

蒸気養生した低炭素型コンクリートの耐久性に関する研究

大成建設（株）土木技術研究所土木構工法研究室

正会員

○堀口 賢一

大成建設（株）千葉支店外環自動車道田尻作業所

正会員

松元 淳一

大成建設（株）土木技術研究所土木構工法研究室

正会員

河村 圭亮

大成建設（株）土木技術研究所土木構工法研究室

正会員

坂本 淳

1. はじめに

近年、二酸化炭素排出量の削減の観点から、高炉スラグ微粉末などのコンクリート用混和材を多く使用したコンクリート（以下、低炭素型コンクリート）の研究・開発が進められている¹⁾。低炭素型コンクリートは、より一層の二酸化炭素排出量の削減が期待できるが、その一方で圧縮強度などの強度発現が遅れ、型枠の脱型に通常よりも長い時間を要するなどの課題もある。そこで、蒸気養生を行って強度発現を早めているコンクリート二次製品、特にシールドトンネルのセグメントに低炭素型コンクリートを適用することを目的に、蒸気養生することを前提とした低炭素型コンクリートの強度特性、実大セグメントの製作性と構造性能、ならびに耐久性を実験により確認した。本稿では、このうち耐久性に拘わる試験結果について報告する。

2. 耐久性試験の内容

表－1、表－2 にコンクリートの配合と使用材料、ならびに二酸化炭素排出原単位を示す。配合 No.1 は比較対象とした高炉セメント B 種相当のコンクリートで、配合 No.2～No.4 は低炭素型コンクリートである。No.2 は圧縮強度が 60N/mm² 程度発現する配合、No.3 は圧縮強度が 40N/mm² 程度発現する配合、No.4 は No.2 の膨張材を普通ポルトランドセメントに変えた配合である。二酸化炭素排出量は、高炉セメント B 種相当のコンクリートの 172.5 kg/m³ に対して、低炭素型コンクリートは 63.0～78.9kg/m³ で 1/3～1/2 程度である。供試体の蒸気養生は、外気温から 20℃/h の速度で昇温し、35℃で 8 時間保持した後に外気温まで自然に降温させた。その後、標準水中養生を 3 日間行い、試験材齢まで 20℃の恒温室に静置した。材齢 28 日での圧縮強度は、No.1 から No.4 の順に 58.6、

表－1 コンクリートの配合

配合 No.	実験の目的	目標スランブ・フロー (cm)	目標空気量 (%)	水結合材比 W/B (%)	細骨材率 s/a (%)	結合材量 B (kg/m ³)	単位量 (kg/m ³)								二酸化炭素排出量 (kg/m ³)
							水 W	高炉 BS	消石灰 TK	セメント C	膨張材 E	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 Ad	
1	耐久性の確認	3±1.5	0～2.5	33.4	34.0	420	140	210	0	210	0	629	1243	2.10	172.5
2		55±10		23.0	50.0	565	130	491	44	0	30	859	875	6.50	78.9
3		3±1.5		29.0	50.0	448	130	390	28	0	30	914	931	3.58	63.0
4		55±10		23.0	50.0	565	130	491	33	41	0	861	877	6.22	78.0

粗骨材の最大寸法は20mmとした。また、空気量は1.0%を中心に-1.0%、+1.5%の範囲を目標とした。

表－2 コンクリートの使用材料と二酸化炭素排出原単位

使用材料	産地・仕様	二酸化炭素排出原単位 ¹⁾ (kg-CO ₂ /ton)
普通ポルトランドセメント	密度3.15g/cm ³ 、比表面積3350cm ² /g	764.3
高炉スラグ微粉末	無水せっこう添加品、密度2.89g/cm ³ 、比表面積4310cm ² /g	26.5
消石灰	密度2.20g/cm ³ 、600μmふるい全通	844.6
膨張材	石灰系、密度3.15g/cm ³ 、比表面積3560cm ² /g	764.3
細骨材	茨城県神栖産山砂、表乾密度2.61g/cm ³ 、吸水率0.79%	2.9
粗骨材	茨城県桜川産砕石、表乾密度2.65g/cm ³ 、吸水率0.64%	3.7
混和剤	ポリカルボン酸エーテル系高性能減水剤	—
水	地下水	0.2

混和剤の二酸化炭素排出原単位は不明なため、ここでは二酸化炭素排出量の算定から除外した。

キーワード 低炭素型コンクリート、高炉スラグ微粉末、蒸気養生、耐久性、塩分浸透性、セグメント

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設（株）土木技術研究所土木構工法研究室 TEL045-814-7228

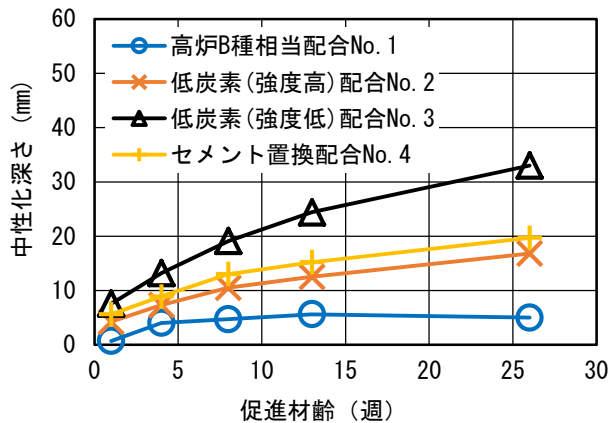


図-1 促進中性化試験の結果

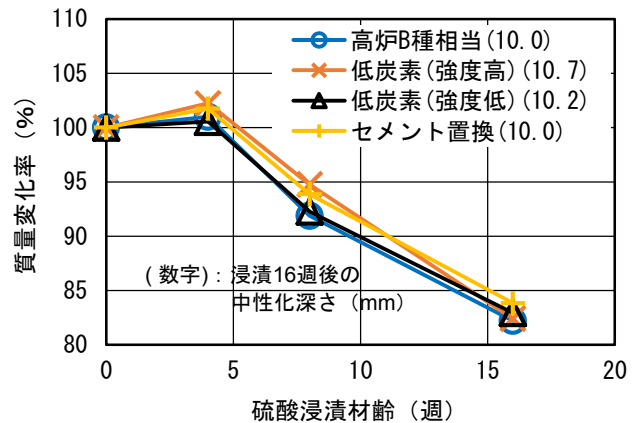


図-2 硫酸浸漬試験の結果

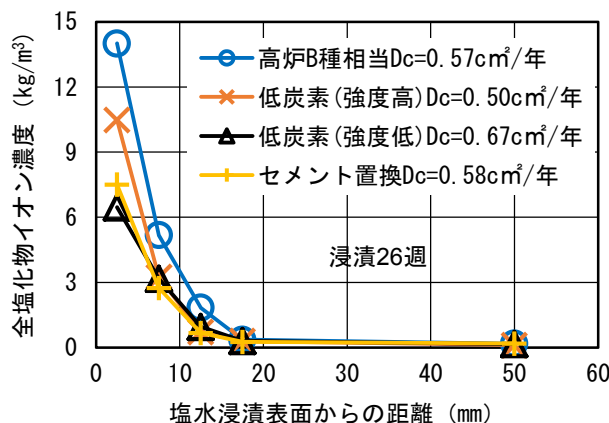


図-3 塩水浸漬試験の結果（浸漬 26 週）

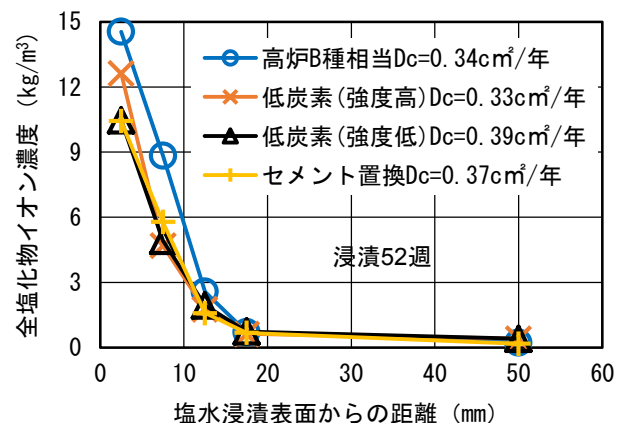


図-4 塩水浸漬試験の結果（浸漬 52 週）

55.0, 36.7, 51.6 (N/mm²) であった。

耐久性に拘わる試験は、促進中性化試験 (JIS A1153「コンクリートの促進中性化試験方法」に準拠)、硫酸浸漬試験 (「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食マニュアル (日本下水道事業団)」に準拠)、および塩水浸漬試験 (JSCE-G572「浸せきによるコンクリート中の塩化物イオンの見掛けの拡散係数試験方法 (案)」に準拠) を行った。

3. 耐久性試験の結果

図-1 に促進中性化試験の結果を示す。比較対象の高炉 B 種相当の配合に比べて、低炭素型配合は中性化の進行が早い。これは、低炭素型コンクリートが高炉スラグ微粉末を多く使用しており、消石灰などに由来する水酸化カルシウムが消費され、コンクリートの pH が低いと考えられる。図-2 に硫酸浸漬試験の結果を示す。いずれの配合でも、浸漬開始から 4 週までは質量の減少は見られないが、4 週以降は一定の速度で質量が減少している。また、浸漬 16 週後の残存断面での中性化深さはいずれも 10mm 程度であることから、低炭素型コンクリートの硫酸

抵抗性は、高炉 B 種相当の配合のコンクリートと変わらないことがわかる。図-3、図-4 に塩水浸漬試験の結果を示す。見掛けの拡散係数は浸漬 26 週で 0.50~0.67 cm²/年、浸漬 52 週で 0.33~0.39 cm²/年であり、高炉 B 種相当の配合と同程度の塩化物イオン浸透性を有していることがわかる。

4. 結論

地中構造物のシールドトンネルセグメントに、低炭素型コンクリートを適用することを想定して、コンクリートの耐久性を確認した。その結果、高炉セメント B 種相当の配合のコンクリートに比べて、中性化抵抗性は劣り、下水道環境での硫酸に対する抵抗性や、海洋環境下での塩化物イオンの浸透性は同等であることがわかった。

参考文献

1) 大脇英司, 宮原茂禎, 岡本礼子, 荻野正貴, 坂本淳, 丸屋 剛: 環境配慮コンクリートの基本性状, 大成建設技術センター報, Vol.47, No.06, pp.06-1-06-6, 2014.12