

低炭素型のコンクリートの水路用 PCa 製品への適用に関して

(株)大林組 正会員 ○八久保里彩 迫間幸昌 新村亮 野島省吾
日本ヒューム(株) 村山重春 飯沼雄二

1. はじめに

本工事は、静岡県湖西市の浜名湖西岸に位置する、大規模造成工事（面積約 50ha、掘削土量約 150 万 m³）に工場を新設する工事である（図-1）。工場建設事業は、周囲の都市計画道路の道路工事と並行して行われ、地域活性化のために注目を集める事業である。

工場建設事業の第一弾となる車載用バッテリー製造工場は、建築面積約 1.2 万 m²の建屋に加え、変電や給水のための附属棟建屋も加えたものである。約 7.1 万 m²の敷地面積の排水のために、構内には延長 1300m 以上の雨水排水工事が計画された。数多くの二次製品を使用する中で、地球温暖化の進行となる二酸化炭素の排出量削減に貢献する低炭素型のコンクリート（図-2）の適用を検討した。

低炭素型のコンクリートは近年注目が高まっているが、運搬時のコストと CO₂ 排出量の増加の観点から、高炉スラグ微粉末の産地である製鉄所（高炉）近郊が多く、当社約 100 件の実績において静岡県での事例はなかった。今回、PCa 製品に適用することで、適用拡大した事例とその検討項目に関して報告する。

2. 適用に向けた条件・課題

今回、低炭素型のコンクリート適用した PCa 排水溝の概要を図-3 に示す。HTC ボックスカルバートと呼ばれる製品で、断面方向にプレストレスを導入することで部材厚を小さくし、主に下水や排水用管路に使用されているものである。適用に際しては表-1 に示す項目を検討した。特にかぶりが小さい対象製品と、セメント量が少なく低アルカリとなる低炭素型のコンクリートの組合せに対する中性化の耐久性が検討事項として挙げられた。また、供用中の有害成分溶出に対する懸念も指摘された。

3. 低炭素型コンクリートの配合

使用材料を表-2 に示す。配合はセメントに対する高炉スラグ微粉末の置換率を 75%、収縮保証に膨張材



図-1 造成計画平面図(着工前)

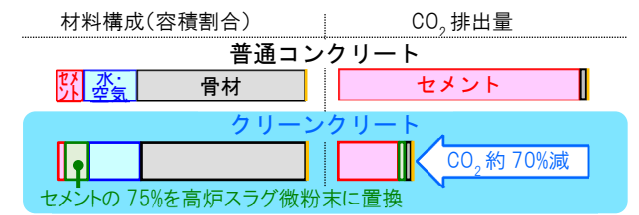


図-2 大林組の低炭素型のコンクリート概要

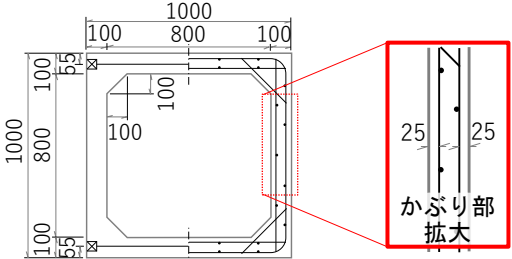


図-3 対象 PCa 製品概要

表-1 適用に向けた検討事項

項目	要求性能
脱型強度	σ_{20h} : 14N/mm ² 以上 (1 日 1 ブロック製造ベース確保)
設計基準強度	σ_{14} : 45N/mm ²
中性化	かぶり 25±5mm (施工誤差) での 50 年耐久性の確保
有害物質の成分溶脱	各種環境基準以下

表-2 使用材料

略号	材料	概要	比重
C	普通ポルトランドセメント	太平洋セメント製	3.16
BF	高炉スラグ微粉末	中部エスメント製 ブレンド 4,000 石膏添加品	2.89
Ex	膨張材	太平洋マテリアル ジブカル	3.00
SP	高性能 AE 減水剤	花王マイティ 150RX	—
S	細骨材	三重県鈴鹿市産砕砂	2.65
G	粗骨材	三重県鈴鹿市産砕石	2.68

キーワード 低炭素型コンクリート 高強度 PCa 製品 耐久性 中性化 溶脱試験

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 TEL03-5769-1322

を加えた配合とし、試験練りにおける強度試験結果から W/B=33%を、フレッシュ性状（粘性）から W=175 kg/m³を決定し、表-3 に示す配合を採用した。50℃×3h 蒸気養生後徐冷し、材齢 1 日脱型強度で 30N/mm² 以上、材齢 14 日強度で 60N/mm² 程度を確認している。

4. 中性化に対する検討・照査

中性化に対する評価は、類似の PCa 製品配合（他工場）での促進中性化試験（JIS A1153）と、対象配合での短期水掛け試験（JSCE-G582）を実施した。促進 56 日での中性化深さは 14.6mm、供用期間 50 年での湿潤環境を考慮した中性化深さは 5.3mm¹⁾（図-4）、短期水掛けによる水分浸透速度係数は 0.66mm/√h、かぶり 25mm での不動態被膜の破壊は 9.8×10⁻¹⁶μ（<9.53μ：鋼材腐食深さ限界値）と算出され、施工誤差を含めて問題ない事が確認された（図-5）。なお、供用時の排水は主に雨水であり、基本的に塩化物イオンは含まれないと想定している。

5. 排水との接触による溶出成分の検討・照査

供用時排水は各種環境基準の対象となり、JIS K0094 での試験が必要となるが、検液は実際の操業中排水が想定されている。このため、今回は JSCE-G575-2018 タンクリーチング試験にて供試体を浸漬し、検液を得た。また、ひび割れ面からの成分溶出も想定し、割裂試験後の供試体でも試験を実施した。試験結果は表-4 に示す通り、環境基準全てを満足し、表面・ひび割れ面の違いに関わらず、一般的な PCa 製品配合と遜色ない結果が得られた。以上から、低炭素型のコンクリートの適用は問題ないと判断された。

6. サイクルタイムの確保

製品製作時期は 11 月～12 月となり、外気温の影響もあり前養生 3h 後では仕上げが困難なことが確認された。このため、昼前に打設を行い、3h の前養生後、40℃×0.5h の 1 次養生を実施、徐冷後表面仕上げを実施し、50℃×3h の蒸気養生を実施することで 28 基/28 営業日の製作性を確保した（図-6）。

7. まとめ

造成工事水路用 PCa 製品に低炭素型のコンクリートを適用し、これまで当社低炭素型のコンクリート適用実績の無かった地域へ初適用した。またその検討過程において、中性化や成分溶脱が問題ない事を

表-3 決定配合

呼び方	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						
			B				S	G	SP B×%
			W	C	BF	Ex			
50-55-20	33	43.1	175	128	383	20	703	948	1.40

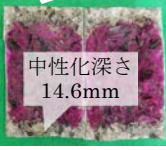
W/B=35% PCa 製品配合	項目	値
	CO ₂ 5%試験中性化速度係数 D ₀	5.2mm/√週
	気中(CO ₂ 0.05%)中性化速度係数 D ₁ =D ₀ ・√(0.05/5)	0.5mm/√週 =3.7mm/√年
	湿潤環境係数・β ₂	0.2
	耐用年数 50 年中性化深さ C=D ₁ ・β ₂ ・√50 年	5.3mm

図-4 促進中性化試験と 50 年中性化照査結果

項目	値
水分浸透速度の予測値 q _p =q _k	0.66mm/√時
一年あたりの鋼材腐食深さの設計値 S _{ay} =1.9・10 ⁻¹⁴ ・exp(-0.068・(c・Δc ₀) ² /(γ _c ・q _k) ²)	1.7×10 ⁻¹⁷ μ m/年
耐用年数 50 年中性化深さ C=D ₁ ・β ₂ ・√50 年	9.8×10 ⁻¹⁶ μ m

図-5 短期水掛け試験と 50 年中性化照査結果

表-4 有害物質基準値および成分溶出試験結果

指定物質	基準値 (mg/L)			溶出試験結果 (mg/L)		PCa 製品 一般配合
	水濁法	土壌環境基準	地下水汚濁基準	低炭素型コンクリート 供試体	ひび割れ有	
Cd	0.03	0.003	0.003	0.0003>	0.0003>	0.0003>
Pb	0.1	0.01	0.01	0.001>	0.001>	0.001>
Cr6+	0.5	0.05	0.05	0.005>	0.005>	0.005>
As	0.1	0.01	0.01	0.001>	0.001>	0.001>
Hg	0.00	0.0005	0.0005	0.003>	0.003>	0.003>
Se	0.1	0.01	0.01	0.001>	0.001>	0.001>
B	10	1	1	Max0.013 Ave0.012	Max0.011 Ave0.007	Max0.010 Ave0.007
F	8	0.8	0.8	0.08>	0.08>	0.08>

※「>」記号は検出下限値未満を示す

時 刻											
0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22 24
蒸気養生後徐冷				脱型組立	打設	静置養生	プレ養生	仕上	蒸気養生⇒徐冷		

図-6 製造サイクル



図-7 製作状況・施工状況

確認した。製造ペースを確保するためのプレ養生等が必要となる場合もあるが、今後の低炭素型のコンクリートの適用拡大の良い事例となれば幸いである。

参考文献

1)日本建築学会 鉄筋コンクリート造建築物の耐久性設計施工指針・同解説