

# 高い耐震性が要求される建屋周囲へのセメント系埋戻土の施工

日本原燃(株) 法人会員 ○大石健太, 小寺竜広, 大塚 拓  
鹿島建設(株) 正 会 員 西村元男, 伊丹洋人, 藤崎勝利

## 1. はじめに

構造物の地震時挙動や耐震性を考慮して、構造物周囲に周辺地盤と同程度以上の剛性を持つ人工地盤を施工した事例が報告されている<sup>1), 2)</sup>。今回筆者らも高い耐震性が要求される新設建屋周囲の埋戻しに、締め目が不要な流動性を持つセメント系埋戻土を施工(打設量約 12,000m<sup>3</sup>)した。耐震性を考慮するセメント系埋戻土には高い品質が要求されるため、種々の検討を行いながら施工を進め、良好に施工を完了した。本文では、セメント系埋戻土の施工について報告する。

## 2. セメント系埋戻土の設計強度

### (1) 検討指標

耐震性を考慮する場合、セメント系埋戻土に要求される物性値は S 波速度 Vs や初期せん断弾性係数 G<sub>0</sub> である。しかし、配合検討や施工中の品質管理に Vs や G<sub>0</sub> を用いるのは困難であると考え、一軸圧縮強さ q<sub>u</sub> で各検討を行うこととした。なお、Vs は一軸圧縮強さ q<sub>u</sub> と比較的良好な相関を持つと報告されている<sup>3)</sup>。

### (2) 設計強度の設定

セメント系埋戻土の設計強度 q<sub>uf</sub> は、図-1 に示すように一軸圧縮強さ q<sub>u</sub> が正規分布すると仮定し、不良率(設計基準強度 Fc を下回る確率)を考慮して、(1)式で算出した<sup>4)</sup>。設計基準強度 Fc は、周辺地盤の一軸圧縮強さ q<sub>u</sub> の平均値に標準偏差 σ を加えて 1960kPa とした。不良率はコンクリートを参考に 5%<sup>5)</sup>、変動係数 CV は類似工事の実績から 25% と想定して算出した結果、設計強度 q<sub>uf</sub> は 3340kPa となった。

$$q_{uf} = F_c + K \cdot \sigma = F_c / (1 - K \cdot CV) \quad (1) \text{式}$$

ここに K: 不良率に対する正規偏差 (=1.64)

なお、セメント量の設定は、施工中の品質管理等を考慮して材齢 28 日一軸圧縮強さ q<sub>u</sub> を基に行うこととした。

## 3. 目標品質とセメント量の設定

表-1 に示す目標品質は、流動化処理土の用途別品質規定<sup>6)</sup>を参考に、施工方法等を考慮して設定したものである。これらを満足する配合を検討するために、室内配合試験と本施工で使用する仮設プラント(写真-1 参照)を使った実機配合試験を実施した。設計強度 q<sub>uf</sub> を満足するセメント量は、両試験で得た図-2 に示すセメント量と材齢 28 日一軸圧縮強さ q<sub>u</sub> の関係から、若干の安全を見込んで 180kg/m<sup>3</sup> と設定した。施工着手段階の設計配合を表-2 に示す。なお、セメント量については、施工中の日常品質管理で行う一軸圧縮強さ試験結果を基に見直しを行うこととした。

## 4. 施工実績

### (1) 使用材料と製造方法

母材には現場内で採取できる礫まじり砂(最大粒径 53mm, 自然含水比 19%, 細粒分含有率 12%)を使用し、セメントには高炉セメント B 種を用いた。セメント系埋戻土は図-4 に示す施工フローに従って、連続ミキサを備えた仮設プラント(写真-1

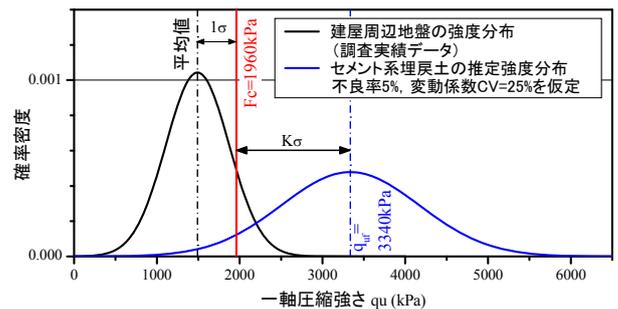


図-1 設計強度の設定

表-1 目標品質

項目	試験方法	目標値
流動性	JHS 313-1992, シリンダ法	160mm以上
材料分離抵抗性	JSCE-1992, ブリーディング率試験	1%未満(3hr後)
湿潤密度	混合直後: 定量容器による測定 固化後: JIS A 1225, ノギス法	1.8g/cm <sup>3</sup> 程度 (周辺地盤相当)
一軸圧縮強さ	JIS A 1216, 土の一軸圧縮試験	設計強度 3340kPa (材齢28日)

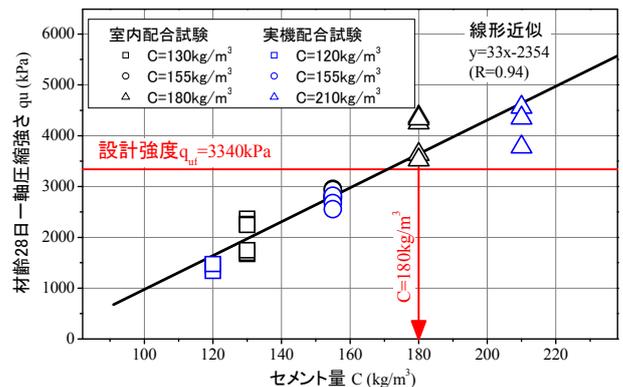


図-2 セメント量と材齢 28 日一軸圧縮強さの関係

表-2 設計配合(施工着手段階)

1m <sup>3</sup> 当たり配合量(kg/m <sup>3</sup> )			配合含水比 (水質量/母材質量) (%)	水セメント比 W/C (%)	湿潤密度 (g/cm <sup>3</sup> )
母材(乾燥質量)	セメント	水			
1107	180	531	48	295	1.82

埋戻し, 人工地盤, 地震時挙動, 設計強度, 配合試験, 品質管理

連絡先) 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駸字沖付4番地108, 日本原燃株式会社, TEL:0175-71-2000(代表)

参照)を用いた一括混合方式で製造した。なお、セメント系埋戻土の品質変動を抑制するために、ロックフィルダム建設工事で実績が多いストックパイル方式<sup>7)</sup>による母材粒度の安定化を図るとともに、製造時には連続計量器を使用することで母材およびセメント、水に対する計量管理の厳密化を図った。

## (2) 施工実績

セメント系埋戻土は2009年3月～7月に施工した。打設はポンプを用いてリフト高さ 2.5m/層で行い、日最大打設量は 560m<sup>3</sup> (仮設プラント 3 基使用)、総打設回数 38 回で約 12,000m<sup>3</sup> の打設を完了した。施工中の日常品質管理は、表-3 に示すようにレディーミクスコンクリートと同等な頻度で行った。なお、施工中にセメント量の見直しを行った結果、2 度のセメント量低減を果たし、最終的なセメント量は 165kg/m<sup>3</sup> となった。

## (3) 品質管理試験結果

製造時の品質である湿潤密度は平均値 1.83g/cm<sup>3</sup>、変動係数 CV は 0.9%、シリンダフロー値は平均値 175mm、変動係数 CV は 4.5%となった。このように製造時の品質が安定したため、打設にトラブルが生じることもなく、施工は順調に進捗した。また、3 時間後ブリーディング率は全データでほぼ 0%であった。材齢 28 日一軸圧縮強さ  $q_u$  は、図-5 に示すように全データの平均値は 4046kPa、変動係数 CV は 15.6%となった。この変動係数 CV は、当初想定した変動係数 CV (=25%) を下回っていることから、一軸圧縮強さ  $q_u$  の面からも高い品質が確保できたと考えている。

## (4) セメント量に関する考察

品質管理試験で得た材齢 28 日一軸圧縮強さ  $q_u$  の変動係数 CV (=15.6%) を用いて、不良率を 5%として(1)式で設計強度  $q_{ur}$  を算定すると 2634kPa となり、当初の 3340kPa よりも 20%程度小さくなる。2634kPa を満足するセメント量は、図-2 に示したセメント量と材齢 28 日一軸圧縮強さ  $q_u$  の関係から 150～160kg/m<sup>3</sup> となる。このことから、施工計画の段階で変動係数 CV を小さく見込むことにはリスクもあるが、今後も詳細な実施工データを蓄積し、現場や施工条件に合わせた適切な変動係数 CV を採用することで、より経済的な配合設計が可能になると考えている。

## 5. おわりに

本文では、高い耐震性が要求される新設建屋周囲の埋戻しに、セメント系埋戻土を施工した事例を報告した。施工を通じて実施

したストックパイル方式<sup>7)</sup>による母材粒度の安定化対策の効果、一軸圧縮強さ  $q_u$  の変動が地震時変形特性 ( $G/G_0 \sim \gamma$  関係等) に及ぼす影響検討や原位置での品質確認検討等の結果については、別の機会に報告する予定である。

## 【参考文献】

- 1) 岸, 野尻: 人工軟岩材料の開発, セメントコンクリート, No.511, pp.78-86, 1989.
- 2) 大西, 近藤, 服部: 浜岡原子力発電所耐震裕度向上工事における土木工事, 電力土木, No.331, pp.39-43, 2007.
- 3) 例えば, 細谷, 牧原, 木幡他: セメント系改良材による現場改良土の品質評価, 地盤工学会, セメント系安定処理土に関するシンポジウム, pp.42-56, 1996.
- 4) 地盤工学会: 地盤改良効果の予測と実際, pp.255-256, 2000.
- 5) 土木学会: 2007 年度制定コンクリート標準示方書, 施工編, pp.82-83, 2007.
- 6) 久野悟郎, 流動化処理工法研究機構: 土の流動化処理工法, 第二版, pp.144-145, 2007.
- 7) 例えば, (財)ダム技術センター: 多目的ダムの建設(平成 17 年度版), 第 6 巻, 施工編, pp.224-226, 2005.

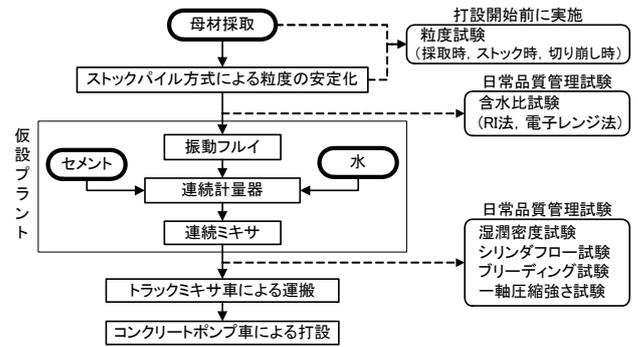


図-4 施工フロー



写真-1 現場に設置した仮設プラント

表-3 日常品質管理項目と頻度

管理項目	試験方法	管理基準	頻度	
母材	含水比	JGS 0122 JGS 1614	(加水量の調整に活用)	2回/日(午前, 午後) (プラント毎に実施)
	湿潤密度	容器による測定	設計密度 $\pm 0.1g/cm^3$	
セメント	シリンダフロー値	JHS 313	下限値 110mm 以上 目標 160mm 以上	2回/日(午前, 午後) (プラント毎に実施)
	ブリーディング率	JSCE 1992	1%未満(3hr後)	
系埋戻土	3, 7 日材齢	JIS A 1216	(管理用参考値)	2回/日(午前, 午後) または1回/打設量150m <sup>3</sup> (プラント毎に実施)
	28 日材齢		平均値: 3340kPa 設計基準強度: 1960kPa 以上	
	91 日材齢		参考として打設高の下部, 中央, 上部で採取	

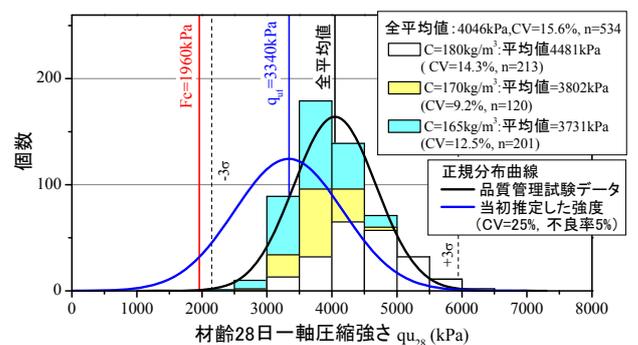


図-5 一軸圧縮強さのヒストグラム(28 日材齢)