

寒冷地環境におけるエポキシ樹脂ひび割れ注入材の接着強度特性について

北海道大学大学院工学研究科 学生会員 ○寺村 直子
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 大沼 博志
 (株)砂子組 建設課 正会員 黒島 美男

1.はじめに

適切かつ効率的な補修を行うためには、その施工環境下における補修材料とコンクリートの接着強度特性を把握することが必要である。コンクリート構造物の劣化機構は複雑でさまざまな要因が関わりあって生じるが、本研究では、コンクリート構造物に最も多く現れる劣化損傷であるひび割れに対する補修工法のうち、ひび割れ注入工法に着目した。本研究は有機系注入材であるエポキシ樹脂注入材を用いてコンクリートとの接着強度特性について主に検討した。

2. 実験の概要

2.1 実験に使用した材料

(1)既設のコンクリート

実験に使用するために製作した既存のコンクリートの配合の配合を表 1 に示す。スランプは 18 cm、空気量は 5.0%である。平均圧縮強度は 35.4N/mm^2 であった。

(2)注入材の基本特性

注入材は超低粘度形エポキシ樹脂であり、従来、注入の難しかった微細なひび割れへの注入に対応できる。表 2 にその基本性状を示す。

表 1 コンクリートの配合

W/C	s/a	単位量 [kg/m ³]				
[%]	[%]	W	C	S	G	混和材
42.0	41.0	167	398	721	1024	3.980

表 2 注入材の基本性状

項目	主剤	硬化剤
主成分	エポキシ樹脂	変性脂肪族ポリアミン
外観	淡黄色透明液	淡黄色透明液
混合比	主剤：硬化剤 = 3：1 (質量比)	
混合粘度	$130 \pm 20 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ (20℃)	
可使時間	45 ± 10 分 (20℃、500g)	

2.2 注入材と既設コンクリートの接着強度試験

(1) 試験目的

既設コンクリートに生じたひび割れを、エポキシ樹脂注入材で補修した後の注入材とコンクリート躯体の接着強度特性を把握する。

(2) 実験条件の設定

接着強度試験時の注入材の材齢は 3 日、7 日および 28 日の 3 条件とし、養生温度は室温(20℃)と外気温(平均3℃)とした。外気温での養生は、施工現場の寒冷地環境により近づけるため屋外での養生とした。ひび割れ幅は 0.2mm、0.5mm および 1.0mm の 3 種類とした。

(3)試験方法

既設コンクリートには、28 日間水中養生した $\phi 100 \times$ 約 150mm のコンクリート円柱供試体を用いた。この供試体を、圧縮試験機で慎重に割裂することにより、より自然状態に近いひび割れを作る。ひび割れ幅 0.2mm、0.5mm に使用する供試体に関しては、ひび割れ幅をひび割れスケールで計測し、一致するものを使用した。ひび割れ幅 1.0mm は供試体を真二つに割裂した後、直径 1.0mm の針金を 2 つに割った供試体の間に挟んだ。それぞれ布テープとシール材で被覆し、注入器のプラグを接着した後、1 日静置した。次の日、注入器を用いて、自動式低圧注入工法でエポキシ樹脂注入材を注入した。室温で一晩静置した後、注入材の材齢日数、養生温度およびひび割れ幅の条件ごとに、割裂試験によって接着強度を求めた。

2.3 注入材と湿潤コンクリートの接着強度試験

(1)試験目的

実際に構造物のひび割れ補修を行う場合、ひび割れ面の洗浄や漏水により湿潤していることが考えられる。そのため、エポキシ樹脂注入材と湿潤コンクリートとの接着強度を調べる。

(2) 実験条件の設定

接着強度試験時の注入材の材齢は 7 日、ひび割れ幅は 1.0mm、養生温度は 2.2 注入材とコンクリートの接着強度試験と同条件とした。

(3) 試験方法

ひび割れ作成後、注入器具の取り付けまで供試体を水中保管する以外は 2.2 注入材とコンクリートの接着強度試験と同様の方法で行った。

キーワード：寒冷地環境、ひび割れ、補修、エポキシ樹脂注入材

連絡先：札幌市北区北 13 条西 8 丁目 北海道大学大学院工学研究科 TEL 011-702-7063

3. 試験結果および考察

3.1 注入材と既設コンクリートの接着強度

接着強度を割裂荷重から算定した。3本の供試体の平均値を表3に示す。注入材の材齢、養生温度およびひび割れ幅の接着強度に及ぼす影響を図1に示す。

(1) 接着強度特性に及ぼす材齢の影響

- a. コンクリートと注入材の接着強度は経過時間(材齢)とともに増大し、その増加率は硬化の初期において大きく、時間を経るにつれて小さくなった。
- b. 7日～28日間で強度増加率を各養生温度で比較すると、ひび割れ幅が小さいほど強度増加率は大きかった。また、ひび割れ幅が同じ場合には、室内養生の方が強度増加率はやや大きかった。

(2) 接着強度特性に及ぼす寒冷地環境の影響

全体的に外気温において養生した場合の接着強度は、室温養生よりも小さかった。

(3) 接着強度特性に及ぼすひび割れ幅の影響

- a. 室温養生において
ひび割れ幅が小さいほど接着強度は大きくなった。
コンクリートの破壊はペーストの強度に支配される。0.2mmの場合、接着面のセメントペーストと骨材がより一体化されることで引張強度が向上し、既設コンクリートの引張強度を上回る接着強度を示した。しかし、1.0mmの場合、注入量が増大するため、接着強度は注入材の強度の影響を受け、若干低下したと推察した。
- b. 外気温養生において
硬化の初期段階である、材齢7日まではひび割れ幅が小さいほど接着強度は小さかった。しかし、材齢28日においては逆転し、室温養生と同様に、ひび割れ幅が小さいほど接着強度は大きくなった。

一般的にエポキシ樹脂は、主剤と硬化剤の化学反応により硬化発熱を起こす。そのため、初期段階ではひび割れ幅が大きい、つまり注入量が多いほど、注入材自体の温度が高くなり、硬化が促進されたと推察した。

表3 注入材と既設コンクリートの接着強度

接着強度 (N/mm ²)						
養生温度	20℃			3℃		
養生日数\ひび割れ幅	0.2mm	0.5mm	1.0mm	0.2mm	0.5mm	1.0mm
3日	3.10	2.93	2.86	2.58	2.75	2.83
7日	3.7	3.35	3.18	2.99	3.03	3.11
28日	4.38	3.86	3.38	3.34	3.26	3.17

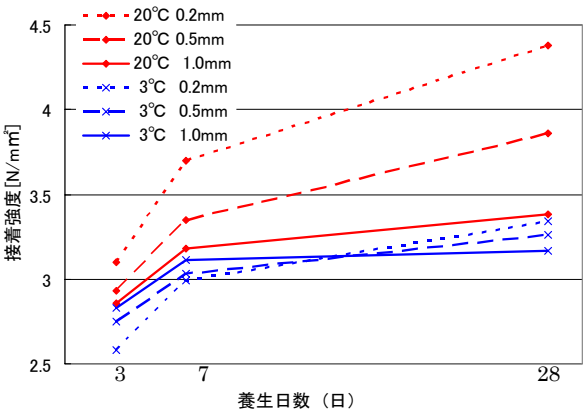


図1 注入材と既設コンクリートの接着強度

3.2 注入材と湿潤コンクリートの接着強度試験

注入材と湿潤コンクリートの接着強度を既設コンクリートと比較して図2に示す。ただし、この注入材は湿潤面に対応した製品ではない。室内養生では、既存コンクリートの接着強度とほぼ同じ値を示したが、外気温養生においては強度が低下した。外気温養生においては接着面に薄い水の膜ができた状態にあり、強度が低下したと推察した。

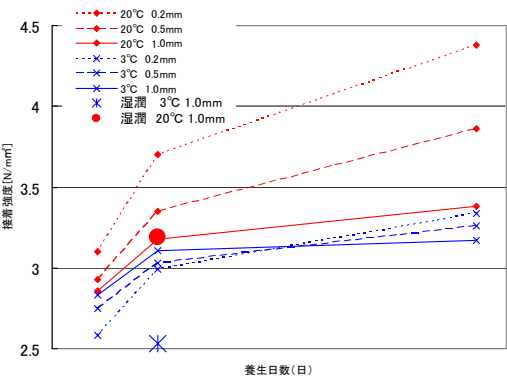


図2 注入材と湿潤コンクリートの接着強度

4. まとめ

接着強度と既存コンクリートの引張強度の比の百分率を修復率と定義すると、この修復率は、外気温の材齢28日において90%、室温養生では120%という結果が得られた。室温養生においては、補修の範囲を超え補強の域に達している。エポキシ樹脂はコンクリートひび割れに対して、寒冷地環境下においても優秀な接着性を示すことが明らかにされた。

しかし、湿潤面に対する接着強度は、室内養生であれば問題ないが、外気温の養生では低下することが明らかになった。

参考文献

藤本、黒島、大沼：寒冷地におけるポリマーセメント系ひび割れ注入材の強度特性、土木学会第61回年次学術講演会 v-020