

側方流動による地盤変位と杭の作用土圧に関する水平載荷実験

(株)日本港湾コンサルタント 正会員 ○柴田 大介
 神戸大学都市安全研究センター 正会員 長尾 毅

1. はじめに

1995年に発生した兵庫県南部地震においては、多くの港湾構造物が被害を受けており、直杭式栈橋の被災も確認されている。神戸港のT栈橋では、鋼管杭の座屈が確認されており、杭頭部の座屈は背後の護岸変位が渡版を介して栈橋を押したため、地中部の座屈は、護岸変位が栈橋直下の捨石層を押し、栈橋杭に側方土圧が作用したためであると考えられている¹⁾。ここで、栈橋に対して地震動が作用すると、加振初期は地盤変位が小さく、杭頭慣性力が大きい状態となり、その後、杭頭慣性力が小さく、側方流動による地盤変位が大きい状態へと時間の経過とともにその挙動も変化する。通常、震度法の設計では慣性力のみを対象としており、側方流動の影響は考慮していない。そのため、側方流動による地盤変位と杭基礎に作用する土圧の関係を把握することは重要である。本研究では、詳細検討のための基礎情報を得るために簡易な水平載荷実験を行った。

2. 実験内容および実験条件

実験にあたって使用した装置を図-1に示す。本装置は、幅1000mm×奥行500mmの底版上に2本の鋼鉄製の模型杭(杭径55,60,65mm、杭長200mm)をボルトで固定しており、底版とは独立した内寸:幅500mm×奥行500mm×高さ500mmの土槽枠をメガトルクモータで水平載荷することにより、土槽内の模型地盤に水平変位を与えることが可能となっている。模型の縮尺比は、実際の構造物の大きさと実験土槽の大きさを考慮して、長さの縮尺比を $\lambda=1/100$ (模型/実物)とした。なお、相似則には井合により提案されている1G場での地盤・構造物系の相似則を適用した²⁾。また、模型地盤に与える水平載荷速度は、0.6cm/s(実スケール20cm/s)とし、載荷移動距離を10cmとした。次に、地盤は乾燥状態の硅砂6号を用いて相対密度が約75%になるように空中落下法で作成した。なお、実際の実験では $Dr=74.0\sim77.8\%$ であった。

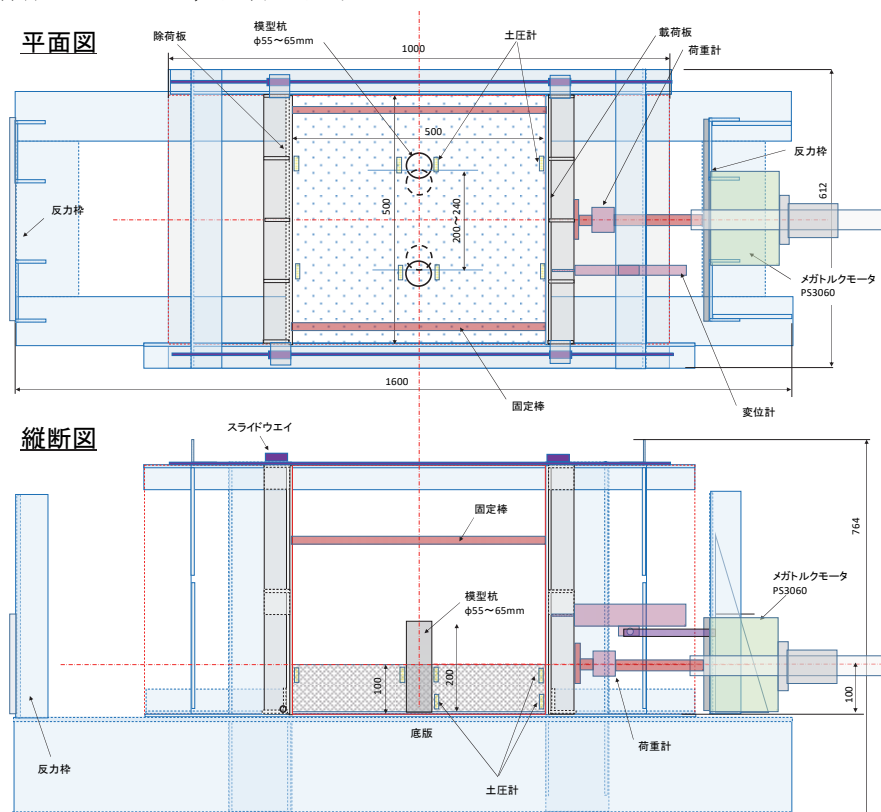


図-1 実験装置

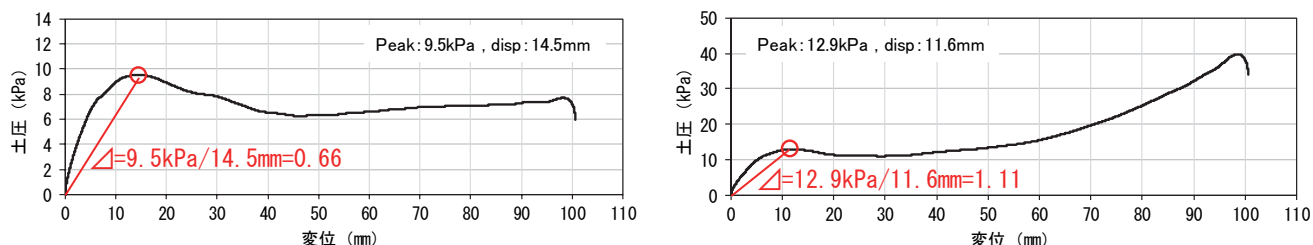
キーワード 側方流動, 杭基礎, 栈橋, 耐震設計

連絡先 〒141-0031 東京都品川区西五反田 8-3-6 (株) 日本港湾コンサルタント 技術本部 TEL:03-5434-5256

本実験の計測項目は、①土圧、②載荷側変位、③地表面変位であり、①～②は時刻歴データをデータロガーで記録し、③は基線から模型地盤表面までの距離を精度 1mm の計測尺を用いて測定した。なお、実験は、杭径・杭間隔を変化させた 5 ケースとした。今回は、杭径 55mm、杭間隔 200mm のケースについて報告する。

3. 実験結果

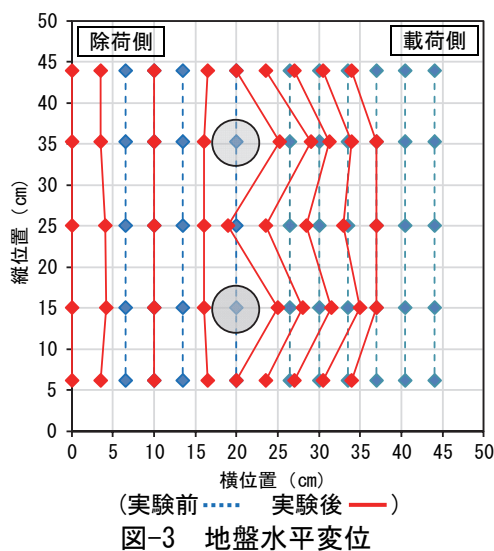
図-2 に杭に作用する土圧と地盤変位の関係を示す。図中の赤丸は土圧の第一ピークを示しており、別途撮影した動画より第一ピークまでは地表面がほとんど変位していないことを確認している。実験値は、第一ピークまでの初期勾配が杭上段に設置した土圧計と杭下段に設置したもので異なっている。これは、水平地盤反力係数が上下で異なることを意味する。つまり、水平地盤反力係数は拘束圧や深度に依存することを意味する。そのため、骨組解析等で杭に対して一律同じ地盤ばねを当てはめることは適切ではないと考えられる。次に、図-3、4 に実験後の地表面変位（水平、鉛直）を示す。水平変位に着目すると杭間（3 列目）では地盤のすり抜けが生じていた。また、鉛直変位に着目すると杭列（2, 4 列目）では杭前面の地表面が盛り上がり、杭背面では下がる結果となった。これらの結果より、載荷直後は地盤が変位せず、土圧の第一ピークを過ぎてから杭前面の盛り上がりや杭間のすり抜け等により土圧が一旦低下したものと考えられる。ただし、表層地盤が杭前面で盛り上がりながら背後に回り込むのに対して、深層地盤は土被りの影響で盛り上がり土被り増加の影響を受けながら土圧が作用しているため、第一ピーク後も土圧が増加したものと考えられる。



(a) 土圧計（杭上段設置）

(b) 土圧計（杭下段設置）

図-2 杭に作用する土圧と地盤変位の関係（杭径 55mm、杭間隔 200mm）



(実験前 実験後 ———)

図-3 地盤水平変位

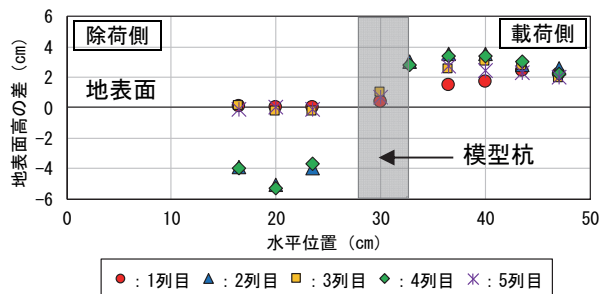


図-4 地盤鉛直変位

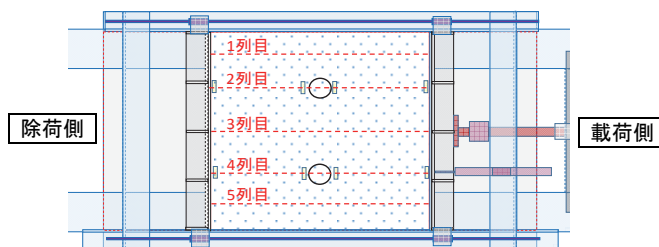


図-5 変位計測位置

4. まとめ

本研究では、側方流動による地盤変位と杭基礎に作用する土圧の関係を把握するために簡易な水平載荷実験を行った。実験の結果、土圧と変位の関係に着目すると初期勾配が杭上段の土圧計と杭下段のものとで異なっていた。つまり、水平地盤反力係数は拘束圧や深度に依存するため、骨組解析等で杭に一律同じ地盤ばねを当てはめることは適切ではないと考えられる。

参考文献

- 1) 南兼一郎：神戸港における横棧橋の被害調査と動的相互作用解析，第 24 回地震工学研究発表会，pp.693-696，1997
- 2) 井合進：1G 場での地盤・構造物系の模型振動実験の相似則について，地震工学研究発表会講演概要，Vol.19，1987