

一体橋梁の桁部温度伸縮に伴う主働側繰返し水平載荷を受ける 橋台背面地盤の土圧増加挙動に関する個別要素法を用いた再現解析

中央大学大学院
中央大学

学生会員 ○瀬賀 達夫 学生会員 牧野 聖
学生会員 久保田 祐紀 正会員 西岡 英俊

1. はじめに

従来の橋梁は橋桁の温度伸縮に対処するために支承部があるが、構造的な弱点部である他、建設費・維持管理費が高く経済的な弱点部となっている。一方、一体橋梁はRCの橋台と橋桁が一体化しているため、支承部がない橋梁である。しかし、大気温の変動により橋桁が熱伸縮し壁面工の繰返し水平変位が起り、それに伴う土圧増加により壁面工損傷が生じる恐れがあるため、日本での新設橋梁の施工事例は少ないのが現状となっている。

そこで、本研究では一体橋梁の温度伸縮による土圧増加のメカニズム解明を目的に、アルミ棒積層体を用いた擁壁土圧実験装置によって繰返し水平載荷実験を実施した。本報では、載荷中の背面地盤の粒子同士の力の釣り合い（以下、粒子間接触力）を個別要素法による再現解析により可視化することで土圧増加のメカニズムを詳細に考察する。

2. 実験概要、実験結果

実験は図-1に示す擁壁土圧実験装置によって一体橋梁桁部の熱伸縮挙動を模擬した。本実験では、水平変位 δ を同一振幅で繰返し与える変位制御として繰返し載荷を行った。また、繰返し回数が100回に至るまで載荷を行った。この他の実験についての詳細は参考文献²⁾を参考にされたい。

次に、実験結果として、図-2に主働領域のみに18mm繰返したケースA18の繰返し回数 $N=1$, $N=2$ の水平土圧係数 K_h と壁体傾斜角 $\theta = \delta/H$ と $N=16$, $N=100$ の時の載荷装置水平変位が主働側最大変位時から初期位置に戻すまでの $K_h-\theta$ の関係を示す。なお、図中には擁壁の初期位置を*i*、繰返し回数 N 回目の主働側最大変位時を aN 、変位がゼロ（初期位置）に戻った時を oN として併記している。

図-1の擁壁を初期状態から主働側に傾斜させると図-2の①の矢印に示すように主働土圧の $K_h-\theta$ 関係

となる。その後、擁壁を主働側に傾斜させた状態から押し戻すと水平土圧係数が増加していく②の矢印に示すような $K_h-\theta$ 関係となる。擁壁が変位ゼロ時である*i*, $o1$, $o2$, $o16$, $o100$ に着目すると、土圧が累積的に増加する傾向が確認できる。

3. 個別要素法による再現解析概要

本実験では主働側のみに繰返し載荷した結果、図-2のような土圧増加挙動が生じることがわかっている。このような繰返し水平載荷による土圧増加挙動のメカニズムを解明するために、Itasca社製PFC2Dを用いた2次元個別要素法による再現解析を行った。実験に合わせて、粒子は直径1.5mm, 2.0mm, 3.0mmのものを重量比1:1:1の割合で用いた。

再現解析に用いるパラメータを設定するために、アルミ棒積層体を用いた実験を個別要素法によって再現解析した研究事例²⁾を参考に安息角試験を行った。この安息角試験の概要を図-3(a)に示す。安息角試験では、アルミ棒を100mm×100mmに撒き出した後、片側の側壁を水平方向にゆっくりと除荷することによって形成された斜面角を計測した。この斜面

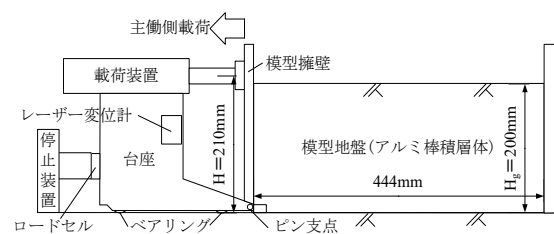


図-1 擁壁土圧実験装置

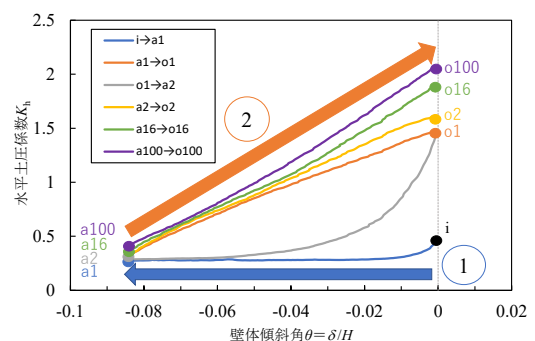


図-2 ケースA18の $K_h-\theta$ 関係

キーワード 繰返し水平載荷, 一体橋梁, 水平土圧, 個別要素法

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27 中央大学理工学部都市環境学科 基礎・地下構造研究室 TEL: 03-3817-1804

角が一致するように再現解析に用いるパラメータを調整した。最終的に設定したパラメータを表-1に示し、それにより再現した安息角試験の変形状況を図-3(b)に示す。

以上の条件より A18 の 1 サイクル目までの実験の再現解析を行った。

4. 個別要素法による再現解析結果

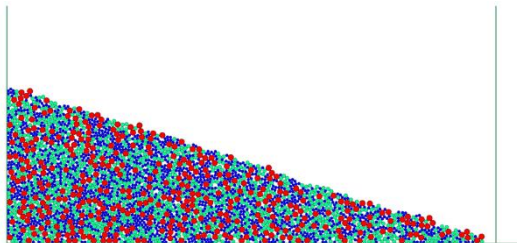
模型擁壁の繰返し水平載荷を再現し、壁面近傍付近の粒子間接触力を可視化した結果を図-4に示す。なお、図-4(a)には載荷前の初期状態の結果を示し、

表-1 再現解析に用いたパラメータ

| パラメータ | 記号 (単位) | 値 |
|----------|---------------------|-------------------|
| 粒子の密度 | ρ (kg/m^3) | 2650 |
| 法線ばね定数 | k_n (N/m) | 1.0×10^5 |
| 接線方向ばね定数 | k_s (N/m) | 2.5×10^4 |
| 摩擦係数 | μ (-) | 0.6 |
| 粘性減衰定数 | h (-) | 1.0 |
| 転がり摩擦 | μ_r (N/m) | 0.025 |



(a) アルミ棒積層体を用いた安息角試験



(b) 個別要素法による安息角試験の再現解析

図-3 安息角試験の概要

図-4(b)には主働領域に 18mm 変位した後に初期位置に戻した繰返し回数 1 回後の結果を示した。図-4(a), (b)を比較すると下端部の粒子間接触力に変化はない一方、中間部の高さで粒子間接触力が大きくなっていることがわかる。

次に、図-4(b)の土圧と同等の土圧が生じた受働側単調受働載荷時 7mm の可視化結果を図-4(c)に示す。図-4(b), (c)を比較すると、粒子間接触力が 10N を超える緑の領域の高さが概ね一致する結果となった。

5. おわりに

本報では、アルミ棒積層体を用いた繰返し水平載荷実験の個別要素法による再現解析を実施した。そして、壁面近傍付近の粒子同士の力の釣り合いを可視化し、主働領域に 1 サイクル繰返して増加した土圧と同等の土圧が生じる受働側単調載荷時を比較した結果、力の釣り合いが大きくなる高さが概ね一致するという結果を得た。

今後、繰返し回数を増やした場合の再現解析と模型地盤高さや粒径をパラメータとした再現解析を行う予定である。

謝辞

有意義な議論を頂いた豊橋技術科学大学内藤直人助教に深く感謝を表します。

参考文献

- 1) 瀬賀達夫, 牧野聖, 久保田祐紀, 西岡英俊, 平川大貴: 繰返し水平載荷を受ける一体橋梁および GRS 一体橋梁のアルミ棒積層体を用いた模型実験, ジオシンセティクス論文集, Vol.37, pp.47-54, 2022.
- 2) Chao Xu, Cheng Liang, Panpan Shen, Fei Chai: Experimental and numerical studies on the reinforcing mechanisms of geosynthetic-reinforced granular soil under a plane strain condition, Soils and Foundations, Vol. 60, pp.466-477, 2020.

Contact force_mag

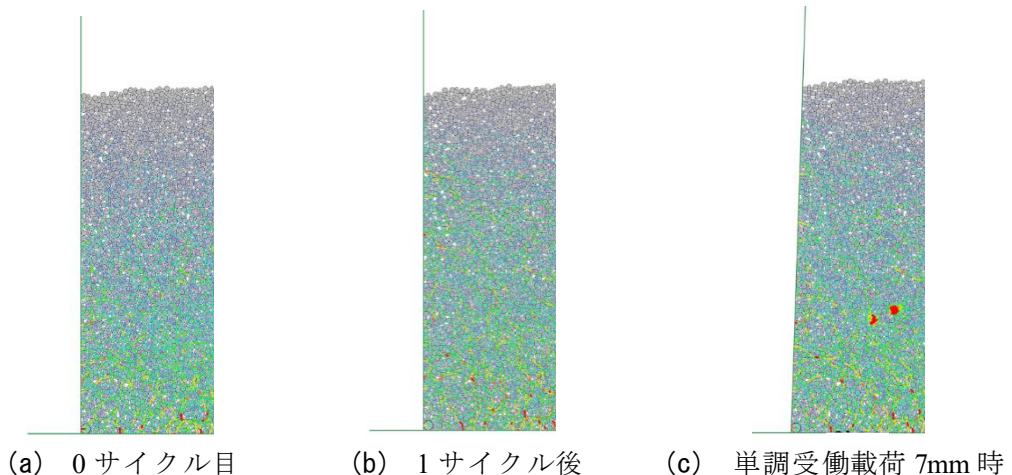
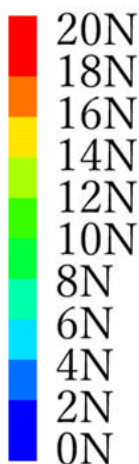


図-4 壁面近傍付近の粒子同士の力の釣り合い