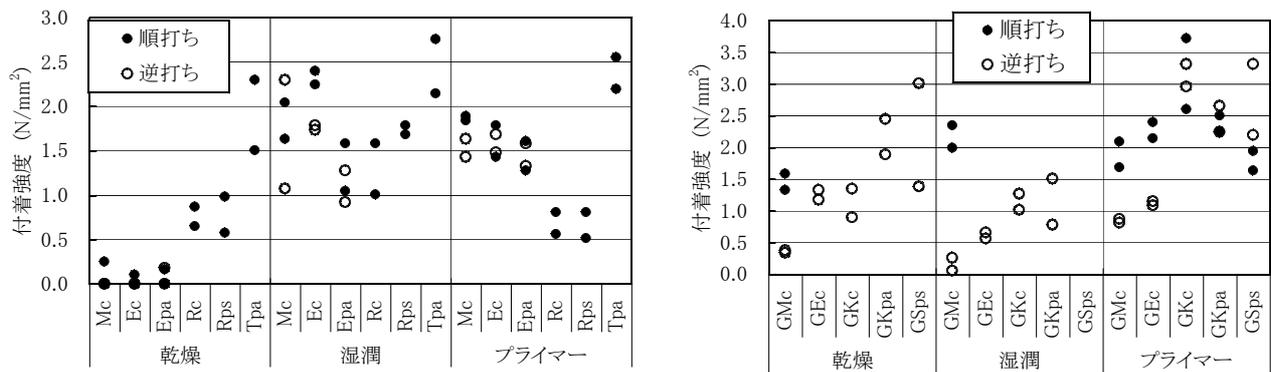


図-6 材齢28日時点の付着強度試験結果

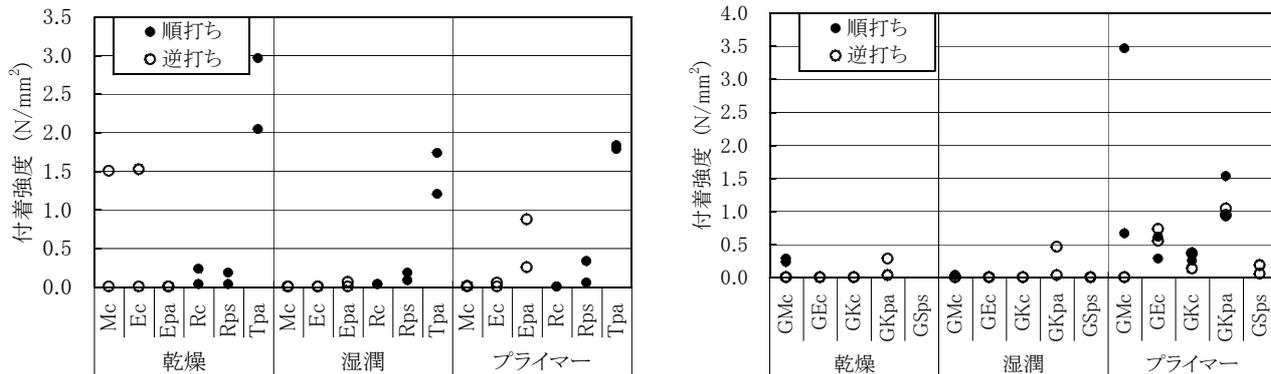


図-7 凍結融解試験終了後の付着強度試験結果

た面に吹き付け・コテ塗りしたケース、(2)湿潤面に逆打ちで注入したケース、であった。この結果から、付着面にはプライマー塗布を行う方法が良いと考えられる。

3. 2. 3. 凍結融解試験後の付着強度

凍結融解試験終了後の付着強度を図-7に示す。これを図-6と比較すると Tpa を除いて付着強度は大きく低下した。図-7の付着強度試験における破断位置を調査すると、多くの試験体が付着面に沿って破断しており、凍結融解に対しては、補修材自体が十分な耐久性を有していても、打継面の耐久性に留意が必要であることが分かった。

4. まとめ

本実験結果から得られた各種補修工法の留意点を以下に整理する。

ひび割れ補修に関する実験結果より、①厳しい塩分環境下ではひび割れを完全に塞ぐ注入工法（ひび割れ幅が小さい場合には表面塗布を含む）の効果が高く、充填工法の効果は低い。②厳しい塩分環境下では水セメント比の高い配合ではひび割れが無くとも鉄筋が腐食する。③補修工法を組み合わせる場合には、補修材同士の变形性能（熱膨張係数等）の違いで補修材自体にひび割れが発生する可能性があるので注意が必要である。

断面補修に関する実験結果より、①補修材表面に生じる乾燥ひび割れの発生を低減するためには、補修材の膨張のピークを原点とした収縮量の小さな補修材を選定する必要がある。②付着強度を確保するためには、補修材を施工する母材コンクリートの表面にプライマーを塗布することが望ましい。③補修材自体の耐久性以外に付着面の耐久性を照査することが重要である。なお、耐久性の照査方法や判定基準については今後の課題である。