

裏埋めに固化処理土を用いた岸壁の主働破壊に関する有限要素法解析

港湾空港技術研究所 正会員 ○高橋英紀
 同 上 フェロー会員 北詰昌樹
 同 上 正会員 市川栄徳
 (株) ジオデザイン 正会員 浦上朋靖

1. はじめに

セメント系固化処理土を岸壁等の裏埋材として用いると、岸壁へ作用する土圧を軽減し耐震性を向上させることができる。近年、この工法の有効性から施工量が増えているが、不同沈下や地震力によって固化処理土内にクラックが発生する事例が報告されている。著者ら¹⁾²⁾は、岸壁が主働側へ変位し、岸壁背後の固化処理地盤が主働破壊する過程を遠心模型実験によって調べている。本研究では、過去に実施した模型実験で観察された固化処理地盤の主働破壊特性を有限要素法解析で再現することを試みた。

2. 模型実験の概要

過去に実施した遠心模型実験では、相馬珪砂のみの地盤、岸壁側上部をベークライトで置き換えた地盤、岸壁側上部を川崎粘土のセメント固化処理土で置き換えた地盤について地盤側面の擁壁を傾斜して主働破壊させた。実験の詳細については文献¹⁾²⁾を参考されたい。実験では上記の3種類の地盤に対して $k_h = 0.0, 0.1, 0.2, 0.25$ の4種類の水平地震力を地盤を傾斜させて加えた。実験の結果、岸壁側上部をセメント固化処理土で置き換えた実験ケースでは、地盤側面の擁壁を僅かに傾斜させるだけで固化処理土内にクラックが発生した。岸壁側上部をベークライトで置き換えた実験ケースでは、当然のことながらクラックは発生しなかった。これらのケースにおける擁壁への土圧を比較すると、 $k_h = 0.0$ の場合にはクラックの有無が主働土圧の大きさに与える影響は比較的小さかった。一方、 k_h がある程度大きい場合には、クラックが発生したケースにおいて固化処理土下部の砂地盤から擁壁への水平土圧はかなり大きくなることがわかった。

3. 有限要素法解析

3.1 解析条件と破壊領域 遠心模型実験での模型寸法を実物スケールに換算して有限要素法解析を実施した。解析で用いた土質パラメータを表-1に示す。砂地盤は弾塑性体（破壊基準はモール・クーロン式）として、固化処理土とベークライトは弾性体としてモデル化した。固化処理土は非常に硬いために脆性破壊を呈する。このため、岩石の破壊基準として有名な Griffith 理論を用いて、弾性体として計算した応力状態からクラックが発生する可能性が高い破壊領域を調べた。計算結果の一例を図-1に示す。これは、 $k_h = 0.0$ として計算した固化処理土内の破壊領域を示している。破壊領域以外の部分には、破壊までの安全率を示している。なお、各要素の応力から求めたモール円の半径と Griffith 基準に接するモール円の半径の比を安全率としている。また、模型実験で発生したクラックの位置も併せて示している。図に示すように、固化処理土の中央上部および左下部を中心に破壊領域が広がっている。中央上部では大きな引張応力が発生するために、破壊領域が発生している。また、この破壊領域は模型実験で発生したクラック上部の位置とよく一致することが確認できる。

表-1 土質パラメータ

	E MN/m ²	ν	γ kN/m ³	c kN/m ²	ϕ 度
砂	50	0.20	15.0	0	48
ベークライト	300	0.33	13.3		
固化処理土	32	0.35	13.3		

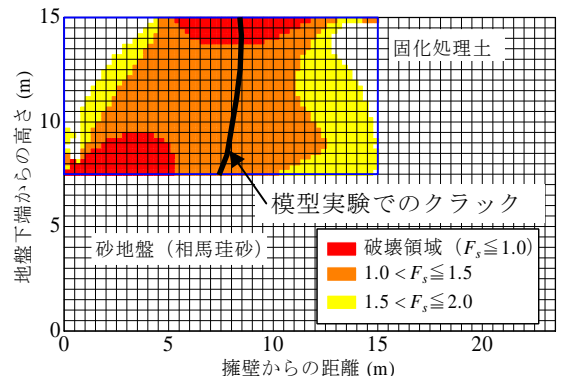


図-1 破壊領域とクラック位置の比較

キーワード 固化処理土, 岸壁, 遠心模型実験, 有限要素法解析

連絡先 〒239-0826 横須賀市長瀬 3-1-1 港湾空港技術研究所 TEL:046-844-5055 FAX:046-841-8307

3.2 クラックの伸展

数値解析によると固化処理土の破壊領域は上部に留まっており、模型実験でのクラックのように固化処理土を貫通していない。しかしながら、数値解析での破壊領域内にクラックが発生して引張力が失われると、破壊領域が下方へ移動し、最終的には破壊領域も固化処理土を貫通すると考えられる。これをシミュレートした結果を図-2に示す。破壊領域において仮想的なクラック(空要素)を順に伸ばした場合の破壊領域図である。クラックが下方へ伸展するほど破壊領域も下方へ移動しており、クラックが固化処理土を貫通する現象を再現できることがわかる。

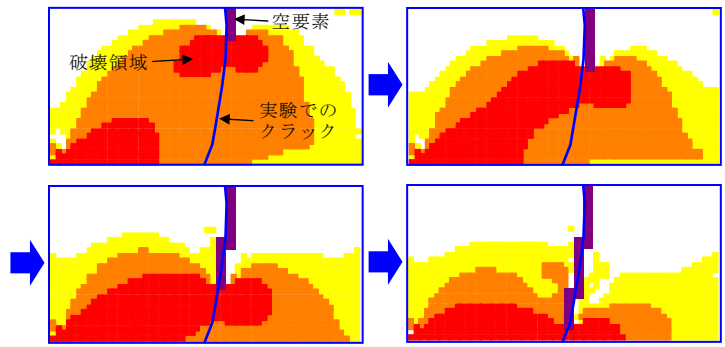
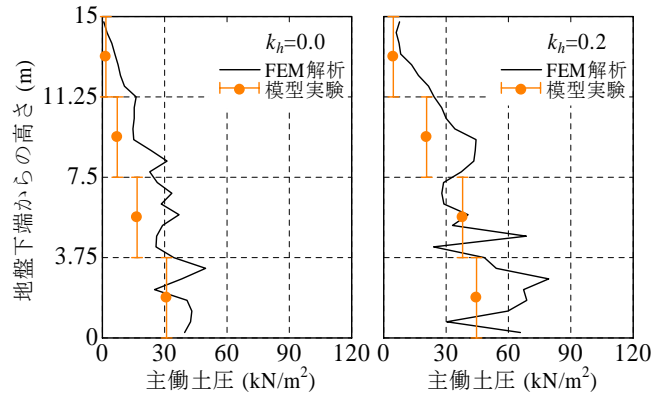


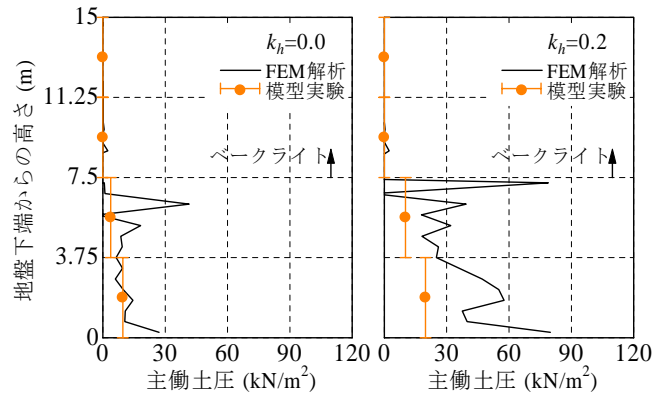
図-2 固化処理土内のクラックの伸展 (擁壁傾斜角 0.5 度)

3.3 擁壁への主働土圧

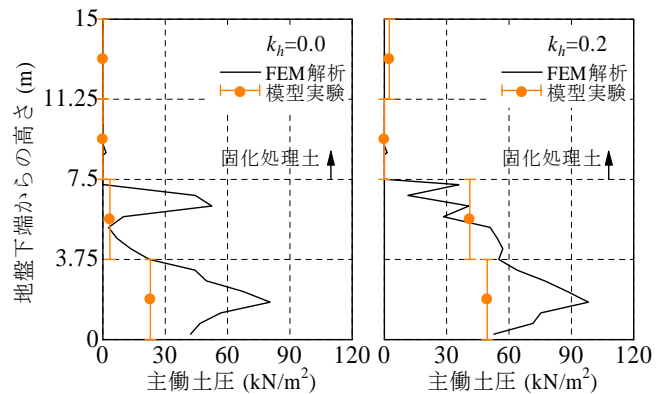
主働破壊時の擁壁への水平土圧分布を図-3に示している。地盤上部が固化処理土のケースでは、固化処理土内に仮想的なクラックを入れて計算している。図には、模型実験結果も併せて示している。全層砂地盤の場合、数値解析結果は乱れているが、 k_h にかかわらず実験結果よりも多少大きくなる傾向があった。ただし、分布形状については概ね三角形となっており、両者の整合性が取れている。地盤上部をベークライトとした場合、 $k_h = 0.2$ では解析結果が実験結果よりも大きくなる傾向があるが、分布形状については再現性が高い。地盤上部を固化処理土とした場合も、他のケースと同様に解析結果は実験結果よりも多少大きくなる傾向があったが、 k_h を大きくすることによって固化処理土下の主働土圧が大きくなる傾向や分布形状については再現できていた。また、固化処理土にクラックが発生していると土圧が大きくなる特性についても再現できていた。



(a) 全層砂地盤



(b) ベークライト



(c) 固化処理土

図-3 擁壁への水平方向の主働土圧 (擁壁傾斜角 1.0 度)

4. おわりに

本研究では、固化処理地盤の主働破壊特性を有限要素法解析で再現することを試みた。その結果、クラックの発生特性を精度よく再現できることがわかった。また、擁壁への主働土圧に関して、多少大きく見積もる傾向があるものの、比較的精度よく再現できることがわかった。

謝辞 本研究は文部科学省科学研究費補助金(若手研究(B), No. 18760367)の助成によって行われた。ここに記して謝意を表します。参考文献 1) 高橋, 北詰, 浦上, 丸山 (2007): 管中混合固化処理地盤の遠心場における傾斜破壊実験, 第 42 回地盤工学研究発表会. 2) 市川, 高橋, 北詰, 村上 (2006): 高強度地盤材料を埋立部に用いた岸壁の主働破壊特性に関する傾斜実験, 第 3 回地盤工学学会関東支部研究発表会 (Geo-Kanto2006).