

RC 柱の耐震補強に用いる吹付け用プレミックスモルタルの開発

(株)奥村組 正会員 ○劉 ルイ嵐 山口 治 松本恵美 廣中哲也

1. はじめに

鉄道高架橋等の RC 柱を対象とした耐震補強工法「スパイラル筋巻立工法」(せん断補強, 曲げ補強) は, 既存 RC 柱の外周にらせん状のせん断補強鉄筋と必要に応じて軸方向鉄筋を配置し, 吹付けモルタルで保護する方法である. 特長の一つとして, 保護モルタルを吹付けで行うことで型枠の省略と薄層の巻き立てを実現し, 高耐久で安価な施工が可能となる. これまで吹付けモルタルは, 施工現場で配合する方法 (以下, 従来材料) であったため, 品質のばらつきと管理の複雑さによる負担が課題であった. そこで, 吹付けモルタルの品質安定と管理の負担軽減を目的としてプレミックスモルタル (以下, 本材料) を製造して性能確認試験を行った. ここで, 本材料の品質と施工性を評価した結果を報告する.

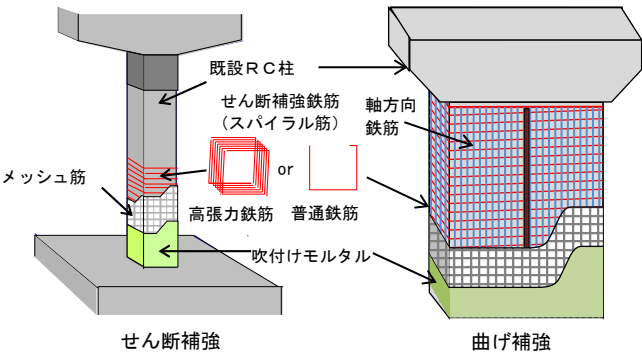


図-1 スパイラル筋巻き立工法概要

2. 吹付けモルタル配合検討

「スパイラル筋巻立工法」では, 吹付けモルタルの細骨材, セメントなどの材料を現地で計量して配合していた (表-1). 従来材料では, 粉体・乾燥剤の 5 種 (セメント, 細骨材, 膨張材, シリカフューム, 合成短繊維) と液体混和剤 3 種 (収縮低減剤, 高性能 AE 減水剤, 水) を使用している. プレミックス化に当たり, 従来材料のひび割れ抵抗性と耐久性を確保し, 粉体と水を現場で練り混ぜて施工できる材料を目標とした.

表-1 現場配合モルタルの配合 (従来材料)

| 配合種類  | 短繊維<br>容積比<br>(%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> )                                      |      |     |         |      |                 |                 |
|-------|-------------------|--------------------------------------------------------------|------|-----|---------|------|-----------------|-----------------|
|       |                   | 水                                                            | セメント | 膨張剤 | シリカフューム | 細骨材  | 収縮低減剤           | 高性能AE減水剤        |
|       |                   | W                                                            | C    | EA  | SF      | S    | (C×%)           | (B×%)           |
| 現場配合  | 0.0125            | 240                                                          | 532  | 43  | 53      | 1413 | 7.985<br>(1.5%) | 3.769<br>(0.5%) |
| セメント  |                   | 普通ポルトランドセメント、密度3.16g/cm <sup>3</sup>                         |      |     |         |      |                 |                 |
| 混和材1  |                   | 膨張材、密度 2.92g/cm <sup>3</sup>                                 |      |     |         |      |                 |                 |
| 混和材2  |                   | シリカフューム：密度 2.20g/cm <sup>3</sup> 、比表面積 10m <sup>2</sup> /g以上 |      |     |         |      |                 |                 |
| 細骨材   |                   | 富津産山砂、密度2.61g/cm <sup>3</sup> 、吸水率1.28%、粗粒率2.44              |      |     |         |      |                 |                 |
| 混和剤1  |                   | 収縮低減剤：密度1.02g/cm <sup>3</sup>                                |      |     |         |      |                 |                 |
| 混和剤2  |                   | 高性能AE減水剤：密度 1.05g/cm <sup>3</sup>                            |      |     |         |      |                 |                 |
| 合成短繊維 |                   | ポリプロピレン樹脂、密度 0.91g/cm <sup>3</sup> 、繊維長6mm、13dt(g/10km)      |      |     |         |      |                 |                 |

吹付けモルタルのプレミックス配合は, 従来材料を基に液体混和剤を同等性能の粉体混和剤に置き換えた配合で 2 ケース (配合 1, 2), 品質の確保に重点を置き, 従来材料の粉体部分のみをプレミックスとした配合で 2 ケース (配合 3, 4) の計 4 ケースを考案し製作した. また, 材料調達の容易さと価格を考慮し, 細骨材を 2 種類選定した. 配合 1 と配合 3 は従来の細骨材と同様の天然川砂の乾燥材, 配合 2 と配合 4 は人工珪砂を従来材料の骨材と同等の粒度にブレンドした材料を使用した. 配合の内訳を表-2 に示す.

表-2 プレミックスモルタルの配合一覧

| 配合種類 | 短繊維<br>容積比<br>(%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |      |      |      |      |      |     |                 |                 |                 | セメント            | 合成短繊維                                  |
|------|-------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------------------------|
|      |                   | 水                       | セメント | 混和材1 | 混和剤2 | 細骨材1 | 細骨材2 | 砕石粉 | 混和剤1            | 混和剤2            | 混和剤3            | 混和剤4            |                                        |
|      |                   | W                       | C    | EA   | SF   | S1   | S2   | LS  | (C×%)           | (B×%)           | (C×%)           | (B×%)           |                                        |
| 配合 1 | 0.0125            | 240                     | 530  | 43   | 53   | 1400 | —    | —   | 7.950<br>(1.5%) | 0.626<br>(0.1%) | —               | —               | 普通ポルトランドセメント、密度3.16g/cm <sup>3</sup>   |
| 配合 2 | 0.0125            | 240                     | 530  | 43   | 53   | —    | 1400 | —   | 7.950<br>(1.5%) | 0.626<br>(0.1%) | —               | —               | 膨張材、密度 2.92g/cm <sup>3</sup>           |
| 配合 3 | 0.0125            | 227                     | 513  | 41   | 51   | 1354 | —    | —   | —               | —               | 7.695<br>(1.5%) | 3.025<br>(0.5%) | シリカフューム：密度 2.20g/cm <sup>3</sup>       |
| 配合 4 | 0.0125            | 227                     | 513  | 41   | 51   | —    | 1286 | 68  | —               | —               | 7.695<br>(1.5%) | 3.025<br>(0.5%) | 利根川川砂 (絶乾)、鹿島産、密度2.56g/cm <sup>3</sup> |
|      |                   |                         |      |      |      |      |      |     |                 |                 |                 |                 | 人工珪砂、密度2.56g/cm <sup>3</sup>           |
|      |                   |                         |      |      |      |      |      |     |                 |                 |                 |                 | 砕石粉：石灰石粉、秩父産：密度2.72g/cm <sup>3</sup>   |
|      |                   |                         |      |      |      |      |      |     |                 |                 |                 |                 | 収縮低減剤 (粉体)                             |
|      |                   |                         |      |      |      |      |      |     |                 |                 |                 |                 | 高性能減水剤 (粉体)                            |
|      |                   |                         |      |      |      |      |      |     |                 |                 |                 |                 | 収縮低減剤 (液体)：密度1.02g/cm <sup>3</sup>     |
|      |                   |                         |      |      |      |      |      |     |                 |                 |                 |                 | 高性能AE減水剤 (液体)：密度 1.05g/cm <sup>3</sup> |

3. 性能確認試験

製造した配合 1 から配合 4 を用いて, 屋内での吹付け性状試験と屋外での適用性試験を実施した.

キーワード 耐震補強, 吹付けモルタル, プレミックスモルタル, 省力化施工

連絡先 〒108-8381 東京都港区芝 5-6-1 株式会社 奥村組東日本支社 TEL 03-5427-2322

3.1 屋内吹付け性状試験（冬季）

各配合の材料を練り混ぜた後、図-2 に示すように、L型擁壁に補強鉄筋を配置した模擬壁面に吹付け試験を実施した（写真-1）。吹付け性能試験は冬季に行い、風雨の影響がなく外気温と同等程度（平均気温 10℃）の屋内試験室で実施した。評価項目は、モルタルの物性試験（圧縮強度、練り混ぜ性能、テーブルフロー値、付着性能、ひび割れ抵抗性）、及び施工試験（圧送性、吹付け可否、小手均し性状）を選定し試験を実施した。

3.2 屋外適用性試験（夏季）

気温が高い夏季は、練り混ぜたモルタルが早く乾くため、モルタル圧送中に閉塞することが懸念されたため、夏季屋外試験を実施した。高架橋下部で実際に耐震補強を実施している柱に隣接した場所に試験体を設置し、屋外環境（平均気温 32℃）で吹付け試験を行った。

評価項目は、物性試験（スランプ、ひび割れ抵抗性）、施工性試験（圧送性、吹付け可否、小手均し性状）を選定し評価した。冬季と同様、L型擁壁に補強鉄筋を配置した模擬壁面に2層の吹付けを行った。

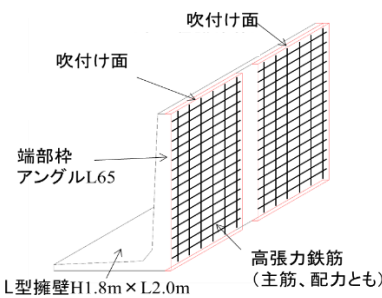


図-2 吹付試験体概要図



写真-1 吹付け状況

4. 試験の結果

4.1 屋内吹付け性状試験

吹付け試験結果を表-3 に示す。収縮低減剤と高性能 AE 減水剤を粉体で添加した配合 1 と配合 2 は、練り混ぜ後の圧送中に配管内で閉塞したため、現場適用が困難と判断し物性試験を省略した。収縮低減剤と高性能 AE 減水剤を液体で添加した配合 3 と配合 4 は閉塞なく施工可能で、骨材に人工砂を使った配合 4 は圧送圧力が高く、小手均しの抵抗が大きい結果であった。モルタル物性値は、どちらも規格値を満足する結果であったが、配合 4 は付着性能（n=4）にバラツキが見られた。材料価格は、従来材料価格を 1.0 とした場合、配合 3 は 1.70、配合 4 は 1.45 と増加するが、品質管理の軽減などにより費用の低減が見込める。適用する現場の状況に応じて、施工しやすい配合 3 と価格的に優位な配合 4 を選択できる結果となった。

表-3 屋内吹付け試験結果（冬季）

| 試験項目\配合                  | 配合1         | 配合2         | 配合3       | 配合4       |
|--------------------------|-------------|-------------|-----------|-----------|
|                          | ○良好         | ○良好         | ○良好       | ○良好       |
| 練り混ぜ性能                   | ○良好         | ○良好         | ○良好       | ○良好       |
| 圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> ) | —           | —           | 65.0      | 69.8      |
| テーブルフロー(mm)              | —           | —           | 146×145   | 142×138   |
| 付着性能(N/mm <sup>2</sup> ) | —           | —           | 2.34      | 2.20      |
| ばらつき【標準偏差】               | —           | —           | 【0.21】    | 【0.55】    |
| ひび割れ抵抗性                  | —           | —           | ○初期ひび割れなし | ○初期ひび割れなし |
| 施工試験                     | ×閉塞<br>圧送不可 | ×閉塞<br>圧送不可 | ○良好       | ○良好       |
|                          | —           | —           | ○良好       | ○良好       |
|                          | —           | —           | ○良好       | △可能       |
| 材料価格比<br>(現場配合材料を1.0)    | 1.81        | 1.65        | 1.70      | 1.54      |

表-4 屋外吹付け試験結果（夏季）

| 試験項目／配合   | 配合3 | 配合4 |
|-----------|-----|-----|
| スランプ (cm) | 13  | 13  |
| ひび割れ抵抗性   | ◎良好 | ◎良好 |
| 圧送性       | ◎良好 | ○可能 |
| 吹付け可否     | ◎良好 | ○可能 |
| コテ均し性状    | ◎良好 | ○可能 |

4.2 屋外適用性試験

夏季の屋外試験は、冬季屋内性能試験で選定した配合 3 と配合 4 に対して、水量と高性能 AE 減水剤（夏用）を調整して、吹付け試験を実施し、施工性を確認した（表-4）。配合 3、配合 4 とも全ての評価項目を満足したが、天然川砂を使った配合 3 は、圧送性、コテ均し性状において配合 4 を上回る結果であった。いずれのケースも、ひび割れの発生が見られなかった。

5. まとめ

吹付けモルタルを従来材料からプレミックス化するために、冬夏両季に吹付け試験を行い、適用可能な性能であることを確認した。配合は、施工性の高い配合 3 と価格的に優位性な配合 4 を現場状況に応じて選択できる。吹付けモルタルプレミックス化により、現場での配合や計量作業が軽減されて施工の効率化が可能となった。今後、本材料を実構造物の適用を進めたい。

【参考文献】 1) 財団法人鉄道総合技術研究所、「既存鉄道コンクリート高架橋柱等の耐震補強設計・施工指針 ―スパイラル筋巻立工法編―」, H9

2) 鉄道 ACT 研究会：「耐震補強工法」技術資料・標準積算資料（第 2 回改訂版）,平成 25 年 11 月