

遠心場での斜面上単杭基礎における静的載荷に関する研究

東京都市大学 学生会員 比企野将司

(独) 労働安全衛生総合研究所 正会員 吉川 直孝

(独) 労働安全衛生総合研究所 正会員 伊藤 和也

日鐵住金建材(株) 正会員 田附 正文

東京都市大学 正会員 末政 直晃

1. はじめに

我が国の山岳部や海岸線の道路沿いには、落石に対する道路防災施設として落石防護擁壁が数多く設置されている。その落石に関して、発生箇所・落石規模・落石挙動等の推定や防護工の衝撃強度等に関する研究が必要である。

今回着目した杭基礎は、従来のコンクリートによる直接基礎に比べて環境面・施工性に期待できる。また、落石の発生が予想される斜面上に設置できれば、落石の運動エネルギーが小さい状態で捕捉することができ、効率的に防護柵を設置することも可能となる。しかしながら、斜面上における杭基礎構造の設計手法は少なく、斜面上の杭基礎構造物に落石のような衝撃荷重が作用した場合の挙動については未だに明らかになっていない。そこで本研究では、斜面上における杭の挙動を検討するため、斜面上の杭の静的載荷実験結果について報告する。

2. 遠心場における斜面上に設置した杭の静的載荷実験

2-1. 実験概要

本実験で使用した試料は、福島県磐梯山地域から採取した火山灰質砂(SV)である。試料は予め2mmふるいにて粒度調整を行った。試料を堆積させた後、所定の深さになるよう動的な載荷を与えて締固めを行い、模型地盤作製後、45度の斜面を作製した。また、**図-1**より杭に与えた載荷は、斜め45度から落石が衝突する事を想定し、斜面と平行になるように載荷装置を設置した。載荷装置の先端部には荷重計と変位計が設置されており、載荷位置での荷重および変位を計測できる。載荷は変位制御で与え、載荷速度2.20mm/minとした。杭への載荷位置は遠心加速度40G場にて跳躍高さ2.8mとなるように70mmと設定した。杭はおおよそ斜面中央の位置に設置した。作製した模型杭は、直径15mmの中空アルミ製である。また、水平載荷試験も別途行い、試料を含水比16%に調整し、杭の位置を土槽底部から高さ160mmとした。

表-1に実験条件を示す。本実験では、杭の根入れ長さを4種類に変化させて、根入れ長さが与える影響を確認した。ケース1～4までは根入れを変化させ、斜面に対して平行に載荷を行い、ケース5については、水平に載荷を行った。

2-2. 実験結果と考察

2-2-1. 載荷荷重 - 変位関係

図-2に荷重～変位関係を示す。根入れ長が最も小さいケース1は他の実験ケースに比べ荷重が小さい。杭の根入れ長が大きくなるにつれ、載荷荷重も増大することが分かる。また、根入れ長が同じケース3とケース4では、載荷初期の荷重-変位関係に若干差が見られるものの、変位200mmまではほぼ同じ曲線となっている。

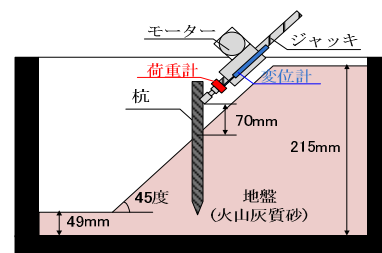


図-1 斜面地盤

表-1 実験条件

	根入れ長 mm	含水比 %	載荷方向	斜面勾配 θ	遠心加速度
case1	60	14	斜面 平行	45°	40G
case2	80				
case3	100				
case4	100				
case5	120	16	水平		

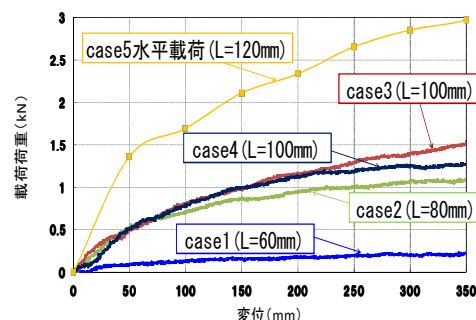


図-2 荷重-変位関係

キーワード：落石，杭基礎，静的載荷

連絡先：東京都市大学 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL 03-5707-0104

3. 斜面上基礎の水平地盤反力に関する設計計算値

3-1. 建築基礎構造設計指針²⁾

深礎径 5m 未満の場合より、基準水平地盤反力係数(k_{h0})に関する評価式として、実大杭の現場水平載荷試験結果を収集し、統計的に検討した提案式がある。

$$k_{h0} = a \cdot E_0 \cdot \bar{B}^{-3/4} \quad (1)$$

記号 k_{h0} : 基準水平地盤反力係数(N/m³) a : 評価表によって決まる定数(m⁻¹) E_0 : 変形係数(N/m²)

$\bar{B}$: 無次元化杭径(杭径を cm で表した無次元数値; 例えば、杭径 50cm は 50 とする。)

a は、文献²⁾より $a=1.2$ (常時、地震時)とした。変形係数 E_0 は本実験では不明なため、 $E_0=2\text{MPa}=20.4(\text{kN}/\text{cm}^2)$ と仮定した。今回、 E_0 が不明であることから、解析は行うが実験値との比較は行わないものとする。また、杭径 B については、本実験より $B=15\text{mm}=1.5\text{cm}$ である。

地盤の水平地盤反力係数 k_h に関しては、杭体が弾性範囲にある場合は、実大杭の水平載荷試験結果から逆算した k_h 値は基準水平地盤反力係数 k_{h0} (水平変位量 y が 1cm 時の水平地盤反力係数)に対して、無次元化水平変位 $\bar{y}$ の -0.5 乗との積で表現できることが示されている。

以上に基づき、実設計における k_h 値として次の式を推奨する。ただし、水平地盤反力係数 k_h に関しては、地盤が塑性破壊して一定値の塑性水平地盤反力 p_y になることを考慮している。

$$0.0 \leq \bar{y} \leq 0.1 : k_h = 3.16 \cdot k_{h0}$$

$$0.1 < \bar{y} : k_h = k_{h0} \cdot \bar{y}^{-1/2} \quad (2)$$

ただし、 $p = k_h \cdot y \leq p_y \quad \therefore k_h \leq p_y \cdot y^{-1}$

記号 $\bar{y}$: 無次元化水平変位 y : 水平変位量(cm)

本研究では、斜面の影響を考慮した水平地盤反力係数より水平地盤での値を α =杭径に対する斜面までの水平被りの比を使用して、(3)式より補正して求める。

$$\text{i) } k_0 = 0 \quad (0 \leq \alpha < 0.5)$$

$$\text{ii) } k_0 = (0.3\log_{10}\alpha + 0.7)k_{h0} \quad (0.5 \leq \alpha < 10) \quad (3)$$

$$\text{iii) } k_0 = k_{h0} \quad (10 \leq \alpha)$$

記号 k_0 : 斜面を考慮した水平方向地盤反力係数(N/m³) k_{h0} : 通常の水平方向地盤反力係数(N/m³)

(3)式において、本研究では全てのケースで ii)の条件を示したため、(2)の式を基に次の式が与えられる。

$$p = (0.3\log_{10}\alpha + 0.7)a \cdot E_0 \cdot \bar{B}^{-3/4} \cdot \bar{y}^{-1/2} \cdot y \quad (4)$$

これより、上記と同様の条件を設定し、各根入れ長さにおける p を算出した。

3-2. 結果と考察

図-4 に設計計算値による荷重と変位関係を示す。根入れが大きいほど水平抵抗力が大きいことを示し、載荷方向は異なるものの本実験結果と同様の傾向が得られた。

4. まとめ

斜面上における杭の静的載荷遠心模型実験を実施し、実験値と設計計算値を算出した結果、荷重～変位関係は根入れ長さが大きいほど抵抗が大きくなった。

《参考文献》

1)日本建築学会編：建築基礎構造設計指針，pp262～280，1988

2)田原ら：斜面上深礎基礎の設計法について，

基礎工，第 13 巻，第 11 号，pp.18-26

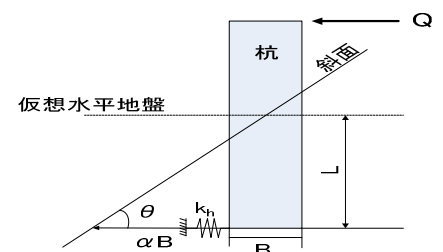


図-3 斜面地盤(斜杭)

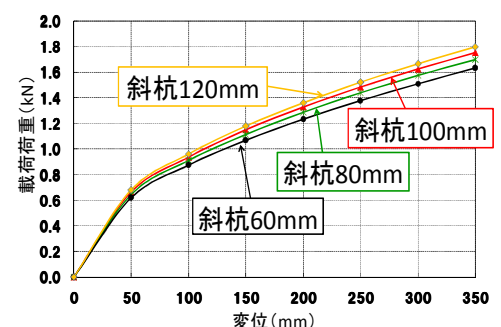


図-4 設計計算値