

断面修復材の硬化収縮に関する研究

(社)プレストレス・コンクリート建設業協会(株)日本ピーエス 正会員 ○北山 良  
 独立行政法人 土木研究所 正会員 修(工) 渡辺 博志  
 東北大学大学院 工学研究科 非会員 博(工) 久田 真  
 独立行政法人 土木研究所 非会員 修(工) 中村 英祐

1. はじめに

PC, RC構造物が、種々の劣化等により、元の断面が減少・欠損した場合、その構造物を補修・補強する目的で断面を修復するために、断面修復工法が広く用いられている。断面修復工法には、左官工法・注入工法・吹付け工法などの施工方法があり、各工法で使用される断面修復材は、種類・品質とも様々なものが存在する。しかし、断面修復材の品質や性能を調べる基準試験<sup>1)</sup>の項目・方法など整備されてきているもののまだ不十分な部分が多い。また、実環境との整合性も適用されているとは言いがたい。断面修復材の特性を明らかにするために、断面修復材に関する施工性や耐久性・品質など研究<sup>2) 3)</sup>も進められているが、本研究では、断面修復材の重要な品質・性能のひとつである硬化収縮について検証し、それを評価する試験方法について検討した。

表-1 断面修復材の配合

補修材	種類	配合 (kg/1バッチ当り)		
		W/C (%)	W (kg)	C (kg)
補修材A	アクリル系	16.0%	4.0	25.0
補修材B	セメント系	17.2%	4.3	25.0
補修材C	SBR系	12.7%	1.9	15.0

2. 実験概要

本研究では、断面修復材の特性を明らかにするために、補修材の種類、供試体のサイズ・厚み、暴露条件を変えて供試体を作製し、断面修復材の硬化収縮について検討した。

本実験では、一般的によく使用されている修復材で、アクリル系のポリマーセメントモルタル（以下アクリル系）、セメント系モルタル（以下セメント系）、スチレンブタジエンゴム系のポリマーセメントモルタル（以下SBR系）の3種類の断面修復材を選定し、市販されているプレミックスタイプのものを使用した。それぞれの配合を表-1に示す。

供試体Aとして断面修復材自体の硬化収縮量を測定することとし、図-1のように断面修復材単体の供試体をアルミ箔で巻くことにより、暴露条件を変え、埋め込みゲージで内部ひずみ、ひずみゲージで打設面・側面のひずみを測定し、収縮量を求めた。全面暴露の供試体の収縮量を（自己+乾燥）収縮量、暴露無し供試体の収縮量を自己収縮量とし、全面暴露の供試体の収縮量-暴露無しの供試体の収縮量を（自己+乾燥）収縮量-自己収縮量=乾燥収縮量と定義することにした。また、供試体の打設面を暴露、他の面をアルミ箔で巻いて一面暴露とし、断面修復材の厚みtを10, 25, 50, 100mm（セメント系とSBR系は25, 100mm）と

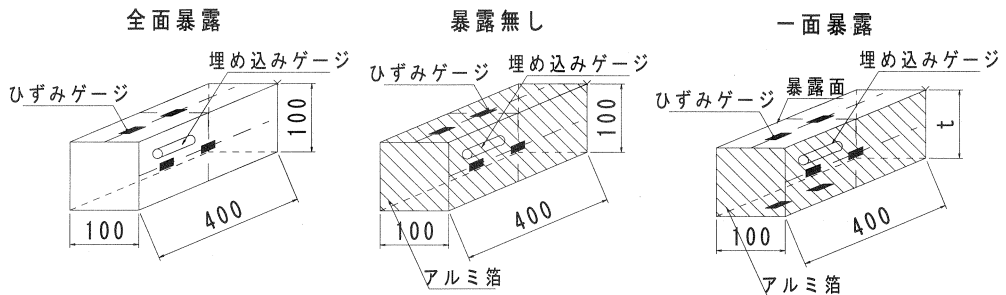


図-1 供試体A

変化させ、打設面・側面・底面の硬化収縮量を測定した。それぞれの収縮量は別途実施した凝結試験によって求めた凝結終了時点を基準とし、測定期間は断面修復材の凝結終了から約193日間行った。実験は、平均室温20℃、平均湿度50%と比較的安定している環境で行った。

次に供試体Bとして、実際に行われている補修を想定し、図-2のようにコンクリートに断面修復材を打ち継いだ供試体を作製した。供試体の打設面を暴露、他の面をアルミ箔で巻いて一面暴露という条件のひび割れが発生しやすい場合を想定し、断面修復部の打設面・側面のひずみ量を計測しながら、断面修復材に発生するひび割れを観察した。断面修復材を打ち継ぐ母材は、呼び方「早強40-8-25H」(W/C40%, C408kg/m<sup>3</sup>, スランプ6.0cm, 空気量4.7%, 材齢112日圧縮強度65.2MPa)のコンクリートを用いた。母材コンクリートの打ち継ぎ面にコンクリート打設後、遅延材を散布、22時間後に高圧洗浄し粗面とした。母材コンクリートの硬化収縮が収束するまでコンクリートの養生期間を十分とった。また、断面修復材を打ち継ぐ前に打設面にプライマーとしてアクリル系およびセメント系は吸水防止型のを、SBR系は水性タイプのエポキシ樹脂系のものを使用した。断面修復材の厚さは、Type Aでは、t=10, 25, 50mm。Type Bでは、t=50mmとした。ひずみの測定は、断面修復材の凝結終了から約150日間行った。実験は、供試体Aの場合と同様に平均室温20℃、平均湿度50%と比較的安定している環境で行った。

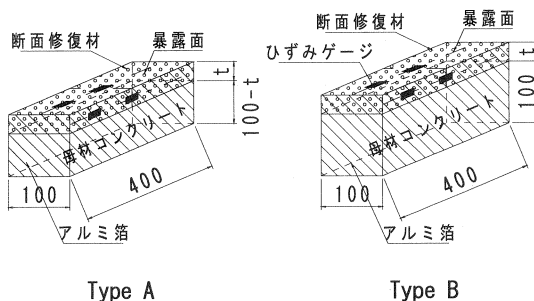


図-2 供試体B

3. 実験結果および考察

供試体Aの全面暴露・暴露無しの場合の供試体に関して、図-3に全面暴露・暴露無しの場合の供試体の193日目の測定結果を示す。断面修復材の種類別に自己収縮、乾燥収縮、(自己+乾燥)収縮を各測定位置のひずみ量で示したグラフである。これらの結果から以下のことが言える

- (1)アクリル系の断面修復材は、膨張材が含まれているため自己収縮せず膨張しているが、乾燥収縮が大きく全面暴露の(自己+乾燥)収縮量は、 $1000 \times 10^{-6}$ 程度となった。
- (2)セメント系は、他の種類の断面修復材よりも自己収縮・乾燥収縮とも大きく、(自己+乾燥)収縮量は、 $1500 \times 10^{-6}$ 程度となった。
- (3)SBR系は、自己収縮・乾燥収縮とも小さく、(自己+乾燥)収縮量は、 $700 \times 10^{-6}$ 近程度となった。

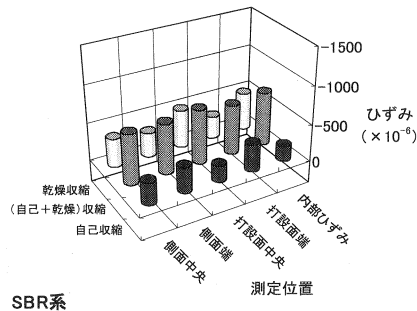
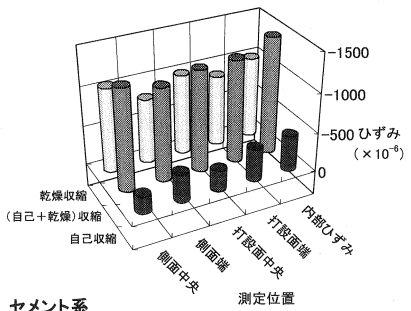
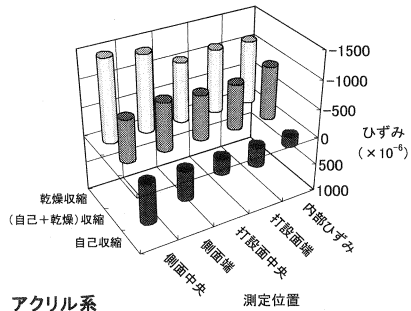


図-3 供試体A 全面暴露・暴露無しの場合の結果

以上より、断面修復材の硬化収縮の種類別（自己収縮、乾燥収縮、（自己+乾燥）収縮）に表現することにより、各断面修復材の硬化収縮の特性がわかった。

供試体Aの一面暴露の供試体に関して、図-4に一面暴露の供試体の193日目の測定結果を示す。縦軸の厚みは、暴露面からの深さとなる。これらの結果から以下のことが言える。

- (1) アクリル系の断面修復材は、厚さ100mmのデータや25、50mmのデータの近似線と縦軸の切片が50程度になることから、補修材の厚さが50mm以上になると硬化収縮の影響が小さくとなると考えられる。10mmの厚さの場合で、暴露面より底面のひずみが大きくなったのは、弾性変形によるものと思われる。
- (2) セメント系及びSBR系では、厚さ100mmのデータからわかるように、暴露面から100mmの深さの地点でも硬化収縮の影響が認められる。

以上より、各断面修復材の硬化収縮の厚みによる影響が明らかになった。

供試体Bに関して、図-5に断面修復材の種類と厚み別でひずみ量の経時変化を示す。これらの結果から以下のことが言える。

- (1) アクリル系の断面修復材は、膨張材の混入の影響と思われる膨張した後の収縮が認められた。厚さによる影響は打設面と側面のデータの差にあらわれており、薄い場合は差が小さく、厚い場合は差が大きい。
- (2) SBR系は、初期から収縮し、厚さによるひずみ量の差が少ない。
- (3) セメント系は、Type Aのt=50以外でひび割れが発生した。Type Aのt=10で4日目、t=25で10日目、

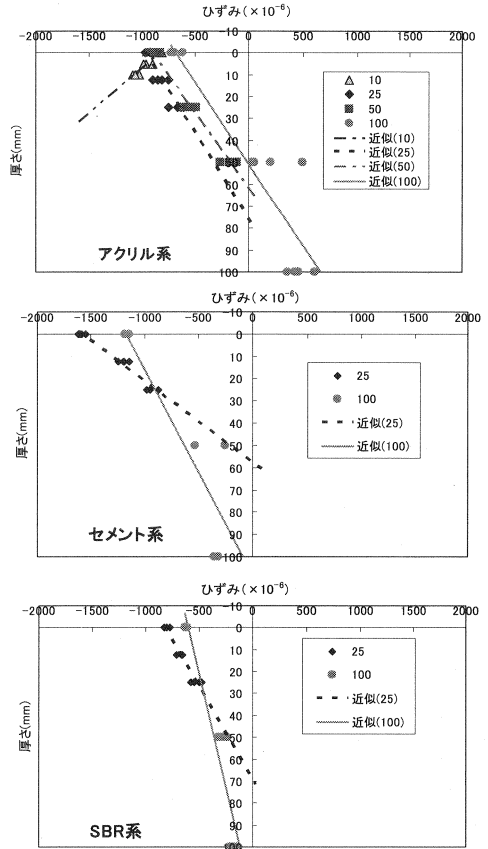


図-4 供試体A 一面暴露の場合の結果

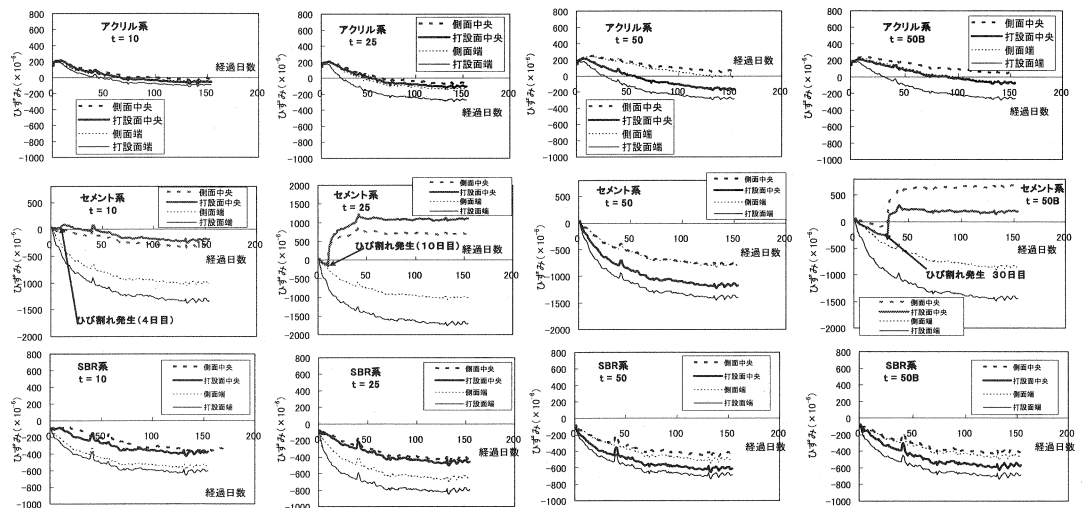


図-5 供試体Bの結果

Type B の t=50B で 30 日目にひび割れが発生した。

ここで硬化収縮による断面修復材のひび割れを定量的に評価するために供試体Aと供試体Bの実験結果を照らし合わせ、供試体Bのひび割れ発生時間で供試体Aの実験から得られる断面修復材自体の硬化収縮量に着目した。表-2にセメント系修復材の供試体Bのひび割れ発生時の供試体Aの内部ひずみの値を示す。(断面修復材の凝結完了時を零点とし、時間軸を合わせている。)また図-6にセメント系供試体Bのひび割れ発生した時間の供試体Aの断面修復材の内部ひずみと補修材厚/母材コンクリート厚の関係を示す。

図-6より、各暴露条件とも相関関係があり、母材コンクリートの厚さと補修材の比によって、断面修復材の硬化収縮によるひび割れの発生するひずみ量が線形的に変化した。すなわち、室温 20°C、湿度 50%の安定した環境では、断面修復する厚さにより、図-6の近似線以下の硬化収縮量であればひび割れは発生しにくいと考えられる。この結果は断面修復の選定の参考になるとと思われる。

表-2 セメント系修復材の供試体Bのひび割れ発生時における供試体Aの内部ひずみ

セメント系		内部ひずみ			
厚み	比率=補修材厚/母材コンクリート厚	ひび割れ発生日数	暴露無し	全面暴露	100mm一面暴露
10mm	0.11	4	67	-250	32
25mm	0.33	10.5	-34	-520	-109
50B mm	0.50	30.95	-217	-837	-337

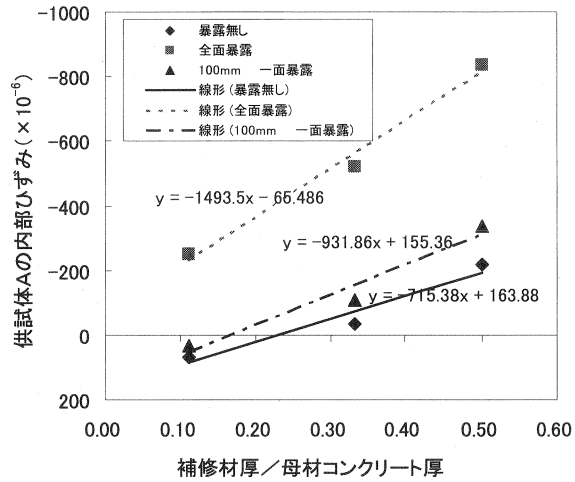


図-6 セメント系供試体Bのひび割れ発生時間での供試体Aの内部ひずみと補修材厚/母材コンクリート厚の関係

4. まとめ

本研究で得られた結論を以下に示す。

- (1) 断面修復材単体で全面暴露・暴露無しの供試体のひずみを計測し、硬化収縮の種類別(自己収縮, 乾燥収縮, (自己+乾燥)収縮)に表現することにより、断面修復材の硬化収縮の特性が評価できた。
- (2) 一面暴露のひび割れが発生し易い条件で断面修復材の厚さを変えてひずみを計測することにより、断面修復材の硬化収縮の厚さによる影響を明らかにすることができた。
- (3) 本実験で行った2系統の試験体の結果を照合することにより、セメント系断面修復材でひび割れ時の硬化収縮量を定量的に評価することができた。

なお、本研究は独立行政法人土木研究所とプレストレス・コンクリート建設業協会の「PC橋の改造技術に関する共同研究委員会」の一環として実施されたものである。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート構造物用断面修復材の試験方法(案)，コンクリート標準示方書【規準編】，pp336-341，2005
- 2) 片平 博，河野広隆：各種断面修復工法の施工性・付着性および耐久性に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 25，No. 1，pp1505-1510，2003
- 3) 例えば 槇島 修，魚本健人：断面修復材の材料特性の違いが耐久性に与える影響，コンクリート工学年次論文集，Vol. 26，No. 1，pp1713-1718，2004