# 地盤変状の影響を受ける斜面上に設置された道路橋基礎の遠心模型実験

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○藤村 彰

国立研究開発法人土木研究所(現 株式会社エイト日本技術開発) 正会員 河村 淳

国立研究開発法人土木研究所 正会員 谷本 俊輔

国立研究開発法人土木研究所 七澤 利明

## 1. 背景及び目的

平成 29 年に改定された道路橋示方書では,近年の斜面崩壊等の地盤変状による道路橋被災事例を踏まえ,架橋位置や下部構造位置の選定は慎重に行う必要があるとされている<sup>1)</sup>.しかしながら,やむを得ず地盤変状を受ける可能性がある斜面上に道路橋下部構造を計画せざるを得ない場合もあり得る.そこで,斜面上で地盤のすべりを受ける基礎の遠心力載荷模型実験を実施するとともに,既往の実験結果と合わせて地盤変状の条件と基礎構造等の違いが基礎の安定性に及ぼす影響について分析した.

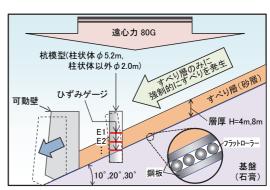
## 2. 実験概要

本稿では文献 2) 3)と同様の方法で、表-1 に示す case24~27 の追加実験を行った。図-1 に実験装置(S=1/80)の概要を示す。なお本稿に示す数値は、全て実物スケールに換算した値である。杭径は、柱状体深礎基礎で 5.2m 及びその他の基礎形式で 2.0m、すべり層厚は 4m 及び 8m を想定した。実物の杭と曲げ剛性を整合させるため、模型杭はアルミニウムパイプを用いた。杭配置は図-2に示す 5 形式とし、遠心力載荷装置により遠心加速度 80G を載荷後、電動ジャッキで可動壁を移動させることにより、すべり層を強制的に滑らせ、杭に生じるひずみを計測した。すべり層と基盤面との間には、鋼板とフラットローラーを挟み込むことで、摩擦を低減させている。

#### 3. 実験結果

計測した地盤変位量と、杭のひずみから求めた杭の曲げモーメントの関係を整理した。追加 case の計測ひずみを表-2 に示す。地盤変位量は可動壁変位量の実物大換算値、杭の曲げモーメント M (kN・m)は、杭のひずみ $\varepsilon$ ( $\mu$ )、ヤング係数E、断面二次モーメント I(m<sup>4</sup>)、及び図心からの距離y(m)より、 $M = E I \varepsilon/y$  にて算出した。

杭配置別の地盤変位量と杭に発生する曲げモーメントの関係を図-3に示す. 杭頭固定の有無による曲げモーメントのモードの違いは, 追加 case においても同様の傾向であることが確認できた.また, 4 本組杭の曲げモーメント合計値は, 柱状体の曲げモーメントよりも小さな値である. さらに, 縦列や並列と比較しても, 杭1本が負担する曲げモーメントの比率は小さい.このことは,



注:寸法は実物換算値を示す

図-1 模型実験概要図(側面図)

杭 配置	単杭 基礎	縦列組杭 基礎	並列組杭 基礎	柱状体 基礎	4本組杭 基礎	
略称	単杭	縦列	並列	柱状体	4本	
側面図(縦断配置)	谷側	谷側側側側側側側側側側側側側側側側側側側側側側側側側側側側側側側側側側側側側		谷側	谷 側 破線・杭頭固定の場合に設置する金具	
平面図(平面配置)	谷側	(P2 (P1)) 谷 (側	(P2) (P1) (P1) (P1)	P1 山側	P4 P1   P3 P2   谷側 側	

図-2 基礎構造及び杭配置

表-1 実験ケース

case	杭配列	斜面角度	すべり層厚	含水	杭頭固定	備考
1	単杭	20°	4m	無	無	
2	並列	20°	4m	無	無	
3	縦列	20°	4m	無	無	
4	単杭	30°	4m	無	無	
5	単杭	30°	4m	無	無	
6	並列	30°	4m	無	無	
7	縦列	30°	4m	無	無	
8	4本	30°	4m	無	無	
9	並列	10°	4m	無	無	
10	縦列	10°	4m	無	無	
11	並列	10°	8m	無	無	文献2)
12	縦列	10°	8m	無	無	及び3)
13	並列	20°	8m	無	無	X(03)
14	縦列	20°	8m	無	無	
15	並列	20°	4m	有	無	
16	縦列	20°	4m	有	無	
17	縦列	20°	4m	無	有	
18	縦列	30°	4m	無	有	
19	4本	30°	4m	無	有	
20	柱状体	20°	4m	無	無	
21	柱状体	20°	8m	無	無	
22	柱状体	30°	4m	無	無	
23	縦列	20°	8m	無	有	
24	4本	20°	4m	無	有	
25	4本	20°	8m	無	有	今回
26	縦列	30°	8m	無	有	追加
27	4本	30°	8m	無	有	

キーワード: 道路橋, 杭基礎, 柱状体基礎, 地盤変状, 遠心力載荷実験

連絡先: 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研) 土木研究所 CAESAR 橋梁構造研究グループ TEL 029-879-6773

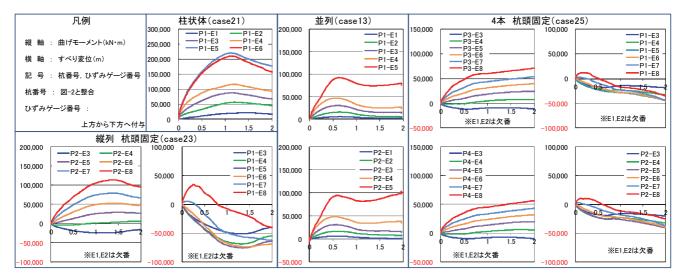


図-3 可動壁変位量と作用曲げモーメントの関係

4 本組杭が柱状体や縦列,並列といった他の基礎形式(杭配置)に比べ,地盤変状 が生じた場合の抵抗能力が高いことを示していると考えられる.

次に、載荷終了後の地盤の破壊形状を観察した、鉛直方向のすべり面は直線的で あり概ねクーロン理論と整合することを確認している<sup>2)</sup>. 斜面上の深礎基礎設計施 工便覧では、すべり面の平面的な広がり角( $^{\circ}$ )は、 $\beta$ =30+ $\phi$ /3 とされ

ている4, 今回の対象27ケースの実験後の地盤破壊形状を確認した 結果を表-3及び図-4に示す.表-3に示す斜面角度毎の平均値を見ると 計算値と実験値は概ね整合しているものが多いが、個別の状況を確認 すると、case23 のように、計算値と実験値に乖離があるケースも 凡例 β= いくつか見られる. 地盤に破壊が発生すると破壊地盤がすべり層

上に覆い被さり上載圧が増加することが考えられるほか、杭体形 状がすべり角の広がりに影響を与えていると考えられる.

4. まとめ

地盤変状が生じる斜面上に設置される杭基礎の遠心模型実験を行い、地盤 変位量との関係を比較することにより、基礎構造等の違いによる影響を分析 した. 杭に生じる曲げモーメントは複数列組杭基礎が相対的に小さく, 高い 抵抗能力を有することが確認された.

すべり面の平面的な広がりは試験完了時の状況で観察したが、地盤の1次 破壊時におけるすべり面の広がり(写真-1)を観察するなど精査し、地盤変 状に対する基礎の抵抗メカニズムについて、さらなる分析が必要である. 今 後,解析的検討も行い,基礎の抵抗特性評価方法を検討する.

謝辞:本研究の実施にあたっては、国土交通省九州地方整備局態本復興事務所 に多大なるご協力を頂いた. ここに深謝の意を表する.

### 参考文献:

1)公益社団法人日本道路協会:道路橋示方書・同解説,2017.11

2)河村・真弓・谷本・七澤:地盤変状の影響を受ける斜面上に設置された道路橋の杭基礎に関する遠心模型実験, 土木学会第 71 回年次学術講演会, 2016, pp.677~678

3)河村・真弓・谷本・七澤:地盤変状の影響を受ける斜面上に設置された道路橋基礎に関する遠心力載荷実験、土 木学会第72回年次学術講演会,2017,pp.309~310

4)社団法人日本道路協会:斜面上の深礎基礎設計施工便覧, 2012.4

表-2 追加 case の計測ひずみ

	case	杭	<b>  計測曲げひずみ(μ)</b>		
		配列	最小	最大	
	24	4本	-65	46	
	25	4本	-1074	1697	
	26	縦列	-883	1024	
	27	4本	-557	831	

B =44 1°

表-3 すべり面に関する計算値と実験値の比較

ر کی

斜面	受働すべり角 $\omega_{\rho}$ (°)		平面広がり(°)	
角度	クーロン式	実験値	文献4)	実験値
10°	39.5	38.3	88.3	100.6
20°	44.9	42.7	87.1	87.1
30°	50.1	49.4	85.6	89.5

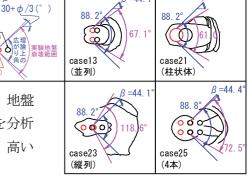


図4 すべり面の平面的広がり



写真-1 case25 実験完了時