

落石のような衝撃载荷を受ける杭基礎構造物の挙動

東京都市大学 学生会員 ○橋本瑞基, 正会員 伊藤和也
東京都市大学大学院 学生会員 岡庭翔一

1. はじめに

日本の国土の約7割以上は山地・丘陵地で、その地質は破碎や風化が進み脆弱なものになっている。また、強い雨を伴う台風等の自然災害の影響を受けるため、土砂災害が多発している。¹⁾ 土砂災害の中でも落石は、ときに人命や財産を奪い、また交通網を遮断するなど地域に経済的な打撃を与えるために落石対策が必要不可欠である。現在、落石対策として直接基礎による重力式擁壁が一般的に適用されているが、支持力が十分に期待できない基礎地盤では良好な支持層まで掘削が必要である。また、重力式擁壁の施工に伴う法尻掘削による斜面崩壊やそれに伴う労働災害が懸念される。これらの課題を解決する方法として、杭基礎形式落石防止壁に着目した。この工法では、杭基礎を用いることで掘削作業や法面吹付作業の減少、杭基礎形式落石防止壁は斜面上に設置できるため、落石の運動エネルギーが小さい状態での対策が可能となる。成田ら²⁾は、杭基礎形式落石防止壁の落石衝突時の挙動を解明するために、遠心模型実験と大型模型実験を実施している。本報では、これらのうち、大型模型実験にて得られた実験結果をもとに簡易的に杭基礎に衝撃载荷が作用した場合の挙動を把握するため数値解析モデルとその結果について報告する。

2. 大型模型実験～法肩に設置された単杭への動的载荷実験～

成田らは斜面上に設置された杭基礎に落石のような動的荷重が作用した際の挙動について、大型模型による単杭の動的载荷実験を行った。以下に簡単に実験概要と実験結果を示す。

2-1. 実験概要

実験は、(独)労働安全衛生総合研究所内の盛土斜面で行った。実験概略図を図-1に示す。法肩付近に設置した単杭に重錘を衝突させた。落石の衝撃は動的载荷装置から重錘を落下させることで、それを再現した。使用した杭は、中空製鉄で杭長 1.745m、杭径 114.3mm、内径 105.3mm である。重錘の杭への载荷位置は地表面から 0.598m とした。実験条件を表-1に示す。表中における最大速度と重錘衝突エネルギーは実験結果から算出した。計測項目として、動的载荷装置に設置した巻き取り式変位計から重錘の変位を、重錘に設置した荷重計から衝突荷重を、重錘と杭の载荷位置反対側に設置した

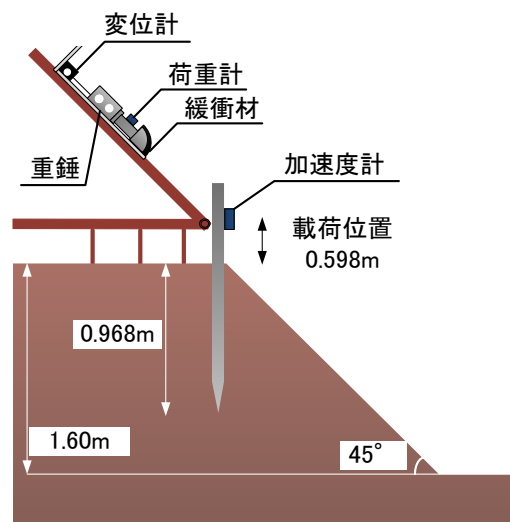


図-1 大型模型実験

表-1 実験条件

実験ケース	重錘質量 m (kg)	落下長さ l (m)	含水比 w (%)	最大速度 V (m/s)	重錘衝突エネルギー E (kJ)
case1	70	0.4	120	2.25	0.18

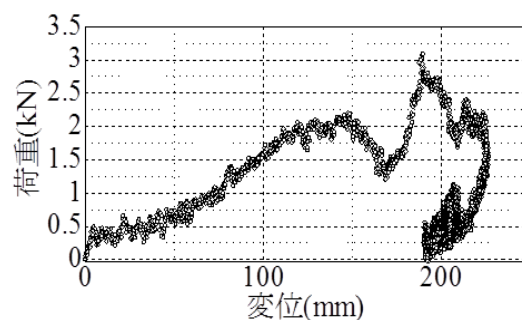


図-2 変位～荷重関係

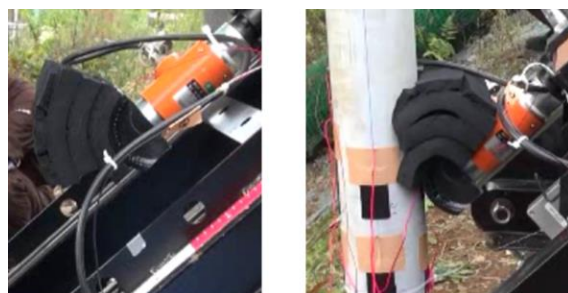


写真-1 衝突時の緩衝材の様子

キーワード 杭基礎 落石 動的载荷 - 地盤～杭基礎～落石防止壁連成系自由地盤モデル

〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL.03-5707-0104 E-mail : g1218069@tcu.ac.jp

圧電型加速度計から衝突時の加速度を、また、杭周面にはひずみゲージを貼付けしており曲げモーメントと軸力を計測した。データのサンプリング周波数は 10kHz とした。また、高速度カメラを斜面に対して鉛直方向に設置して 2000 コマ/秒で衝突時の杭周辺地盤の挙動を把握した。

2-2. 実験結果

実験結果は、高周波ノイズが多かったためローパスフィルターで平滑処理を行った²⁾。変位～荷重関係を図-2 に示す。変位 150mm 程度まで荷重が増加し、一度荷重が減少した後に再度荷重が増加してピークを迎えた後、急激に荷重が低下した。この挙動は、写真-1 に示すように載荷装置先端に設置した緩衝材が衝突した際に剥がれ、重錘の金属部分が杭に接触した影響であると考えられる。

3. 簡易解析手法による検討

成田らが実施した大型模型実験について、地盤～杭基礎連成系の動的解析モデルを用いて、斜面上に設置された杭基礎に落石が衝突した際の挙動を数値解析で再現することを試みた。

3-1. 解析手法

図-3 に本解析で用いた地盤～杭基礎連成系モデルを示す。使用したパラメーター一覧を表-2 に示す。今回、杭系モデルは、4 等分し、地上部分の質点に実験で得られた荷重を入力した。地盤系は杭基礎の地盤中のみの 3 質点とし、地盤中の質点のみ地盤反力バネを介して練成させた。

3-2. 解析結果と考察

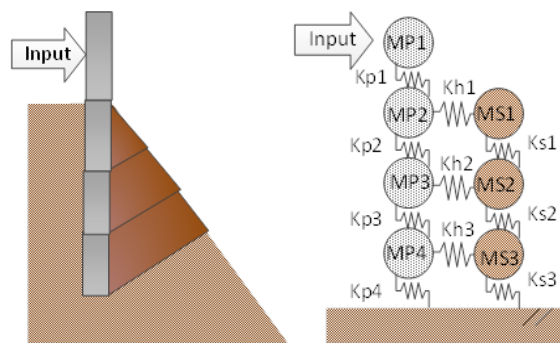
応答解析の結果を図-4～5 に示す。図-4 は地上部の杭基礎の質点の加速度～時間関係について、大型模型実験の結果とともに示したものである。応答加速度は短周期成分を含んでいるが、その挙動は近い傾向を示している。また、図-5 に地上部の杭基礎系及び地表面の地盤系の各質点の応答変位～時間関係について大型模型実験の杭基礎の変位結果とともに示す。応答変位は、大型模型実験の変位に比べ約 1/10 と非常に小さい値となった。

4. まとめ

本報告では、大型模型実験をモデル化した地盤～杭基礎連成系の斜面上に設置された杭基礎に落石が衝突した際の挙動の再現を試みた。実験で得られた荷重を入力としたとき、応答加速度の発現を再現することはできたが、変位は実験値よりかなり低くなったため、解析モデルの再検討が必要である。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：落石対策便覧 P.1.2 2000
- 2) 成田恵祐：載荷方法の違いが斜面上に設置された落石防止用杭基礎の吸収性能に与える影響 P.63



(a) モデル化 (b) バネ質点系モデル

図-3 地盤～杭基礎連成系モデル

表-2 パラメーター一覧

杭系	質点	Mp ₁	Mp ₂	Mp ₃	Mp ₄
	質量 (kg)	3.94	3.94	3.94	3.94
	初期剛性 (kN/m)	Kp ₁	Kp ₂	Kp ₃	Kp ₄
		325	325	325	325
地盤系	質点	Kp ₁	Kp ₂	Kp ₃	
	質量 (kg)	9.83	59.045	152.587	
	初期剛性 (N/m)	Ks ₁	Ks ₂	Ks ₃	
		5392	10339	16253	
杭-土塊系	せん断弾性係数 (kN/m)	Kh _{1~3}			
		1396			

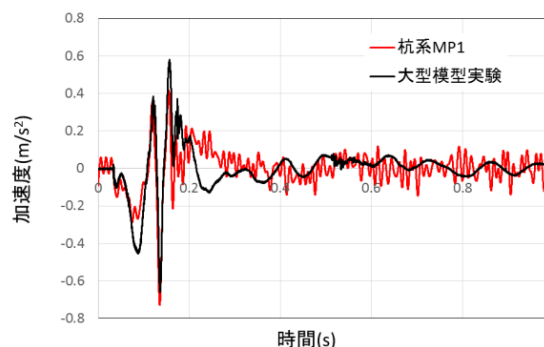


図-4 杭系質点 MP2 の加速度

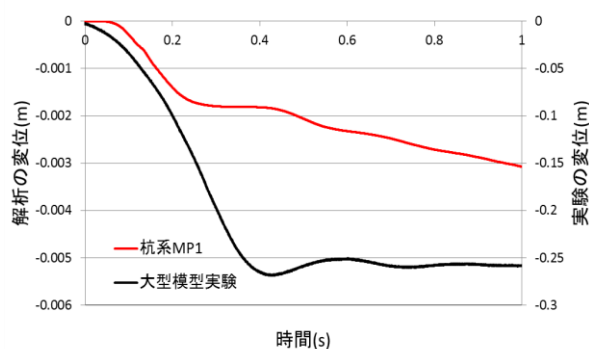


図-5 杭系質点 MP1 と地盤系質点 MS1 の変位