

簡易型落石防護柵に用いる支柱基礎形状の検討

鉄道総研 ○(正)細岡生也 (正)佐溝昌彦
(正)大畑和弘 (正)村石 尚 (正)杉山友康

1. はじめに

落石対策は鉄道の安全、安定輸送を確保する上で重要である。その対策工として筆者らは従来のワイヤーロープ金網式落石止柵より大きい吸収エネルギーを有する簡易型落石防護柵¹⁾（以下、防護柵）を開発中である。防護柵の部材の一つである支柱基礎は設置箇所の地形、施工性等の制約を受ける。今回は図1に示す

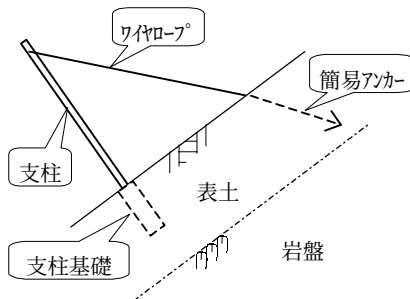


図1 防護柵の設置イメージ(断面図)

ような崖錐等表土を有する地盤に防護柵を設置する場合を想定し、支柱基礎形状および地盤強度をパラメータとした静的水平荷重載荷試験を実施した。その結果を報告する。

2. 実験概要

(1)実験条件： 静的水平荷重載荷試験は室内の土槽内に構築された既存の地盤内に、図2に示すように実験用の地盤を構築し、実物大の支柱および支柱基礎を用いて行った。実験用の地盤材料の物性値を表1に示す。実験地盤は構築の撒き出し厚および転圧回数を組み合わせることにより地盤強度を差別化し、簡易動的コーン貫入試験(以下、簡易貫入試験)による Nc と RI 水分密度測定による締固め度(D値(%))によって管理した。その計測結果と実験ケースを表2に示す。

支柱基礎は図3に示す Type-PI(一般構造用炭素鋼鋼管、 $\phi 76.3$ mm, $t=3.2$ mm, $L=500$ mm), Type-WP(Type-PIと同じ規格で形状が異なる), Type-CB(18 cm $\times$ 18 cm $\times$ 45 cm, コンクリート強度 21N/mm²), Type-CP(Type-PIとType-CBを組み合わせたもの)の4種類である。この4種類の支柱基礎に対して、異なる4種類の地盤条件のもと、それぞれ1ケースずつ計16ケースの静的水平荷重載荷試験を実施した。なお、支柱には一般構造用炭素鋼鋼管($\phi 60.5$ mm, $t=3.2$ mm, $L=2.3$ m)を用いた。

(2)実験方法： 実験土槽内に構築された既存の地盤を深さ 900 mmに掘削した後、構築地盤材料を層厚 30 cmまたは 15 cmで撒き出して転圧(0,1,2回)を行い、構築層毎に RI 水分密度測定を5測点で実施し、実験地盤を構築した。地表面まで構築した後、簡易貫入試験を2箇所で行った。また、支柱基礎の設置は地盤構築と並行して行い、支柱基

表1 地盤材料の物性値

土粒子の密度(ρ_s)		2.710 (g/cm ³)
最大乾燥密度(ρ_{dmax})		2.312 (g/cm ³)
最適含水比(ω_{opt})		5.3 (%)
粒度	礫 分	71.5 (%)
	砂 分	20.0 (%)
	細 粒 分	8.5 (%)
	均等係数	85.5
曲率係数		6.54
分 類 記 号		GS-F
分 類 名		細粒分まじり砂質礫

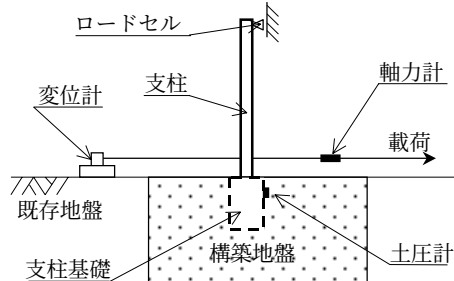


図2 実験地盤および試験体の概略図

表2 実験ケースと地盤区分

実験 ケース名	基礎形状	撒き 出し厚 (cm)	転圧 回数 (回)	RI計測(平均値)			Nc 平均値 (回)
				含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)	D値 (%)	
Case01	Type-PI	30	0	3.5	1.626	70.4	3.7
Case02	Type-WP						
Case03	Type-CB						
Case04	Type-CP						
Case05	Type-PI	30	1	4.0	1.765	76.4	11.2
Case06	Type-WP						
Case07	Type-CB						
Case08	Type-CP						
Case09	Type-PI	30	2	3.7	1.810	78.3	23.0
Case10	Type-WP						
Case11	Type-CB						
Case12	Type-CP						
Case13	Type-PI	15	2	3.4	1.902	82.2	33.9
Case14	Type-WP						
Case15	Type-CB						
Case16	Type-CP						

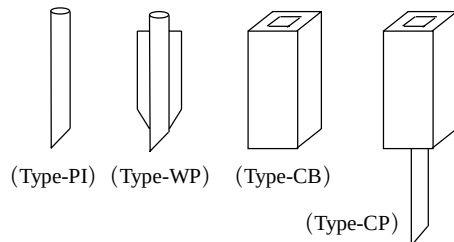


図3 支柱基礎概略図

落石/落石防護柵/支柱基礎/地盤強度/水平荷重

〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL.(042)573-7263 FAX.(042)573-7398

礎を実験地盤に埋設した。支柱は支柱基礎に建て込み、Type-PI, Type-WP は支柱と支柱基礎との間に生じる間隙に鋼製の楔スペーサを施し、Type-CB, Type-CP はその空隙にセメントペースト(セメント1に対して水1.5の割合)を充填した。実験架台および計測機器は、図2に示す配置とした。

荷重の載荷は、油圧シリンダを用い、人力によって載荷した。最初にワイヤロープの弛みを無くするため若干の荷重を加えた状態を初期状態とした。荷重載荷速度は約0.2 mm/secで、変位2 mm毎に軸力計、ロードセル、土圧計でそれぞれの荷重を計測した。計測の終了は計測機器の性能を考慮して変位量が100 mmに達した場合とした。

3. 実験結果

本実験により得られた結果の一例として、Case05～08の水平荷重と変位、土圧と変位、支柱頂部反力と変位の関係を図4、図5にそれぞれ示す。

図4より水平荷重と変位の関係は、変位の増加とともに水平荷重も増加し、変位が約30 mmより荷重増加率が小さくなる。計測した水平荷重の最大値はCase08で約16 kN、その他のケースで9～11 kNであった。図5より土圧と変位の関係は、変位の増加とともに土圧も増加するCase06を除き、変位が増加し土圧がピークに達した後、土圧増加率が小さくなった。計測した土圧の最大値はCase06の約0.19 MPa(変位98 mm)であった。図5より支柱頂部反力と変位の関係はCase05を除き、変位の増加とともに支柱頂部反力も増加し、変位が約30 mmより支柱頂部反力増加率が小さくなる。この時の支柱頂部反力は概ね2.0～2.5 kNの範囲にある。また、Case01～04, Case09～12, Case13～16においても水平荷重と変位、土圧と変位、支柱頂部反力と変位の関係がほぼ同じ傾向を示した。

上述のように実験結果から、変位が30 mmより大きくなると支柱の塑性変形あるいは地盤の塑性変形が生じていると考えられるため、変位が30 mm時点での水平荷重を整理した。その結果を基にNcをパラメータとしてグラフ化し、その傾向を表したものを図6に示す。図6より、Ncが概ね25回より小さい値の場合には、地盤が大きく変形するため水平荷重の増加とともに変位が増加するものと考えられ、Ncが概ね25回より大きい範囲では、地盤の変形よりも支柱本体の変形が卓越する領域であると考えられる。今後、実際の衝撃力が作用した場合の挙動について明確にする必要があるが、図6の地盤強度別の水平耐力から所要の支柱基礎タイプが選定できる目安を得ることができた。

4. おわりに

開発中である防護柵に用いる支柱基礎においてその形状および地盤強度をパラメータとして静的水平荷重載荷試験を実施した。その結果、防護柵の支柱基礎の候補4種類について地盤強度別の荷重と変位の関係を明確にし、それぞれの条件における30 mm変位時の水平荷重とNcの関係の傾向を示すことができた。

なお、本実験は国土交通省の補助金による「自然災害制御技術の開発」の一環として進められた。

[参考文献]

- 1) 細岡生也他:簡易型落石防護柵の要素部材の構成に関する基礎実験, 第56回土木学会年次学術講演会, 2001.10.

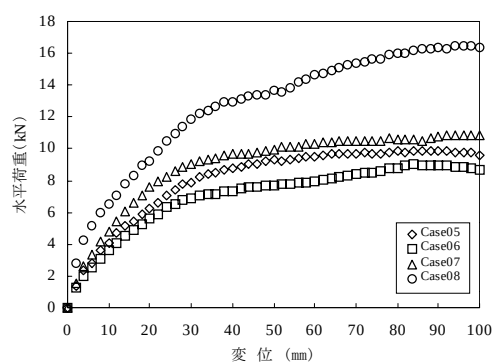


図4 水平荷重と変位の関係 (Case05～08)

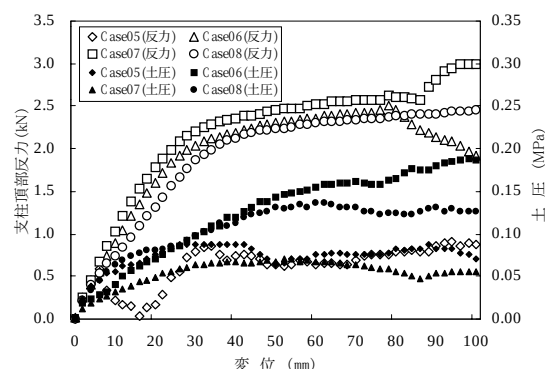


図5 支柱頂部反力、土圧と変位の関係 (Case05～08)

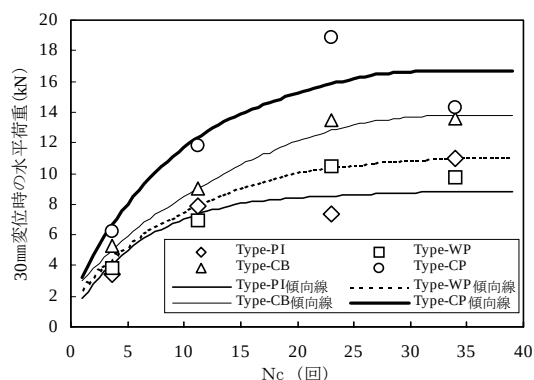


図6 30 mm変位時の水平荷重とNcの関係