

高炉スラグ細骨材を用いた耐久性コンクリートのメガソーラー基礎への適用と施工事例

ランドス株式会社 正会員 ○細谷 多慶 清水建設株式会社 正会員 岩井 豪
東洋エンジニアリング株式会社 正会員 加賀谷 祐治

1. はじめに

瀬戸内海地方に建設された大規模太陽光発電所のソーラーパネル基礎杭（H 型 PC パイル）に高炉スラグ細骨材を用いた耐久性コンクリートが使用された。本発電所は、発電出力約 235MW（直流）の国内最大級の太陽光発電所である。施工場所は塩田跡地であるため、ソーラーパネル基礎杭に使用するコンクリートには耐塩害性と耐硫酸塩性が要求された。高炉スラグ細骨材を用いた耐久性コンクリートは、普通コンクリートに比べて CO_2 の排出量が抑制でき、環境負荷低減にも貢献可能な材料である。

2. 使用材料

図 1、図 2 に H 型 PC パイルの形状および施工図を示す。長さ 2.7m から 3.6m の基礎杭に 27,500t の耐久性コンクリートが使用された。耐久性コンクリートは、高炉スラグ細骨材を細骨材として 100% 使用し、耐塩害性、耐凍害性を向上したコンクリートである¹⁾。材料分離を抑制するために $W/B=25\%$ とし、高粘性のコンクリートとしている。表 2、表 3 に耐久性コンクリートの配合と使用材料を示す。

H 型 PC パイルの製造は、スパン長 $L=60\text{m}$ のベツトを使用し、有効プレストレスは $2.77\text{N}/\text{mm}^2$ 以上とした。コンクリートの養生方法は常圧蒸気養生とし、前置き時間 2 時間以上、昇温は 1 時間当たり 20°C 以下の上昇、最高温度は 60°C 以下とした。脱型時強度は練り混ぜから 17 時間で $20\text{N}/\text{mm}^2$ 以上を確認した。

3. 性能照査

耐久性コンクリートの耐久性能を表 4 に示す。

a) 耐塩害性

$W/B=25\%$ 、耐用年数 25 年、最小かぶり 20mm、施工誤差 $\pm 5\text{mm}$ 、 $C_0=4.5\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $C_i=0.3\text{kg}/\text{m}^3$ として塩化物イオンによる鋼材腐食に対する性能照査を行った。

耐久性コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数の特性値を求める。



写真 1 太陽光発電所全体写真
(瀬戸内 Kirei 未来創り合同会社 HP より)



写真 2 出荷を待つ H 型 PC パイル

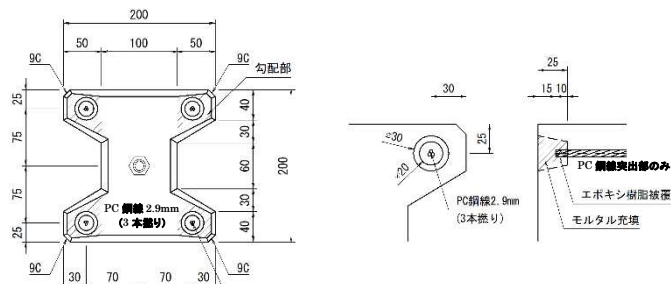


図 1 H 型 PC パイルの形状

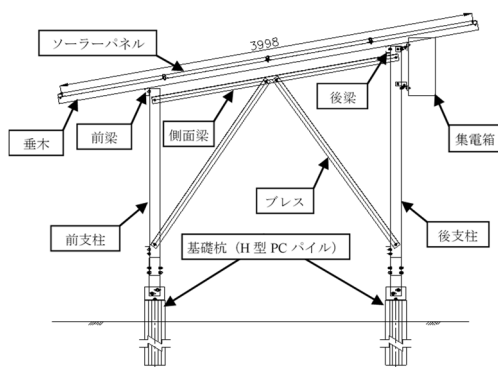


図 2 H 型 PC パイルの施工図

キーワード 高炉スラグ細骨材、プレキャストコンクリート製品、耐久性、H 型 PC パイル、メガソーラー

連絡先 〒701-1351 岡山県岡山市北区門前 410-1 TEL : 086-287-7373 E-mail : k-hosotani@lands.co.jp

表 1 H 型 PC パイルの製造数量

長さ(mm)	本数(本)	重量(t)
2700	104,700	21,200
3100	26,100	6,100
3600	700	200

表 2 耐久性コンクリートの配合

W/B (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量(kg/m³)					
			W	B		BFS	G15	AD
				C	GGBF			
25.0	2.5	45.0	165	396	264	735	853	5.95

表 3 耐久性コンクリートの使用材料

項 目	産地、種類、物性値	
セメント	普通ポルトランドセメント (C)	密度 3.16 g/cm³
混和材	高炉スラグ微粉末 (GGBF)	密度 2.90 g/cm³, 比表面積 4,100 cm²/g
細骨材	高炉スラグ細骨材 (BFS)	JFE 倉敷製造所産, 表乾密度 2.75g/cm³, FM2.10, 吸水率 0.32%
粗骨材	砕石 1505 (G15)	岡山県倉敷市尾原産, 表乾密度 2.61g/cm³, FM6.41, 吸水率 0.64%
混和剤	高性能減水剤 (I 種) (AD)	ポリカルボン酸系ポリマー

表 4 耐久性コンクリートの耐久性能

項目	性能	単位
圧縮強度	50.0	N/mm²
曲げ強度	5.0	N/mm²
塩化物イオンの拡散係数	0.025	cm²/年
耐久性指数	100	
硫酸浸食速度係数	3.0	mm/(年・%)

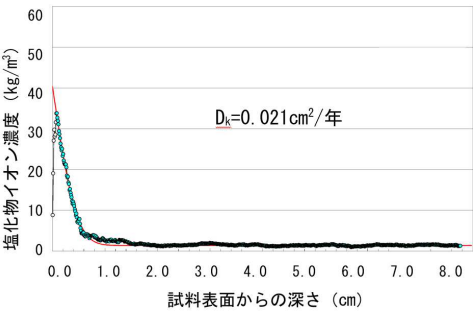


図 3 耐久性コンクリートの暴露試験結果

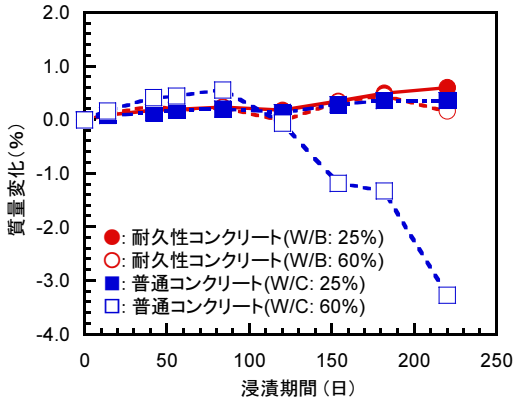


図 4 10%硫酸ナトリウム水溶液浸せき試験結果

$$D_k = 10^{3.2 \times W/C - 2.4} = 10^{3.2 \times 0.25 - 2.4} = 0.025 \text{ (cm}^2\text{/年)}$$

初期ひび割れの影響を考慮し、 $\gamma_{cl}=1.1$ として鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値を求める。

$$D_a = D_k \cdot \gamma_c \cdot \beta_{cl} = 0.025 \times 1.0 \times 1.5 = 0.038 \text{ (cm}^2\text{/年)}$$

$$C_d = \gamma_{cl} \cdot C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \cdot C_d}{2 \sqrt{D_a \cdot t}} \right) \right) + C_i = 1.37 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

土木学会予測式の適用範囲は水セメント比が 30% 以上であるため、水セメント比を 30%として鋼材腐食発生限界濃度を求め、塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食に対する照査を行う。

$$C_{lim} = -2.6 \times 0.3 + 3.1 = 2.32 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$\gamma_i \cdot \frac{C_d}{C_{lim}} = 1.1 \times \frac{1.37}{2.32} = 0.65 \leq 1.0 \quad \dots OK$$

図 3 に耐久性コンクリートの瀬戸内海地方の島しょ部での 3 年間の暴露試験結果を示す。コンクリート標準示方書予測式から求めた拡散係数よりも安全側の値となっている 2)。

b) 耐硫酸塩性

塩田跡地の土壤腐食性分析より $c=460\text{(mmol/kg)}$ の硫酸塩が確認された。土壤に存在する硫酸塩が全て硫酸ナトリウムであると仮定し、硫酸ナトリウムの質量パーセント濃度 $x=6.53\%$ を得た。これより、図 4 に示す 10%硫酸ナトリウム水溶液浸せき試験結果から硫酸塩に対する抵抗性を確認した 3)。

4. おわりに

高炉スラグ細骨材を用いた耐久性コンクリートを耐塩害性、耐硫酸性が要求されるメガソーラー基礎杭に適用した。ご支援いただいた瀬戸内市、瀬戸内 Kirei 未来創り合同会社及びくこうみアセットマネジメント株式会社に心より感謝いたします。

参考文献

- 1) 土木学会コンクリートライブラリー155, 高炉スラグ細骨材を用いたプレキャストコンクリート製品の設計・製造・施工指針 (案), 2019.3
- 2) 土木学会コンクリート技術シリーズ 117, 高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートに関する研究小委員会 (354 委員会) 成果報告書, 2018.7
- 3) ハレーサルト製品技術マニュアル (耐硫酸性水和固化体), ハレーサルト工業会, 2010.8