

カルシア改質土の耐震強化岸壁裏埋土への適用性検討

港湾事業本部 港湾部 兼 耐震解析計算センター 井上 憲

本業務は、愛媛県東予港中央地区岸壁(-7.5m)(耐震)の裏埋土として、浚渫土に製鋼スラグを混合したカルシア改質土が適用可能かを検討したものです。土質試験によってカルシア改質土の動的特性を明らかにし、地震応答解析による安定性照査を行い、カルシア改質土が十分に適用可能であることを示しました。

※本業務は、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からの委託で実施しました。

はじめに

持続可能な循環型社会の構築に向けて、建設および産業副産物のリサイクル活用は喫緊の課題となっています。特に港湾事業分野においては、今後も大量に発生する浚渫土の有効活用技術の開発が強く望まれています。

浚渫土に転炉系製鋼スラグを混合したカルシア改質土はその用途が拡大されつつありますが、今までは窪地埋土材や潜堤構築材などの海域環境改善施設への利用が主な用途でした。大きなせん断強度を有しかつ液状化しにくいカルシア改質土の特性を生かし、耐震強化岸壁を含む岸壁全般の裏埋土にも適用可能となれば、浚渫土のリサイクルはさらに拡大することになります。

本業務は、新たな試みとして、耐震強化岸壁裏埋土へのカルシア改質土の適用に関し、その可能性を検討したものです。

業務の概要

対象施設は現在整備中の愛媛県東予港中央地区岸壁(-7.5m)(耐震)であり、施設位置を図1、岸壁標準断面図を図2に示します。

本業務では、カルシア改質土の土質試験、解析のための土質定数設定および地震応答解析(FLIP)による耐震強化岸壁の安定性照査を行いました。

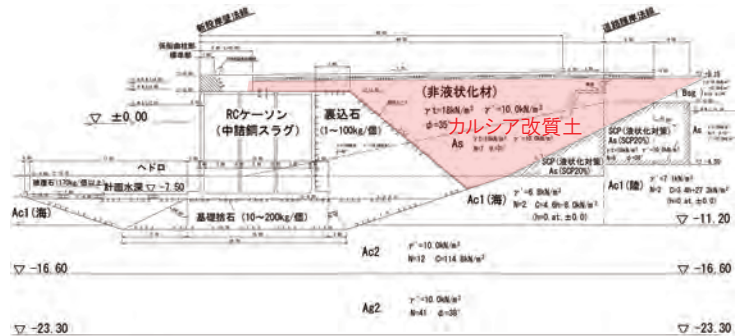


図2 岸壁標準断面図

カルシア改質土の液状化試験

(1) 浚渫土採取と改質土調整

土質試験用土砂は、東予港中央地区航路および泊地の浚渫土を土砂処分場より採取したものであり、含水比100%、細粒分含有量99%程度の軟弱粘性土です(写真1)。一方、カルシア改質材(成分と粒度を調整した製鋼スラグ)は、粒径0.1~20mmの礫質系材料であり(写真2)、混合割合によっては地震動が極めて大きいレベル2地震時には改質土が液状化する可能性が懸念されました。そこで供試体として、改質材を容積率で10、20、30、40%混合したものを作成し、液状化試験等の土質試験を行いました。



写真1 採取した浚渫土



写真2 カルシア改質材

(2) 土質試験結果

図3に R_{L20} (液状化に関する指標で、20回の繰返し載荷で軸ひずみ両振幅が5%となるせん断応力と初期拘束圧との比で示される。大きいほど液状化しにくい)と一軸圧縮強度 q_u との関係を示します。 q_u が大きいほど R_{L20} は大きく、 q_u が最も小さいケースにおいても R_{L20} は0.4を超えており、一般的な砂の0.2~0.4程度に比して大きく、液状化しにくい材料であることが分かります。



図1 検討対象施設位置¹⁾

混合率	q_u	R_{L20}
10%	6kN/m ²	0.41
20%	144kN/m ²	1.22
30%	353kN/m ²	1.75
40%	508kN/m ²	2.43

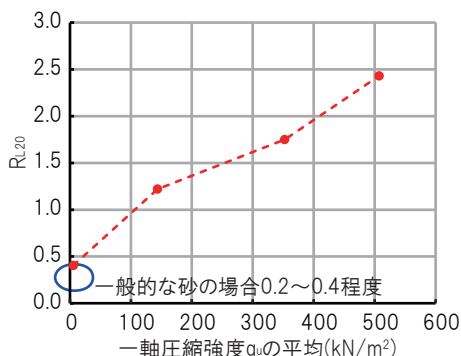


図3 q_u - R_{L20} の関係

液状化試験の供試体の一例を写真3に示します。一般的な砂の液状化現象による破壊ではなく、供試体の軟化にともなう引張破壊が生じていることがわかります。



写真3 液状化試験前と試験後の供試体

また、図4に示すように軸ひずみと繰返し回数の関係は、液状化とともにひずみが急激に増大し破壊に至る砂質土の液状化現象とは異なり、大きな繰返し回数までひずみの増加が比較的小さく、粘り強さを十分発揮した後、一気に破壊されています。

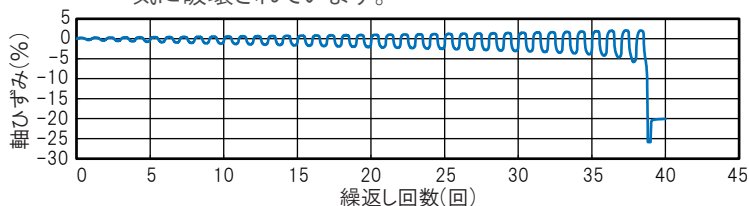


図4 軸ひずみと繰返し回数の関係

安定性の照査

(1) 残留水平変位の限界値

耐震強化岸壁としての残留水平変位(海側)の限界値は、兵庫県南部地震における被災後の岸壁の利用実績を参考に100cm程度と設定しました。

(2) カルシア改質土のモデル化

今回の土質試験の結果をもとに、カルシア改質土は液状化しにくい特性を有していること、ひずみの増大傾向は粘性土に近い挙動であり一般的な砂質土よりも粘り強いことがわかりました。よって、地震応答解析においては粘性土と同様に液状化しないモデルとしました。

(3) 地震応答解析(FLIP)

例として、水平変位に与える影響が最も大きかった中央構造線断層帯(石鎚山脈北縁西部-伊予灘)地震を対象とした解析結果を図5に示します。岸壁背後の液状化範囲は限定的であり、その結果、岸壁の残留水平変位は60cm程度と限界値を十分満足する結果となっています。また、非液状化材である雑石を使用した場合の残留水平変位と比較してもほとんど差異はなく、耐震強化岸壁の裏埋土として十分に活用できることが示されました。

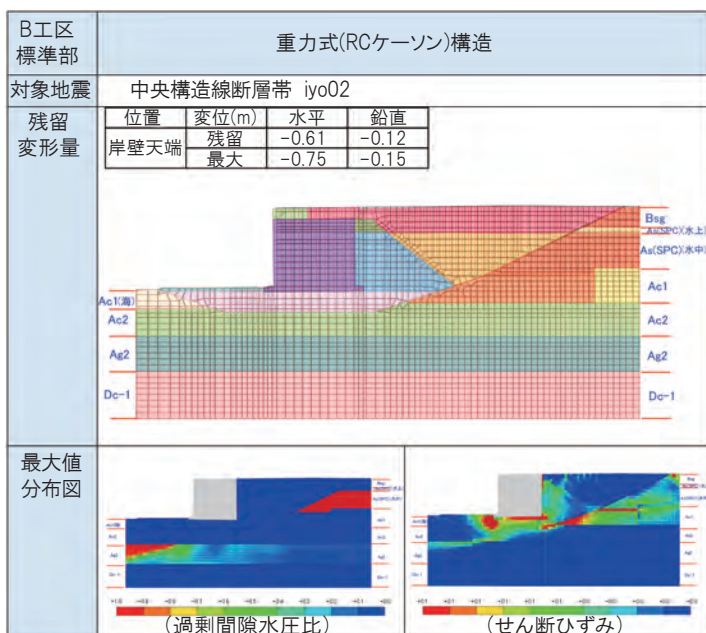


図5 解析結果図(B工区標準部、一軸圧縮強度 $q_u=100$ kN/m²)

おわりに

本業務においては、液状化試験等の土質試験を通じて、今まで十分には明らかにされてこなかった浚渫土を用いたカルシア改質土の動的特性を把握することができました。また、カルシア改質土がレベル2地震動に対しても液状化しにくく粘り強い特性を有することを組みこんだ地震応答解析を行うことにより、耐震強化岸壁の裏埋土にも適用可能であることを示すことができました。今後はこれらの知見を活用し、浚渫土性状の異なる他地域の港湾における適用性検討にも積極的に貢献していきたいと考えています。

また、当社においてはカルシア改質土が環境に与える影響に関しても十分な知見を有しており、構造設計のみならず環境影響検討も含めたカルシア改質土を含む浚渫土リサイクル事業に対し、総合的なコンサルティングを行っていきたくと考えています。

【出典】
1)国土地理院Webサイト「地理院地図(電子国土web)」を加工して作成