

実規模貫通型落石防護柵支柱模型に関する曲げが卓越する場合の衝撃荷重載荷実験

勇建設(株) 正会員 ○岡本 淳敏 勇建設(株) 正会員 林 茂樹
 (株)砂子組 正会員 近藤 里史 室蘭工業大学大学院 正会員 山澤 文雄
 室蘭工業大学 正会員 小室 雅人 室蘭工業大学 名誉会員 岸 徳光

1. はじめに

著者等の研究グループでは、落石防護擁壁天端に設置される防護柵支柱の根入れ深さに関する合理的な設計法を確立することを最終目的に、鋼製支柱をモデル化した H 形鋼(H100×100×6×8)をコンクリート躯体に貫通させた試験体を製作し、静載荷や衝撃荷重載荷実験を実施してきた。しかしながら、これらの実験結果は、1) 実支柱よりも曲げ剛性が小さい H 形鋼を使用していること、2) コンクリート躯体の形状が直方体であること、および 3) 試験体の定着方法が実際の条件と異なることなど、課題も残されていた。

本研究では、上述の課題を踏まえ、実規模落石防護擁壁模型に実際の防護柵に使用される H 形鋼支柱を貫通させた試験体模型を製作し、重錘衝突実験を実施した。ここでは、衝撃力、支柱変位、擁壁回転角および支柱の軸方向ひずみに着目し、衝撃荷重下における試験体模型の動的挙動に関する検討を行った。

2. 実験概要

図-1 に試験体の形状寸法を示す。試験体は、高さ 2m、幅 3m、背面の勾配は 1:0.4 の落石防護擁壁に実支柱(H200×100×5.5×8)を貫通させて製作した。重錘衝突位置は、実防護柵において落石が下から 5 番目と 6 番目のロープ中間部に衝突する場合を想定し、擁壁天端から 1.4m の高さとした。なお、衝突位置には局部変形を防止するために厚さ 6mm の補剛材を溶接した。

実験は、門型骨組から吊り下げたロードセル一体型鋼製重錘(質量:1,000kg)を振り子式によって支柱に衝突させた。表-1 には実験ケースの一覧を示している。ここでは、重錘の設定落下高さ H を 4 種類(0.5~2.0m)に変化させた。

本実験における測定項目は、1) 衝撃力波形、2) 支柱の軸方向ひずみ、高速度カメラ映像分析による、3) 重錘衝撃速度、4) 支柱の水平方向変位および 5) 擁壁の回転角である。

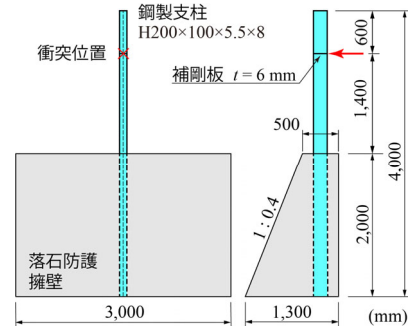


図-1 試験体の形状寸法

表-1 実験ケース一覧

試験体名	設定落下高さ H (m)	実測落下高さ H' (m)
PB-H0.5	0.5	0.81
PB-H1.0	1.0	1.43
PB-H1.5	1.5	2.19
PB-H2.0	2.0	2.75

3. 実験結果

図-2 には、重錘衝撃力、載荷点変位および擁壁の回転角に関する時刻歴応答波形を示している。(a)図には擁壁天端を固定端と仮定し静的に荷重を載荷した場合の梁理論に基づいた降伏荷重 P_p および全塑性荷重 P_p も示している。

(a)図より、落下高さにかかわらず、衝突初期に高周波成分を伴う非常に大きな衝撃力が発生しているものの、25ms 以降の衝撃力は全塑性荷重 P_p 程度の値を示し、50~75ms 程度の間ほぼ一定値を保持した後に減衰している。また、荷重継続時間は落下高さに対応して延びていることが分かる。これより衝撃荷重載荷時においても作用荷重は静的な全塑性荷重 ($P_p = 51\text{kN}$)を用いて安全側で評価可能であることが明らかになった。

(b)図の水平変位応答波形を見ると、重錘落下高さが $H \leq 1\text{m}$ ではほぼ最大変位到達後に擁壁が回転傾向にあるが、 $H = 1.5\text{m}$ では最大変位到達前に擁壁の回転傾向が示されている。また、 $H = 2\text{m}$ の場合には、

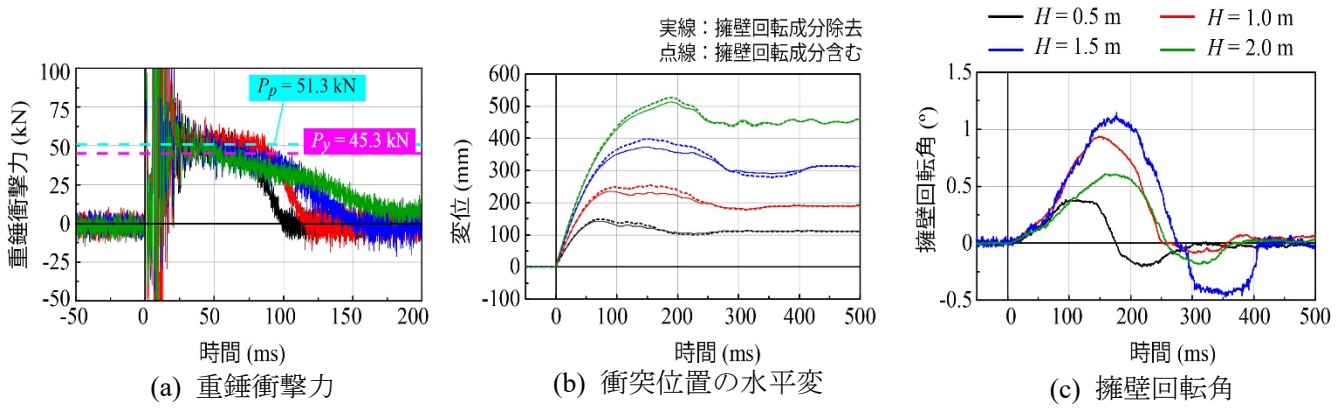


図-2 各種時刻歴波形



写真-1 実験終了後の損傷状況 ($H = 2 \text{ m}$)

変位が最も大きいものの、擁壁の回転成分は $H = 1 \sim 1.5 \text{ m}$ の場合より小さく示されている。これは、重錘衝突時の入力エネルギーが後述の支柱基部近傍に発生する局部座屈に消費されたためと推察される。

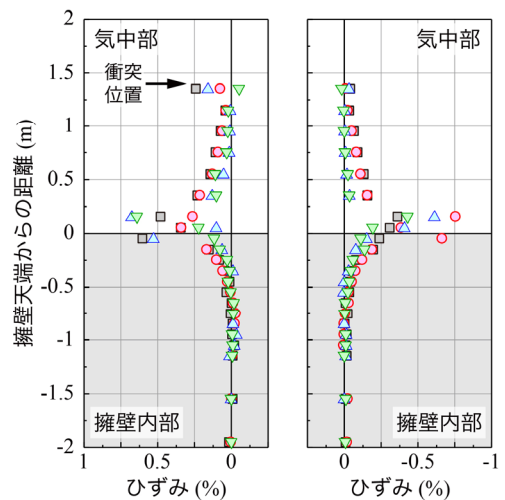
(c)図に示す擁壁回転角を見ると、落下高さが $H \leq 1.5 \text{ m}$ までは入力エネルギーの大きさに対応して、最大回転角も増加傾向にあることが分かる。しかしながら、 $H = 2 \text{ m}$ の場合には $H = 1 \text{ m}$ の場合よりも小さく示されている。これは、上述のように支柱基部の著しい座屈変形に多くの入力エネルギーが消費されたことによるものと推察される。

写真-1 には実験終了後の支柱基部近傍の損傷状況の一例として、 $H = 2 \text{ m}$ の結果を示している。写真より、圧縮側フランジが大きく座屈変形するとともに横方向にねじれウェブも面外に変形している様子が確認される。なお、コンクリート天端部には、軽微なひび割れと薄い剥離が見られる程度であった。

図-3 には、全ケースにおける最大変位発生時刻における支柱の上下縁ひずみ分布（引張及び圧縮ひずみ発生側をそれぞれ上下縁とする）を示している。図より気中部のひずみ分布では、載荷点から基部までのひずみ分布は梁理論に基づく線形分布ではなく、放射線状の分布特性を示している。

一方、擁壁内部におけるひずみ分布を見ると、基部

□ $H = 0.5 \text{ m}$ ($t = 69.5 \text{ ms}$) ○ $H = 1.0 \text{ m}$ ($t = 90.5 \text{ ms}$)
 △ $H = 1.5 \text{ m}$ ($t = 151.5 \text{ ms}$) ▽ $H = 2.0 \text{ m}$ ($t = 191.0 \text{ ms}$)



(a) 引張側フランジ (b) 圧縮側フランジ

図-3 最大変位発生時の支柱縁ひずみ分布

上面から 150 mm 程度までは全ての落下高さでほぼ降伏ひずみに達しているが、それ以降の深さでは弾性ひずみを示し、 700 mm ではほぼ零ひずみに漸近していることが分かる。

4. まとめ

- 1) 最大衝撃力は、ほぼ静的な全塑性荷重を用いて評価可能である。
- 2) 入力エネルギーが大きくなると、基部の圧縮側フランジで局部座屈が発生する。
- 3) 擁壁表面には若干のひび割れと薄い剥離が見られる程度であり、ひび割れによる損傷は極めて小さい。
- 4) 支柱の根入れ深さは、 700 mm 程度として安全側に評価される。