

岸壁裏埋材として適用したカルシア改質土の施工後モニタリング調査と耐震性評価

国土交通省 四国地方整備局 高松港湾空港技術調査事務所 正会員 ○西岡周平 伊藤春樹
 一般財団法人 沿岸技術研究センター 稲田勉

1. はじめに

愛媛県東予港においては耐震岸壁の裏埋材としてカルシア改質土を適用した(図-1 参照)。カルシア改質土とは、粘土・シルト分の多い軟弱な浚渫土と転炉系製鋼スラグを原材料とするカルシア改質材を混合し、浚渫土の物理的・化学的性状を改質したリサイクル材であり、強度増進などの効果を有している¹⁾。ただしその強度特性として大きなばらつきがあることが知られているが、未だ十分な知見がないのが実状である。ゆえにカルシア改質土を人工地盤材料として活用した際には、施工後においても長期的にその強度特性等の把握を行うことが重要である。本稿では、施工時点、施工後約30日、約90日及び約390日(以下、30日、90日及び390日)が経過した時点でのモニタリング調査を実施し、その結果について強度変化傾向等の評価を行った。また、モニタリング調査結果を反映の上港湾の施設の技術上の基準・同解説(以下、港湾基準)に則った地震応答解析(以下、FLIP解析)を実施し、長期的な強度特性等を踏まえた耐震性評価を行った。

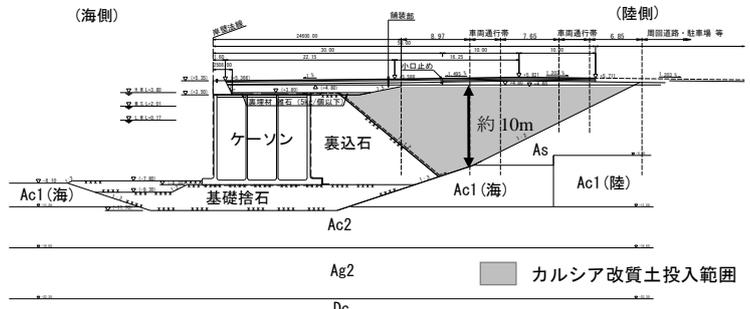


図-1 検討対象断面

2. モニタリング調査結果の評価

1) 施工時に混合・作製した供試体の一軸圧縮強度

施工時点から施工後390日が経過した時点までの一軸圧縮強度変化傾向を図-2に示す。当該試験に使用した供試体については、バックホウ混合後に形成したものであり、カルシア改質材の配合率は30%を基本としている。なお、配合率30%とは、設計基準強度として $qu=100\text{kN/m}^2$ (室内試験においては安全率2とし $qu=200\text{kN/m}^2$)を満足するための配合率として設定済みのものである。また、今回示すのは、 σ_7 、 σ_{28} 、 σ_{90} 及び σ_{390} の結果である。結果を見ると、 σ_{28} においては $qu=224\text{kN/m}^2$ と規定値を上回っている。また、 σ_{90} 及び σ_{390} においてはそれぞれ $qu=355\text{kN/m}^2$ 及び 766kN/m^2 である。強度変化比率としては、 σ_7 を基準として σ_{28} 、 σ_{90} 及び σ_{390} にかけてそれぞれ約2.1、3.4及び7.3と長期的な強度増加が確認できる。なお、図-2における各プロットは土運船1隻当たり3供試体の平均値を施工時に配備した土運船15隻に対し材令毎に示した一軸圧縮強度である。

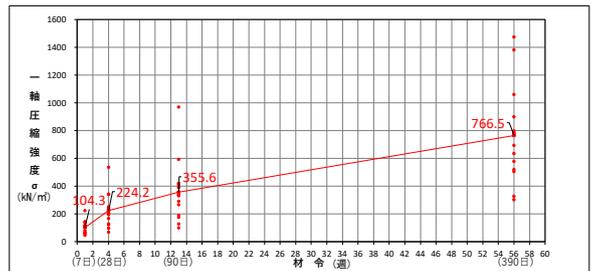


図-2 一軸圧縮強度の変化傾向(施工時混合)

2) サンプリングの上作製した供試体の一軸圧縮強度

施工後90日及び390日が経過した時点において、高品質サンプリング(軟硬岩両用サンプラーによる)あるいはブロックサンプリングの上供試体を作製し試験を行った。一軸圧縮強度 qu より求めたせん断強度($Su=1/2qu$)を表-1に示す。深度方向においては強度特性の違いから上層(C1)及び下層(C2)に分割の上、港湾基準に則りデータのばらつきやデータ数に関する統計処理を実施しFLIP解析パラメータの設定を行った。表-1を見ると上層(C1)では材令90日と390日では強度増加は大きくない。一方で下層(C2)では材令90

表-1 主な物性値まとめ

土層区分	深度 (GL-(m))	Nd 値				せん断強度 (kN/m^2)		せん断波速度 (m/s)	
		材令 30日		材令 390日		材令 90日		材令 390日	
		動的コーン貫入試験	動的コーン貫入試験	一軸圧縮試験	一軸圧縮試験	(PS 検層)	(PS 検層)		
舗装部	1.2	—	—	100.2	—	—	—	392	
カルシア改質土 C1	3.2	1.5	3.2	9.7	96.5	108.4	290	601	
カルシア改質土 C2	10.0	4.5	7.1	12.0	120.7	243.7	430	560	

キーワード 岸壁、裏埋材、カルシア改質土、モニタリング調査、FLIP 解析

連絡先 〒760-0017 香川県高松市番町1丁目6番1号(高松NKビル2F) TEL 087-811-5662 FAX 087-811-5670
 国土交通省 四国地方整備局 高松港湾空港技術調査事務所

日に対する390日の強度が約2倍と強度増加傾向が顕著である。これについては層境界に地下水位が存在することで飽和状態による強度発現の違いも一つの要因として考えられる。また、表-1にはPS検層より設定したせん断波速度の結果についても示している。せん断波速度は上層(C1)及び下層(C2)ともに時間経過に伴い大きくなっていることが確認できる。

3) 動的コーン貫入試験による Nd 値

施工後 30 日, 90 日及び 390 日が経過した時点においては, 動的コーン貫入試験を行った。Nd 値の深度分布を図-3 に示す。上層(C1)及び下層(C2)ともに時間経過に伴い強度が増加しているが, ばらつきも大きくなっていることが確認できる。

3. FLIP 解析による耐震性評価

モニタリング調査結果を反映の上 FLIP 解析による耐震性評価を行った。当該施設は港湾基準における「耐震強化施設(特定(緊急物資輸送対応))」に位置づけられており, レベル 2 地震動に対する性能規定値としては残留水平変形量の限界値 100cm 程度として耐震性能照査ができるとされている。なお, 今回対象とするレベル 2 地震動は当該施設に影響の大きい中央構造線断層帯地震動とした(図-4 参照)。

カルシア改質土の最大の特徴として大きな液状化抵抗特性があることを現地適用前の事前検討の中で確認している。これに則り FLIP 解析の中でも「液状化しない」条件として液状化パラメータは設定しない。また, 過去の被災事例(裏埋部をセメント固化改良した岸壁において地震動によりケーソンが海側へ移動し, これに伴って裏込石が沈下, また固化処理土にクラックが発生)を参考に, 通常設定するケーソン底面及び背面に加えカルシア改質土と周辺地盤との間にジョイント要素を設定し各部材の剥離を表現した解析を行う(図-5 参照)。

施工後 90 日が経過した時点における最大せん断ひずみ分布を図-5 に示す。カルシア改質土直下の原地盤(As 層)において最大せん断ひずみが大きくなっており, これはカルシア改質土と裏込石あるいは原地盤との間の滑り・カルシア改質土の沈下によるものと考えられる。また, ケーソン背後のカルシア改質土表層部ではケーソンの海側への移動に伴い最大せん断ひずみが大きくなっていることが確認できる。なお, カルシア改質土と周辺地盤との間のジョイント要素の設定値によって多少の変形量差があるものの施設性能は満足される結果である。次に施工後 90 日及び 390 日が経過した時点における残留水平変形量を表-2 に示す。施工後 90 日に比べ 390 日が経過した時点の方が残留水平変形量は小さいがその差は僅かである。なお, 両ケースとも性能既定値は満足している。

表-2 残留水平変形量(施工後 90 日及び 390 日経過時点)

検討ケース	残留水平変形量 (cm)	性能規定値 (cm)
施工後 90 日時点	71.1	100
施工後 390 日時点	68.7	100

4. おわりに

今回耐震岸壁裏埋材として適用したカルシア改質土においては, モニタリング調査の結果, カルシア改質土の長期的な強度増加傾向は顕著であることが確認できた。また, これを踏まえた FLIP 解析の結果, 施工後約 1 年が経過した時点においても耐震性能を有することが確認できた。一方で, カルシア改質土と周辺地盤間のレベル 2 地震動による変形挙動については未だ解明されていないのが実状である。今後は, カルシア改質土と周辺地盤間の摩擦抵抗特性を把握するための模型実験等を実施の上, カルシア改質土の耐震性評価手法の確立に向け検討していく必要があると考える。

参考文献 1) (一財)沿岸技術研究センター:港湾・空港・海岸等におけるカルシア改質土利用技術マニュアル, 2017年2月

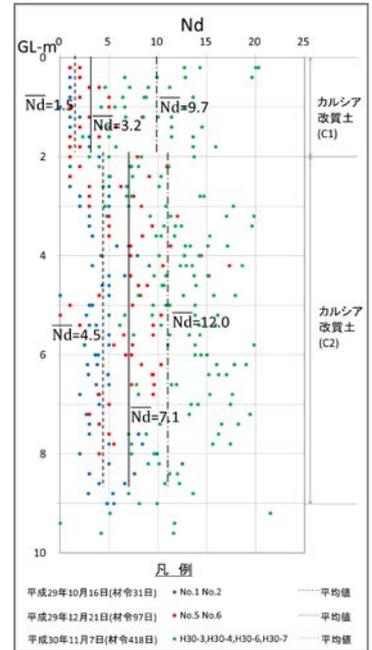


図-3 Nd 値の深度分布

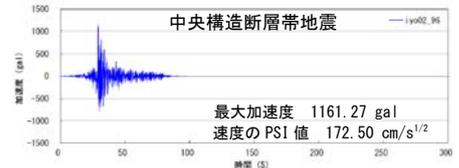


図-4 レベル 2 地震動

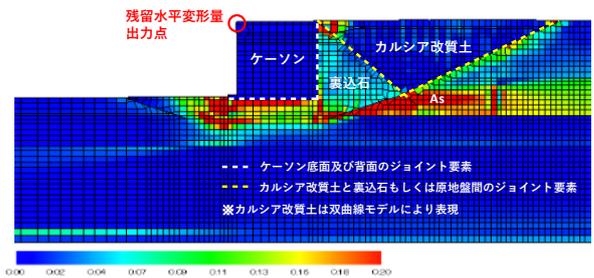


図-5 最大せん断ひずみ分布(施工後 90 日経過時点)