

自然環境下に5年間暴露されたローカーボンハイパフォーマンスコンクリートの性能

安藤ハザマ 正会員 ○齋藤 淳 正会員 榎原彩野
東京エスオーシー (株) 正会員 齋藤 尚
日本サステナビリティ研究所 フェロー会員 塚 孝司

1. はじめに

筆者らは、ポルトランドセメントの一部を比較的少ない量の混和材で置換したコンクリートを汎用的に用いることで、ポルトランドセメントが有する優れた性能を最大限に活かしつつ、コンクリート産業全体として CO₂ 排出量を低減することを提案している。

本稿では、結合材の質量割合をポルトランドセメント 60%、フライアッシュ 20%、高炉スラグ微粉末 20%としたローカーボンハイパフォーマンスコンクリート（以下、LHC）を用いて建設された構造物¹⁾を対象に、材齢5年における力学・耐久性の調査結果を報告する。

2. 調査対象構造物

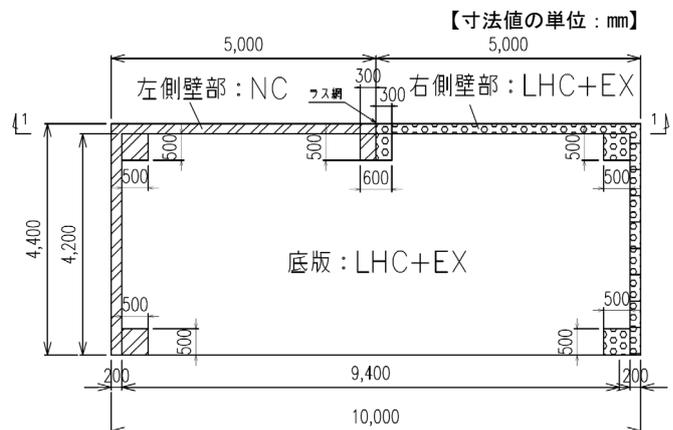
調査対象構造物は、屋外に建設された集積ピットの壁部である。集積ピットの外観を写真-1に示す。壁部の寸法は高さ2.0m、厚さ0.2mであり、壁の隅角部や端部にコア採取用の凸部（0.5m角）を設けてある。

3. 材齢初期におけるコンクリートの性能

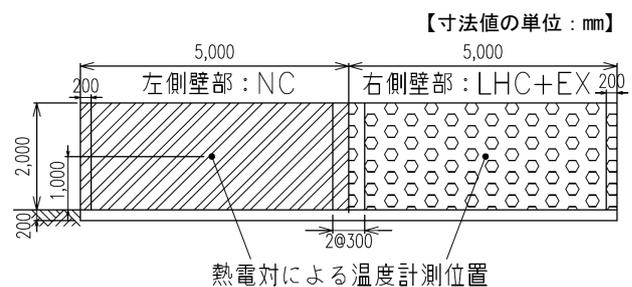
集積ピットの形状および配合区分を図-1に示す。壁部は中央部を境にして2種類の配合を用いており、向かって左側は結合材として普通ポルトランドセメントのみを用いた配合（以下、NC）で、右側はLHCに砂置換で膨張材を混入した配合（以下、LHC+EX）で建設した。コンクリートの配合および材齢初期におけるコンクリートの性能を表-1に、使用材料を表-2に示す。どちらの配合においても、スランプは目標値 $12.0 \pm 2.5\text{cm}$ を、空気量は目標 $4.5 \pm 1.5\%$ を満足していた。圧縮強度は、材齢2日においてNCの 16.2N/mm^2 に対し、LHC+EXは 10.8N/mm^2 であり、NCの60%程度の値であるものの、鉛直面の脱型に必要な強度 5N/mm^2 を材齢2日で十分に超えており、施工上の影響は少ないといえる。また、材齢28日における圧縮強度は、NCの 31.2N/mm^2 に対し、LHC+EXは 31.8N/mm^2 であり、同等の値であった。



写真-1 集積ピットの外観



集積ピット平面図



集積ピット立面図 (1-1 断面)

図-1 集積ピットの形状および配合区分

キーワード 低環境負荷コンクリート, CO₂ 削減, フライアッシュ, 高炉スラグ微粉末, LHC

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 安藤ハザマ 技術研究所 TEL:029-858-8813

表-1 コンクリートの配合および材齢初期におけるコンクリートの性能

配合名	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)								CO ₂ 排出量 ²⁾ (kg/m ³)	フレッシュ性状		圧縮強度：標準水中養生 (N/mm ²)		
			水		結合材		細骨材			粗骨材		スランプ (cm)	空気量 (%)	σ ₂	σ ₇	σ ₂₈
			W	N	BB	FA	S1	S2	EX							
NC	54.5	43.9	169	310	—	—	544	245	—	1038	243.6	11.0	3.9	16.2	27.3	35.4
LHC+EX		43.9	162	96	142	59	540	237	15	1043	157.3 (35%低減)	14.0	4.4	10.8	22.6	34.2

4. 屋外暴露5年におけるコンクリートの性能

表-2 使用材料

4.1 屋外暴露の条件

集積ピットは、材齢7日の脱型まで型枠残置による水分逸散抑制養生を行った後、日光、雨および風などの影響を受ける自然環境下に暴露されており材齢5年が経過した。

4.2 外観の調査結果

集積ピットの外観を目視で調査した。どちらの配合においてもひび割れなどの変状は認められなかった。

4.3 力学性能の調査結果

集積ピットから採取したφ100のコア供試体を用いて、圧縮強度および弾性係数を測定した結果を表-3に示す。圧縮強度はNCの50.9N/mm²に対し、LHC+EXでは56.0N/mm²に達していた。また、LHC+EXの弾性係数は、NCと同程度であった。静弾性係数に対する動弾性係数の比も、普通強度のコンクリートにおける一般的な値であった。

4.4 耐久性能の調査結果

コア供試体の割裂面で測定した中性化深さを表-4に示す。LHC+EXの中性化深さはNCの2倍程度の8.3mmであった。しかしながら、√t則にて算出した材齢100年におけるLHC+EXの中性化深さの予測値は35.4mmにとどまっており、一般的な土木構造物で必要な中性化抵抗性を有していると考えられた。

また、コア供試体を用いて電気泳動試験(JSCE-G571)を行い、塩化物イオンの実効拡散係数を求めた。NCは、通電8日目から移動流束がほぼ一定となり、実効拡散係数は1.55cm²/年と算出された。一方、LHC+EXは、通電20日目においても移動流束がほぼゼロのままであり、実効拡散係数が非常に小さいと推察された。

5. おわりに

自然環境下に5年間暴露したローカーボンハイパフォーマンスコンクリートの力学・耐久性能を調査した結果、想定通りの性能を有していることや、塩害に対する抵抗性が特に優れていることなどが確認できた。今後も暴露実験を継続し、さらなる長期材齢における性能を確認する予定である。

参考文献

- 1) 齋藤淳, 堺孝司, 福岡紀枝, 榎原彩野: フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末を用いたローカーボンコンクリートの試験施工, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, pp.1858-1863, 2014
- 2) 土木学会: コンクリート構造物の環境性能照査指針(試案), コンクリートライブラリー125, pp.14-16, 2005

種類	記号	品質
普通ポルトランドセメント	N	密度: 3.15g/cm ³
高炉セメントB種	BB	密度: 3.04g/cm ³
フライアッシュII種	FA	密度: 2.32g/cm ³
細骨材	陸砂	S1 表乾密度: 2.58g/cm ³
	砕砂	S2 表乾密度: 2.69g/cm ³
	膨脹材	EX 密度: 3.05g/cm ³
粗骨材	砕石	G 表乾密度: 2.69g/cm ³
AE減水剤	AD	遅延形
AE剤	AE	フライアッシュ用

表-3 圧縮強度, 弾性係数(材齢5年)

項目	NC	LHC+EX
圧縮強度(N/mm ²)	50.9	56.0
静弾性係数(kN/mm ²)	30.0	32.9
動弾性係数(kN/mm ²)	38.6	40.2
動弾性/静弾性	1.29	1.22

表-4 中性化深さ

項目	NC	LHC+EX
材齢5年における中性化深さの実測値	4.2mm	8.3mm
材齢100年における中性化深さの予測値	18.1mm	35.4mm