

正断層、逆断層変形を受ける砂地盤中の杭基礎の変形挙動

東京工業大学大学院 学生会員 ○宮野 展宏
東京工業大学大学院 正会員 竹村 次朗

1. はじめに

直下型大地震では、振動のみならず地表地震断層の出現による大きな地盤変形によって、構造物が被害を受ける。このような被害を防ぐためには、断層変位を受ける地盤変形に伴う構造物、杭基礎の変形挙動を明らかにすることが必要である。これまで断層シミュレータ¹⁾を用いた遠心模型実験により、逆断層破壊を受ける砂地盤中の単杭の基本的な挙動を確認してきた²⁾³⁾。本研究では、遠心模型実験により逆断層に加えて正断層破壊を受ける砂地盤中の単杭の基本的な挙動を確認し、断層方向が単杭の力学挙動に与える影響について検討した。

2. 実験概要

本実験では、断層シミュレータ¹⁾を用いて、遠心加速度 50G のもと、変位角 60° の縦ずれ断層変位(δb)を 30mm まで砂地盤に与え、断層すべり面の進展挙動と共に地盤内の杭の変形挙動を詳細に観測した。逆断層変位を与える Case.RP と正断層変位を与える Case.NP を行った(表 1)。実験概要を図 1 に示す。地盤の横幅は 500mm、奥行きは 300mm、高さ 220mm である。

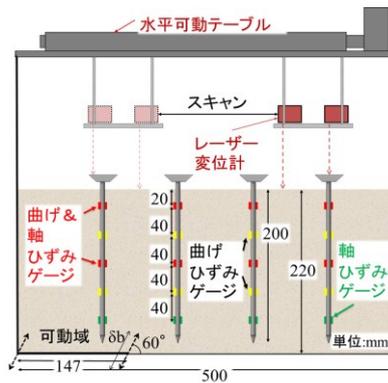


図 1 実験システム

表 1 実験ケース

	タイプ	Dr(%)	地盤高さ
Case.RP	逆断層	83.9	220 mm
Case.NP	正断層	75.4	220 mm

表 2 模型杭仕様

模型杭	模型(1G)	原型(50G)
材質	アクリル	
外形	10 mm	500 mm
厚さ	中実	
根入れ長	200 mm	10 m
曲剛性 EI (GNm ²)	1.54x10 ⁻⁹	9.63x10 ⁻³
軸剛性(GN)	2.47x10 ⁻⁴	0.62

Figure 2 shows the layout of the piles. Case.RP (left) shows four piles (Pile1 to Pile4) with a fault plane at X=75mm. Case.NP (right) shows four piles with a fault plane at X=75mm. The diagram includes a coordinate system with X and Y axes and a unit of mm. The fault plane is marked with a yellow dot and labeled '標点' (reference point). The X-axis positions for the piles are X=-25, X=75, X=175, and X=275 for Case.RP, and X=-25, X=25, X=75, and X=125 for Case.NP.

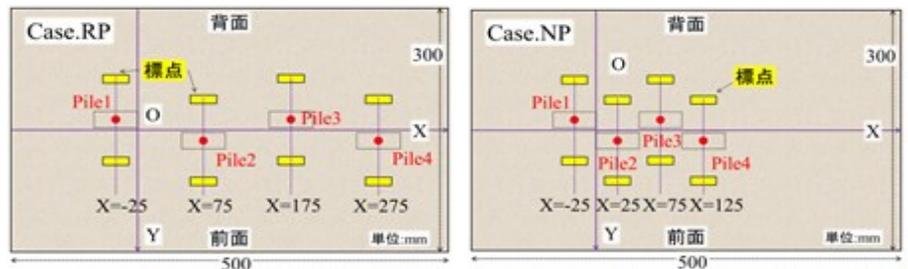


図 2 配置図

3. 実験結果および考察

Figure 3 shows the progression of the fault surface. Case.RP (left) shows the fault surface at $\delta b = 30$ mm, with Pile2 and Pile3 crossed. Case.NP (right) shows the fault surface at $\delta b = 30$ mm, with Pile2 and Pile3 crossed. The diagram includes labels for 'Case.RP (逆断層) $\delta b = 30$ mm' and 'Case.NP (正断層) $\delta b = 30$ mm'. The fault surface is marked with a blue line and labeled 'すべり面' (slip surface). The X-axis positions for the piles are X=-25, X=25, X=75, and X=125 for Case.NP, and X=-25, X=75, X=175, and X=275 for Case.RP.

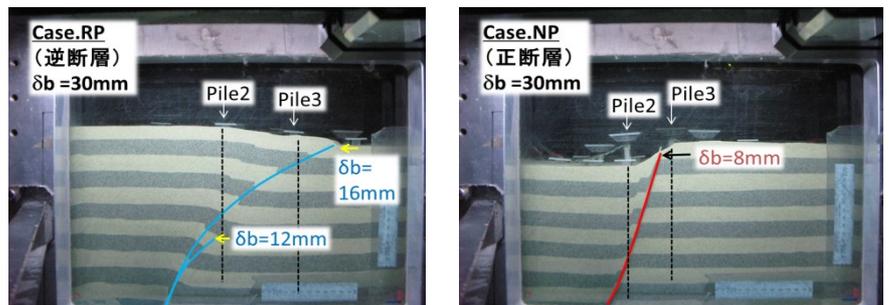


図 3 すべり面の進展の様子

Figure 3 shows the progression of the fault surface. Case.RP (left) shows the fault surface at $\delta b = 12$ mm with Pile2 crossed, and $\delta b = 16$ mm with Pile3 crossed. Case.NP (right) shows the fault surface at $\delta b = 8$ mm with Pile2 crossed, but Pile3 is not crossed. The diagram includes labels for 'Case.RP (逆断層) $\delta b = 30$ mm' and 'Case.NP (正断層) $\delta b = 30$ mm'. The fault surface is marked with a blue line and labeled 'すべり面' (slip surface). The X-axis positions for the piles are X=-25, X=25, X=75, and X=125 for Case.NP, and X=-25, X=75, X=175, and X=275 for Case.RP.

キーワード 断層, 遠心模型実験, 杭, すべり面,

連絡先 東京都目黒区大岡山 2-12-1 Tel: 03-5731-2592 Fax: 03-5734-3578

図4に地盤、杭挙動に関するパラメータを示す。断層変位 δb とPile2とPile3の杭頭と近傍地盤表面の鉛直・水平変位の関係を図5に示す。十分に深い位置をすべり面が横切るPile.2では鉛直変位に関しては

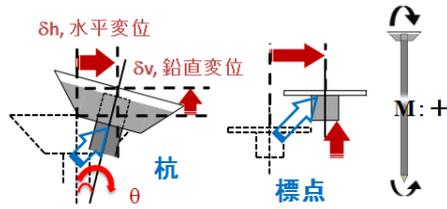


図4 パラメータ

Case.RP, Case.NPともに地盤表面と杭頭の鉛直変位に差が現れ、杭が下盤側の地盤に拘束されているため杭頭の変位が小さくなる。水平変位に関しては杭頭と地盤でほぼ同じ変位が生じている。一方、Pile3ではどちらのケースも杭はほぼ完全に下盤側に根入れされているため、鉛直変位はほとんどない。水平変位に関しては、Case.RPでは断層変位初期では増加するが、Case.NPでは杭の変位は断層変位初期からほとんどなく、正逆断層では地盤から杭に作用する力が異なることが分かる。

図6にPile2, Pile3の曲げモーメントと断層変位 δb との関係を示す。Pile2ではどちらのケースもすべり面が杭を横切る断層変位の前後にモーメントは変化する。Case.RPとCase.NPの挙動の違いは、すべり面が横切る位置と方向によると考えられ、そして前者のモーメントが後者に比べ大きいことが挙げられる。原因としてすべり面の位置の差が考えられるが、Pile2の曲げは逆断層ケースではより深い位置で大きくなっており、主働(除荷)状態の正断層より受働(载荷)状態の方が大きな力が杭に作用することを確認できる。

図7にPile2, Pile3の軸応力と断層変位 δb との関係を示す。逆断層変位を受けるCase.RPでは地盤が盛り上がるため杭は引張を受ける。逆に正断層変位を受けるCase.NPでは地盤が下がるため圧縮を受ける。図より軸応力の絶対値はCase.RPのほうが大きな値となっている。特に下盤側に存在するPile3とPile4でその傾向が顕著である。これは地盤の応力状態が、受働状態に近い逆断層変位を受ける地盤内の杭の方が、主働状態に近い正断層のものに比べてより大きな周面摩擦力が生じ、軸応力が大きくなるためと考えられる。

4. 結論

- (1) 正断層変位を受ける地盤においても断層のすべり面が杭を横切ることによって、大きな曲げモーメントが生じる。
- (2) 逆断層変位を受ける地盤内に設置された杭は、正断層変位のものに比べて大きな曲げ応力及び軸応力が生じる。

参考文献

- 1) 石井,関,井沢,竹村(2010), 断層変位を受ける地中埋設管の遠心模型実験, 第45回地盤工学研究発表会,1323-1324.
- 2) 原, 竹村, 関(2013), 縦ずれ断層変位を受ける砂地盤中の杭の変形破壊挙動に関する遠心模型実験, 第48回地盤工学研究発表会,
- 3) 竹村, 原, 関(2013), 遠心力場における縦ずれ断層変位を受ける砂地盤と杭基礎の変位計測, 第48回地盤工学研究発表会

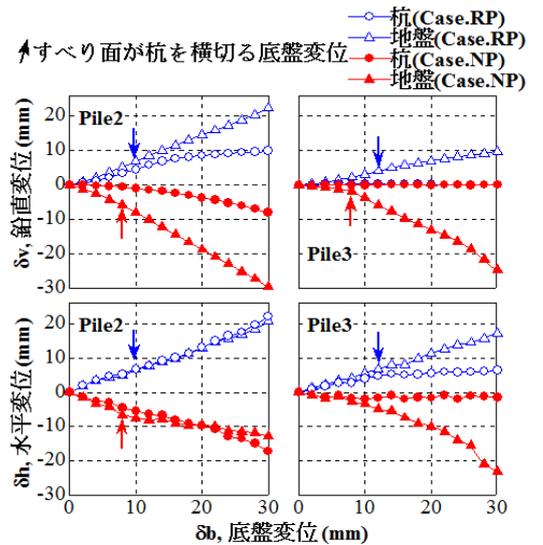


図5 杭頭と地盤の変位

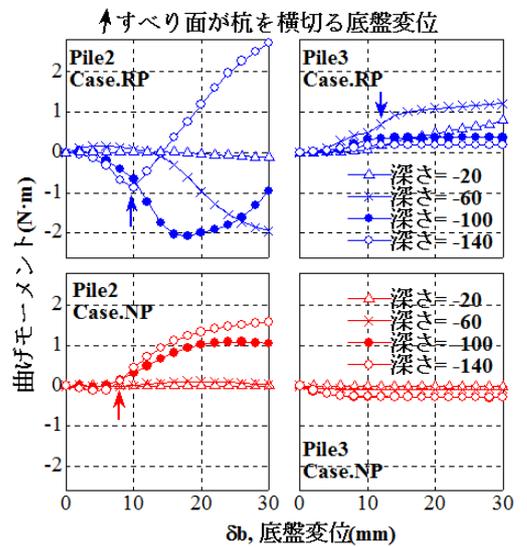


図6 モーメントの変化

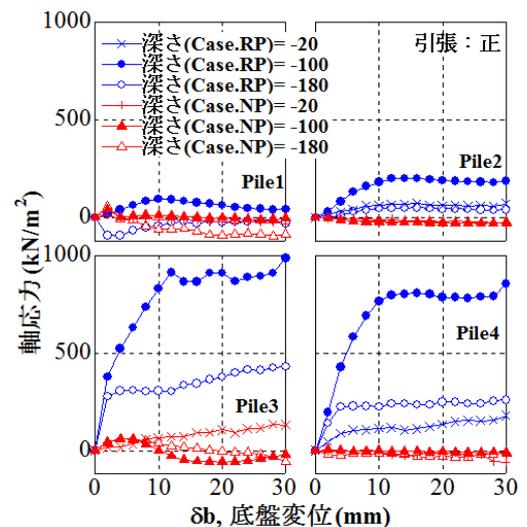


図7 軸応力の変化