

高炉スラグ加工砂を利用したローコスト 施工可能な高耐久性速硬断面修復材の開発

試作開発＋設備投資

ものづくり技術：接合・実装

二瀬窯業株式会社（飯塚市）

本事業への経緯

スラグ骨材を応用したプレミックス モルタル製品群を開発

昭和 9 年の創業から特殊セメントの製造を手掛け、プレミックスモルタルの製造においては 40 年余の実績を持つ。

モルタルは、セメントと水、砂を材料とするが、同社のプレミックスモルタル製品は、用途や仕様に応じて数百にのぼる原料から作られる。その中には、採り続けていけばやがて無くなってしまいう天然資源も含まれる。天然珪砂の代わりに高炉スラグを使用することで環境問題に貢献しようと研究を重ねてきた。

高炉スラグとは製鉄所で鉄を製造する際に発生する副産物で、何もしなければ埋め立て処分されてしまう。同社はこのスラグに注目し研究すると、プレミックスモルタル用の骨材としては、むしろ天然珪砂よりも適した性能を有しているという成果を得て、スラグ骨材を応用したプレミックスモルタル製品群を開発している。その成果は建築学会でも評価され、エコマーク認定製品として認められている。

事業の内容

モルタルの硬化時間の制御とマクロ セル腐食が課題

道路橋などのコンクリート構造物は、風雨や直射日光、塩分などの厳しい環境下に長期間晒されるため、コンクリート中の鉄筋の腐食が進行する。その結果、コンクリートが剥落する事故が多発している。剥落事故を防止するため、モルタルを用いた断面修復工法による保守工事が行われる。

断面修復工法は、鉄筋腐食によりクラックの発生したコンクリート部を剥ぎ取り、露出した鉄筋に対して錆の除去および防錆処理を施し、修復部に再度モルタルを充填し硬化する。充填作業は左官作業により行われることが多く、モルタル塗布および乾燥・硬化工程を複数回重ね塗りすることによって修復する。

しかし、断面修復工法は、以下の課題が指摘されており、関係者からその解決が望まれている。

① モルタルの硬化時間の制御の問題

モルタルは、気候等により硬化時間が変動する。気温が高い夏場は硬化速度が比較的速いが、気温が下がる冬季は硬化が著しく遅くなる。モルタルの硬化に時間がかかれば、それだけ修復作業が長期化し、人件費など修復コストが増加する。

② マクロセル腐食の問題

断面修復工法による補修を行えば、補修部は健全な状態に戻る。しかし、補修部周辺の鉄筋が補修部に対して腐食に弱い状態となり、集中的に腐食が進行する「マクロセル腐食」が発生する。腐食が発生すると補修を行っても腐食が進行するため、その周辺に対する補修工事を繰り返す行わなければならない。

そこで、同社独自技術である高炉スラグ加工砂を利用した一般建築用モルタルをベースに、道路橋等の断面補修工事に適合した補修剤の開発を行なう。従来のモルタルでは困難であった「マクロセル腐食の抑制」および「モルタルの硬化時間の制御」が可能で、かつ、高耐久性を兼ね備えた付加価値の高い断面修復材を目指した。さらに耐久性を実証するための試験機を導入し、評価を行なうための補助金を活用した。

事業の成果

硬化時間制御やコストダウンなど、 優れた成果を得る

まず、断面修復工法における上記課題を解決するモルタルの試作を行なった。具体的には、コンクリートの構造物に対して短時間での補修が可能であり、かつ補修後の鉄筋の腐食が少なく、耐ストレスおよび耐中性化に優れた断面補修材の試作を実施した。本試作品により、コンクリート構造物の断面補修工事にかかるトータルコストの抑制効果が期待できる。これを実現するための手段の一つとして、同社の独自技術である「高炉スラグ加工砂」を利用した。

同社の高炉スラグ加工砂は、水砕スラグを丸く加工したものである。一般的な天然珪砂と比べ丸みがあり、少量の水でコテ塗り施工が可能であることに加えて、潜在水硬性（水と反応して固まる）を有するため、硬化後のモルタルの強度や密着性が従来製品と比較して

向上している。密着強度や伸縮歪等へのストレス耐性も従来製品を上回る。また、当社と金沢工業大学との共同研究で、高炉スラグ加工砂モルタルはマクロセル腐食の抑制効果が判明している。

こうして試作品の効果を客観的データで実証するために、今回導入した「ストレス試験設備機」と「中性化促進試験設備機」を用いて、①モルタル硬化時間の一定化、②マクロセル腐食の抑制、③高耐久性、④耐中性化の評価を行なった。その結果、

①外気温に応じて適切な遅延剤を加えることで、外気温に依存せず概ね 1 時間で硬化した。遅延剤の添加量は、外気温と使用する遅延剤量の関係を示したグラフを製品に添付し、現場での利便性を向上させた。

②マクロセル腐食試験での腐食量を 10m g / c m²以下という著しいマクロセル腐食の抑制が可能になった。

③ストレス試験を 10,000 回以上クリアした。10,000 回のストレス試験は、道路橋等が約 30 年間受ける外気温変化や車両荷重等によるストレス量に相当するが、コンクリートからのモルタル剥離はなく、強い耐ストレス性を有する結果が得られた。

④耐中性化については、FC=24N / m m²コンクリート（一般コンクリート）と同等を実現した。中性化とはコンクリート劣化の一つである。少なくとも耐中性化は一般コンクリートと同等であることが求められるが、その数値もクリアしていた。

今後の課題・展望

道路橋の長寿命化の一環で、断面修復材需要の拡大を見込む

国交省は、道路橋の長寿命化に関する取り組みとして橋梁 1 5 m以上の点検、修繕計画策定および修繕実施を全国的に進めているが、修繕実施が完了した橋は全国平均で 1 5 %程度に止まっている。今後、断面修

＜高炉水砕スラグ砂電子顕微鏡写真＞

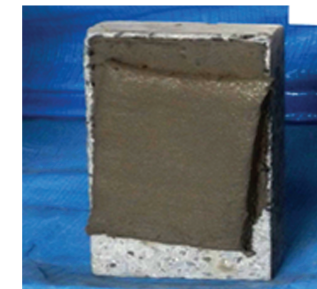


高炉水砕スラグ砂（原砂）。形状や大きさがバラバラ。

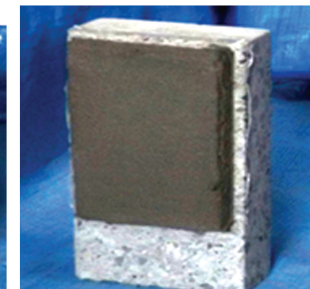


高炉水砕スラグ砂（磨砕後）。形状や大きさが均一になっている。

＜断面修復材の施工性試験＞



配合調整前。ずれ・だれ発生が確認されている。



配合調整後。異常は認められない。



中性化促進装置。



ストレス試験機。

復材の需要も拡大すると推測され、同社は、現在持っている断面修復工事業者への販路から販売を開始する。また、土木学会などでの論文発表やNEXCO、公共団体等の道路や橋を管理している団体へPRすることで、関係業界へ広く認知され、実用化の促進、更には販路拡大へ繋がるものと期待している。

企業概要

会社名	二瀬窯業株式会社	設立	昭和24年9月（創業：昭和9年11月）
住所	福岡県飯塚市横田669 後牟田工業団地	事業内容	特殊セメント製造業
代表者	野見山 透	従業員数	94人
連絡先	TEL0948-22-0447、FAX0948-29-0289	ホームページ	http://futaseyogyo.co.jp/
資本金	1300万円		