

地中送電洞道のインバート部材への環境配慮コンクリートの適用

大成建設（株）千葉支店 正会員 ○橋本 聡
 東京電力パワーグリッド（株） 正会員 出雲 力斗
 大成建設（株）技術センター 正会員 直町 聡子
 大成建設（株）技術センター 正会員 松元 淳一

1. はじめに

近年、地球温暖化対策のひとつとして、各方面において二酸化炭素排出量を抑制することが試みられている。コンクリートの分野では、産業副産物である高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどの製造時の二酸化炭素排出原単位が、ポルトランドセメントのそれよりも小さいため、これらのコンクリート用混和材を積極的に使用することで、二酸化炭素排出量の削減に寄与できる。このような観点から、著者らは、高炉スラグ微粉末などの副産物の使用を極限まで進めてポルトランドセメントの使用を止め、高炉スラグ微粉末を刺激材で硬化させる“環境配慮コンクリート”の二次製品の研究・開発を進めてきている^{1), 2)}。

本稿では、地中送電洞道のインバート部材の適用に向けて実施した、配合選定、製作性や強度発現性について報告する。

2. 実験概要

表-1、表-2にコンクリートの配合と使用材料を示す。環境配慮コンクリートも幾つかの仕様があるが、ここではポルトランドセメントの使用を止めたセメントゼロ型のものとした。製造時のコンクリートのスランプは $15\pm 2.5\text{cm}$ を目標として配合を定めた。環境配慮コンクリートの二酸化炭素排出量は、表-2の二酸化炭素排出原単位から算定したもので、コンクリート 1m^3 あたり $88.1\text{kg}/\text{m}^3$ となり、同一強度レベルの通常使用の普通ポルトランドセメントコンクリートの $1/4$ 程度であった。

養生は、(1) 前置き、(2) 前養生、(3) 本養生、および(4) 後養生の4つの工程から成る。ここでの養生方法は、前置き：製造から仕上げまでの3~5時間、前養生： 20°C -4時間（ 20°C 一定で4時間保持）、本養生： 50°C -3時間（最高温度 50°C 到達後3時間保持）、後養生：気中（屋内 20°C 恒温室）とし、管理材齢は14日とした。

実験に用いた供試体は、圧縮強度試験用の $\Phi 10\times 20\text{cm}$ の円柱供試体、中性化評価用の $10\times 10\times 40\text{cm}$ の角柱供試体、実部材の製作性を確認する幅 $3.0\times$ 高さ $0.55\times$ 奥行 1.34m のインバートブロックと幅 $0.5\times$ 高さ $0.55\times$ 奥行 0.55m の歩床ブロックである。

3. 実験結果および考察

図-1に結合材水比と圧縮強度の関係を示す。これより、環境配慮コンクリートでも結合材水比と圧縮強度が比例関係にあることがわかる。また、練混ぜ18時間後でも型枠脱型に必要な強度が十分に発現しており、製作サイクル計画についても通常の製品と同様にすることが可能であった。なお、本検討においては、強度発現性も十分であり、長期耐久性を考慮して、製品の水結合材比25%を選定することとした。

表-1 環境配慮コンクリートの配合

水結合材比 W/B (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)						
		水 W	セメント C	高炉 BS	消石灰 CH	膨張材 Ex	細骨材 S	粗骨材 G
25	33	160	—	555	55	30	513	1050

表-2 コンクリートの使用材料

使用材料	産地・仕様	二酸化炭素排出原単位 (kg-CO ₂ /ton)
高炉スラグ微粉末	無水せっこう添加品、密度 $2.89\text{g}/\text{cm}^3$	26.3
消石灰	密度 $2.20\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $600\mu\text{m}$ ふるい全通	844.5
膨張材	密度 $2.20\text{g}/\text{cm}^3$ 、石灰系	768.6
細骨材	砕砂、埼玉県比企郡産、密度 $2.62\text{g}/\text{cm}^3$	3.7
粗骨材	砕石、埼玉県比企郡産、密度 $2.64\text{g}/\text{cm}^3$	2.9
水	地下水	0.2

キーワード 地球温暖化対策、二酸化炭素排出量抑制、環境配慮コンクリート、トンネルインバート

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設（株）技術センター社会基盤技術研究部 TEL045-814-7220

図-2 に促進中性化試験の結果を示す。試験は JIS に準拠して行った。環境配慮コンクリートは中性化の進行が早くなる結果を示していた。ここで、促進中性化試験で得た中性化速度係数より、日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工 指針 (案)」に示される換算式により、実環境での速度係数に換算した。

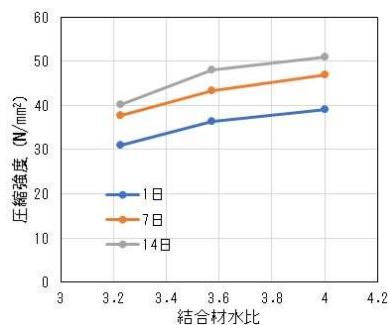


図-1 圧縮強度試験結果

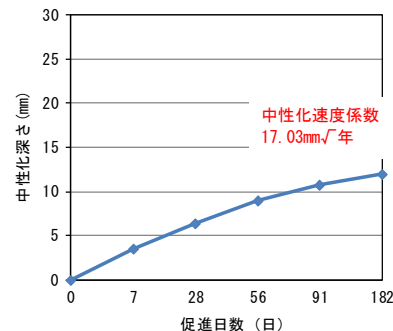


図-2 促進中性化試験結果

インバートブロックの鉄筋の最小かぶりを 50mm であり、土木学会「コンクリート標準示方書 2012 年版 [設計編]」では、中性化が鉄筋の 10mm 手前に達すると鉄筋の腐食が始まるとしていることから、かぶり : 50mm - 10mm (中性化残りと呼ぶ) = 40mm である。すなわち、中性化深さが 40mm を超えると腐食が開始すると判定される。促進中性化試験で得られた中性化速度係数を換算して求めた実環境での速度係数より、150 年後の中性化深さを推定すると 20.9mm であり、内部鋼材の腐食開始に至らない結果であった。

写真-1 に環境配慮コンクリートの打込み状況を示す。環境配慮コンクリートは粉体量が多いため粘性が高かったが、振動締固めを行うことで、打込み性は通常のコンクリート製品と同様であった。また、コテ仕上げにおいても均すことに若干時間を要したが、こちらも通常のコンクリートと同じく、良好な仕上げ性であった。

写真-2 に環境配慮コンクリートで製造したインバート部材の脱型後の外観を示す。ひび割れや色むらなどの変状は見られなかった。また、脱型後の寸法検査においても、0mm ~ +2.0mm 内の許容範囲にあった。これより、粘性が高い環境配慮コンクリート二次製品の製作は、特別な機材等は必要なく、通常のコンクリート製品と同じようにできることを確認した。



写真-1 打込み状況



写真-2 脱型後の外観

4. 現地適用

上述の環境配慮コンクリートの強度発現性、製作性、耐久性のうち中性化抵抗性、これまでの知見を受けて、環境配慮コンクリート製のインバートブロック (12 基) および歩床ブロック (1432 基)、コンクリート数量として 223m³ を地中送電洞道 (外径 4.8m, 延長 3,790m) の全線に渡り適用した (写真-3)。現地への適用についても、通常の製品と同様の施工方法で設置可能であることが分かった。これにより、二酸化炭素排出量を 53.8ton 削減し、産業副産物である高炉スラグを 124ton 有効活用したことになる試算された。なお、インバート部材の製作においては、コンクリートの品質低下につながるような欠陥がないように、コンクリート製造に関する使用材料、計量・投入、管理項目を定め、初期欠陥のない環境配慮コンクリートインバート部材を製造・適用することができた。



写真-3 現場設置状況

5. 結論

本稿では、ポルトランドセメントの使用を止め、高炉スラグ微粉末を刺激材で硬化させる、セメントゼロ型の環境配慮コンクリートの強度発現性、製作性、耐久性 (中性化抵抗性) を確保していることを実験により確認し、実際のシールドトンネルインバート部材へ適用した。今回実施した性能評価や実用化展開を生かして、セメントゼロの環境配慮コンクリート二次製品の更なる適用 (展開) を進め、カーボンニュートラルへ貢献していく所存である。

【参考文献】1) 堀口賢一ほか：低炭素型コンクリートを使用したコンクリート二次製品の開発，コンクリート工学年次論文集，Vol.38, No.1, pp.213-218, 2016.7 2) 松元淳一ほか：環境配慮コンクリートを使用したセグメントの実用化検討，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレードシンポジウム論文報告集，Vol.18, No.131, 2018.10