

実構造物に発生した豆板を模擬した供試体の樹脂注入試験

東日本旅客鉄道(株) JR 研究開発センター 正会員 ○佐々木 尚美  
 東日本旅客鉄道(株) JR 研究開発センター フェロー 小林 薫  
 ジェイアール東日本コンサルタンツ(株) 正会員 赤堀 誠

1. 背景と目的

通常の豆板の補修方法は、豆板部をはつり取り断面修復する方法が一般的である。しかし、このような補修方法では、健全部と補修部の間に補修界面が生じる。この界面の存在は、将来的に補修部が剥離剥落する可能性を有している。この問題を解決するため、これまで、豆板をはつり取らずに補修する方法を提案<sup>1)</sup>し、材料特性および構造性能について検証してきた<sup>1),2)</sup>。提案補修の実施にあたっては、豆板の空隙を樹脂で十分に充填することが最も重要となる。そこで今回は、実構造物に発生している豆板を模擬した供試体を作製して注入試験を行い、より充填率の高い樹脂注入の方法について検討した。

2. 供試体の概要

はじめに、実構造物に発生している豆板の表面状態を目視により確認し、内部の状態を小型カメラにより確認した。豆板の表面状態について、写真-1 に示す。豆板は、骨材が表面に見えており、骨材同士はかろうじて固結しているような比較的にもろい豆板であった。しかし、内部は表面ほどの空隙はなく、最終的には健全な部分を確認した。そこで、豆板を模擬した供試体は、全体の空隙率が同じ供試体と空隙率が2層に分かれた供試体を作製した。供試体の諸元を表-1 に、供試体の概要をTYPE4 供試体を例に図-1 に示す。供試体寸法は400mm 角の枅形状とし、内側に平均幅 300mm×平均高さ 300mm×奥行 300mm の豆板を作製した。供試体は、豆板部の目標空隙率約 35%の供試体を2 体、表面は約 35%で内部は約 15%の異なる空隙率を有する供試体を2 体、合計4 体作製した。豆板部は文献 1)を参考に試作し、各空隙率はTP (φ 100×H200mm) で管理した。

3. 注入方法

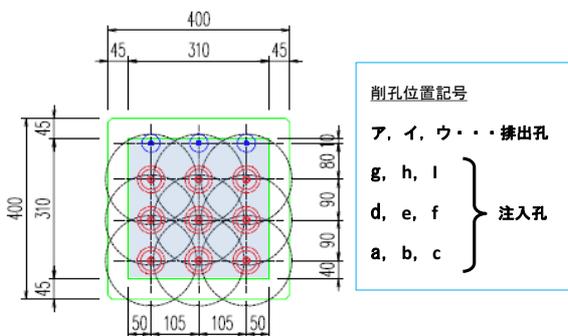
補修対象構造物は壁面を想定し、注入器を用いた自動低圧樹脂注入工法により注入を行った。注入試験は、



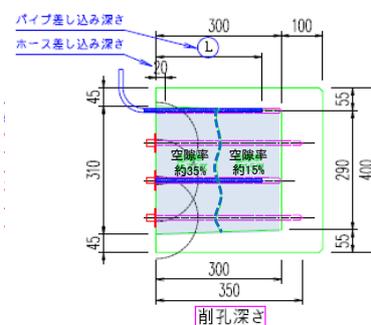
写真-1 豆板の表面状態

表-1 供試体の諸元

供試体名	平均幅 (mm)	平均高さ (mm)	奥行 (mm)	表面から150mmまでの空隙率 (%)	表面から150~300mmまでの空隙率 (%)
TYPE-1	300	300	300	35%	35%
TYPE-2	300	300	300	35%	35%
TYPE-3	300	300	300	35%	15%
TYPE-4	300	300	300	35%	15%



(a) 供試体正面図 (削孔位置)



(b) 供試体側面図 (豆板部寸法と削孔長)

図-1 供試体の概要 (TYPE-4)

キーワード コンクリート構造物, 豆板, 補修, 樹脂, 注入試験

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町2丁目479番地 JR 東日本研究開発センター TEL 048-651-2552

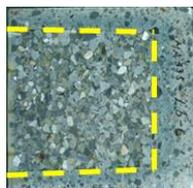
表-2 供試体の注入孔および排出孔の削孔長

供試体名	削孔長 (mm)			
	TYPE-1	TYPE-2	TYPE-3	TYPE-4
位置 ア, イ, ウ	20*	83~162*1	200*	55~290*1
位置 g, h, i	20	350	200	350
位置 d, e, f	20	82~285*1	200	72~180*1
位置 a, b, c	20	350	200	350

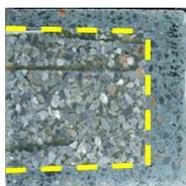
\*: 排出孔の表面から20mm深さまで排出パイプを設置した。  
\*1: 200mmまたは290mm削孔し, 排出パイプを挿入できた深さを記載.

表-3 想定樹脂注入量と実際の樹脂充填量の算出結果

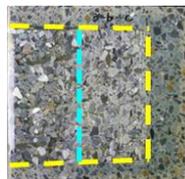
供試体名	TYPE-1	TYPE-2	TYPE-3	TYPE-4
表面から150mmまでの空隙率(%)	31.9	31.5	32.6	33.8
表面から150~300mmまでの空隙率(%)	31.9	31.5	15.6	16.0
豆板部の空隙容積(cc)	8,607	8,432	6,455	6,666
全空隙容積(cc)	8,626	8,665	6,644	6,896
想定樹脂注入量(g)・・・(1)	10,178	10,224	7,840	8,138
実際の樹脂注入量(g)・・・(2)	11,053	11,327	10,399	9,795
樹脂充填率・・・(2)/(1)	1.09	1.11	1.33	1.20



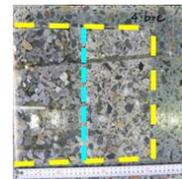
(a) TYPE-1



(b) TYPE-2



(c) TYPE-3



(d) TYPE-4

写真-2 各供試体の切断面の例 (図-1 (b)と同じ構図)

注入孔と排出孔の長さやパイプの有無をパラメータとして行った. 注入孔 1ヶ所あたりの注入範囲を半径100mmの範囲とし, 各供試体とも孔は全12ヶ所設けた. 削孔位置について図-1に, 全供試体の注入孔および排出孔の削孔長について表-2に示す. 削孔径(直径10mm)および削孔位置は, 全供試体で同じとした. 注入は, できるだけ豆板内部の空気を排出するように, 下から上に順に注入していく方法とし, 最上段の排出孔ア, イ, ウから樹脂の排出確認後, すべての注入孔に新しいシリンダーを取り付けた状態で注入を完了した.

#### 4. 注入試験結果

##### (1) 想定樹脂注入量と実際の樹脂充填量

供試体容積と削孔した孔の容積を求め, 豆板の空隙率から, 想定される樹脂注入量を算出した. また, 実際に注入した樹脂量から排出した樹脂量およびシリンダーに残った樹脂量を差し引いて, 樹脂充填量を算出した. 算出結果を表-3に示す. 表-3に示すように, 豆板の空隙率から求めた想定樹脂注入量と, 実際の樹脂充填量の比率は, 均一な空隙を有する供試体TYPE1,2よりも, 2層の空隙を有する供試体TYPE3,4の樹脂充填率が高くなっている. これは, 豆板部を2層としたため, 境界部の空隙が想定空隙よりも大きかった可能性があると考えられる.

##### (2) 内部充填状況の確認

注入試験後, 供試体を切断して内部の充填状況を確認した. 切断は, 端部から50mm間隔で行い, 切断両面から樹脂の充填状況を確認した. 切断面の写真の例を写真-2に示す. 写真-2は, 各供試体とも同じ切断位置である. 最上段の排出パイプの上側に一部空隙が見られたが, いずれの供試体も大きな差はなかった. 注入孔や排出孔の違いによらず, 内部の空隙は樹脂でほぼ充填されていることを確認した.

#### 5. まとめ

実構造物の豆板を模擬した供試体を作製し, 実際の補修を想定して, 注入試験を行った. 注入孔や排出孔の削孔長や排出パイプの長さをパラメータとして注入試験を行ったが, いずれの注入方法でも豆板内部の空隙は, 十分に充填できることを確認した.

#### 参考文献

- 1) 佐々木尚美, 小林薫, 半井健一郎: 樹脂注入による豆板補修工法の提案と各種材料強度の評価, 土木学会論文集E2 (材料・コンクリート構造), Vol.70, No.2, pp.252-271, 2014.6
- 2) 佐々木尚美, 小林薫, 半井健一郎: 正負繰返し载荷によるRCはり豆板補修部の界面剥離挙動の分析と提案補修工法の検証, 土木学会論文集E2 (材料・コンクリート構造), Vol.71, No.4, pp.365-384, 2015.11