

ひび割れ注入材の性能に関する研究

九州産業大学工学部 学生会員 ○ 土谷 研司
九州産業大学工学部 正会員 豊福 俊泰
九州産業大学工学部 正会員 佐藤 武夫
株式会社月形 月形 秀二

1. まえがき

コンクリート構造物は、材料、施工、構造条件によってひび割れが生じ、劣化原因になりやすい。このため、各種の補修工法が用いられているが、その性能は十分確認されていない。本研究では、ひび割れ注入工法のうちエポキシ樹脂注入材をゴム圧により注入する試験を行い、各種のひび割れ部に対する間隙充填性能を調べた。

2. 試験概要

ひび割れ注入試験は、表－1および図－1に示す各条件で、φ10×20cmおよびφ15×30cmの円柱供試体に、割裂载荷により3.0mm程度までのひび割れを生じさせ、注入口以外は、ひび割れを完全にシールして行った。

ひび割れ注入は、構造物の表面にあるひび割れに対して直接注入する場合（注入角度0°）と構造物中にあるひび割れに対して穿孔穴を施工して注入する場合（注入角度30°、45°、90°）とについて実験した。後者の場合、ドリル（φ8mm）による穿孔のままの場合、穿孔穴中の粉じんを清掃（バキューム装置による吸引、圧搾空気送風、圧力水による洗浄）する方法、さらに注入性改良のため中空ボルトを穿孔穴に挿入して注入する方法とで、注入施工性を比較した。

ひび割れ注入材は、超低粘度（A）、低粘度（B）、低揺変性（C）の3種類とし、特性を比較した。また、注入穴数（1、2、3箇所）、空気穴（有り、無し）についても試験条件とした。

注入液性能確認は、間隙0.3mmの透明アクリル板に、上向き方向および鉛直方向から注入材（B）を注入して、外観観察により注入材の拡散を再現した。

3. ひび割れ注入工の実験結果と考察

(1) 注入材の注入性能

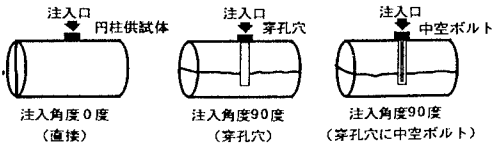
アクリル板に鉛直方向に注入すると、時間の経過とともに鉛直方向に広がる傾向が認められた。一方、上向きに注入すると重力の影響を受け、また可使時間が約55分で硬化していくことから、水平方向に広がる傾向が認められた（表－2および写真－1参照）。

(2) ひび割れに直接注入の場合（鉛直）

ひび割れに直接注入の場合については、空気穴の有無、注入材の種類にかかわらずほぼ100%ひび割れに注入されている（写真－2参照）。

表－1 ひび割れ注入工の試験計画

注入角度	穿孔穴	穴の清掃条件	空気穴	注入材の種類	注入方向	注入穴数	注入圧力(kg/mm ²)
0° (直接)	無	圧搾空気	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
		圧搾空気	有	A, B, C	鉛直	1	2.8
	有	無	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
		圧搾空気	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
		圧搾空気	有	A, B, C	鉛直	1	2.8
		圧搾空気	有	A, B, C	鉛直	1	2.8
	ボルト	無	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
		圧搾空気	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
	ボルト	無	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
		バキューム	無	B	鉛直	1	2.8
		バキューム+圧搾空気	無	B	鉛直	1	2.8
		圧搾空気	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
		バキューム+圧搾空気+圧力水	無	B	鉛直	1	2.8
		バキューム+圧搾空気+圧力水	無	B	水平上 30°	1	2.8
30°	有	無	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
		圧搾空気	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
		圧搾空気	有	A, B, C	鉛直	1	2.8
		圧搾空気	有	A, B, C	鉛直	1	2.8
	ボルト	無	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
		バキューム	無	B	鉛直	1	2.8
		バキューム+圧搾空気	無	B	鉛直	1	2.8
		圧搾空気	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
	ボルト	無	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
		バキューム	無	B	鉛直	1	2.8
		バキューム+圧搾空気	無	B	鉛直	1	2.8
		圧搾空気	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
45°	有	無	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
		圧搾空気	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
	ボルト	無	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
		圧搾空気	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
	ボルト	無	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
		圧搾空気	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
90°	有	無	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
		バキューム	無	B	鉛直	1	2.8
		バキューム+圧搾空気	無	B	鉛直	1	2.8
		圧搾空気	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
	ボルト	無	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
		バキューム+圧搾空気+圧力水	無	B	鉛直	1	2.8
90°	有	無	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
		バキューム	無	B	鉛直	1	2.8
	ボルト	無	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
		バキューム+圧搾空気	無	B	鉛直	1	2.8
	ボルト	無	無	A, B, C	鉛直	1	2.8
		バキューム+圧搾空気+圧力水	無	B	鉛直	1	2.8



図－2 ひび割れ注入試験供試体

(3) 穿孔穴ひび割れ注入の場合

a) 穿孔穴の条件

ドリルによる穿孔のままの場合、ひび割れ部に、穿孔穴中の粉じんが入り込んで注入されなかった。また、中空ボルト、注入方向および注入角度を変えた実験でも、ほとんどひび割れ部に注入されなかったので穿孔穴工法の改善を行った。

b) 穿孔穴注入工法

穿孔穴での注入の一番の問題点は、穿孔時のドリル粉じんがひび割れの中に入りこみ、ひび割れを塞いでいることである

(写真-3 参照)。穿孔穴の清掃(バキューム装置による吸引+圧搾空気の送風+圧力水による洗浄)により、ひび割れ部の粉じんを取り除いて注入した結果、ほぼ100%注入できた。

c) 中空ボルト注入工法

穿孔穴に中空ボルトを用いる工法では、中空ボルト穴がφ3mmと小さく、注入圧を増加させる方法で微細ひび割れの注入に有効であると考え、実験を行い注入されることが認められた。

d) 注入方向および注入角度

供試体に注入方向を鉛直、上向き、水平の3方向から注入したが、注入方向に関係なく注入されていた。また、ひび割れに対し注入角度を変え注入試験を行ったが、注入角度に関係なくひび割れに注入されていた(写真-4 参照)。

e) 注入材の種類

3種類の注入材のうち、注入材A(超低粘度)が最も粘性が低く0.2mm以下の微細なひび割れ幅にまで適応できる傾向が認められた。

f) 注入穴数

注入穴数が多い程、ひび割れ全体によく注入される。

4. まとめ

a) ひび割れに直接注入の場合は、注入材の種類に関係なく注入できる。

b) 穿孔穴を用いて注入する場合は、穿孔時の粉じんが、ひび割れの中に入り目詰まりをおこし、注入精度が悪い。

c) 穿孔時にひび割れが目詰まりをおこすと、注入材の種類に関係なく注入精度が悪い。

d) 中空ボルト工法では、ひび割れ部の目詰まりさえなければ注入できる。

したがって、穿孔穴工法では、穿孔穴の清掃を行いひび割れの見詰まりを除去する必要がある。

表-2 アクリル板注入試験結果

注入時間 (分)	注入高 (mm)	注入量 (cc)	注入圧力 (kg/cm ²)
0	0	50	1.9
10	130	100	
15	140		
20	150	150	
25	210		
30	240	200	
35	295	250	
40	310		
45	320	300	
50	320		
55	330		
60	330		

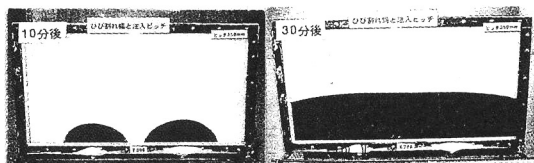


写真-1 注入状況

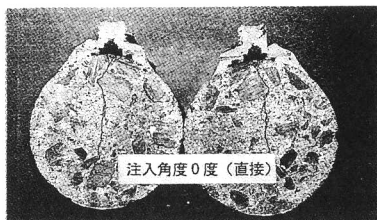


写真-2 ひび割れ直接注入

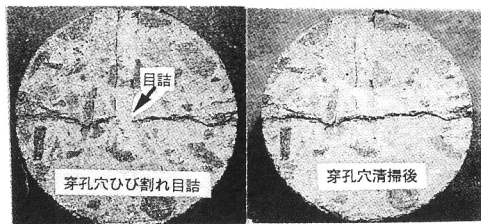


写真-3 穿孔穴の見詰まりと清掃後

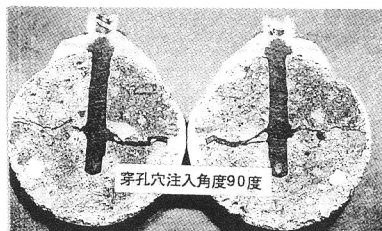


写真-4 穿孔穴注入