

落石防護柵支柱の根入れ深さの影響に関する実規模衝撃荷重載荷実験

(株)砂子組 正会員 ○近藤 里史
 室蘭工業大学大学院 正会員 林 茂樹
 室蘭工業大学大学院 学生会員 竹内 観月

室蘭工業大学大学院 正会員 小室 雅人
 室蘭工業大学大学院 正会員 瓦井 智貴
 室蘭工業大学大学院 名誉会員 岸 徳光

1. はじめに

著者らは、防護柵支柱の根入れ深さに関する動的挙動を考慮した合理的な設計法の確立を最終目的に、小型模型による静荷重および衝撃荷重載荷実験を実施し、根入れ深さに関する検討を行ってきた。さらに、実規模擁壁内に貫通して設置した支柱を対象に、静荷重および衝撃荷重載荷実験も実施している。

本研究では、これらの研究成果の下に、実規模擁壁を用い、支柱の根入れ深さを3種類に変化させた衝撃荷重載荷実験を実施し、支柱の必要根入れ深さを実証的に探索することとした。なお、本実験では支柱に対する作用せん断力がより大きくなる場合を想定し、衝撃荷重載荷位置を擁壁上面から0.4 mの位置に設定した。

2. 実験概要

図1には、本研究で使用した試験体の形状寸法を示している。試験体は高さ2 m、幅3 mの実規模擁壁模型に対して、根入れ深さを700, 500, 300 mm (以後それぞれ、PS7, PS5, PS3 試験体)に変化させた3体である。実験は、1,000 kg 重錘を用い、落下高さを $H = 2$ mとして、振り子運動によって支柱に一度だけ衝突させることにより実施した。なお、載荷位置には局部座屈を防止するために厚さ6 mmの補剛材を溶接している。

本実験における測定項目は、(1) 重錘衝撃力 P_i 、(2) 支柱各点の軸方向ひずみ ε_i 、(3) 重錘の衝突速度 V や支柱の変形状況等を検討するための2,000 fpsでの高速度カメラ撮影である。

3. 実験結果

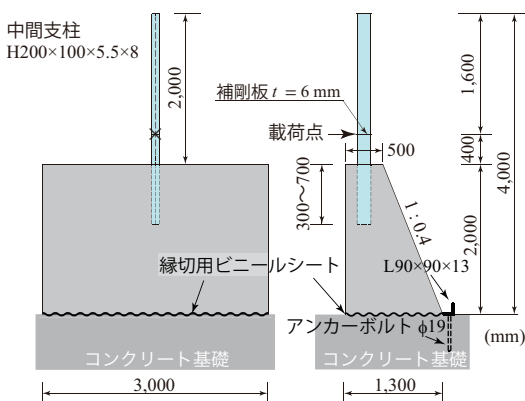


図1 試験体の形状寸法

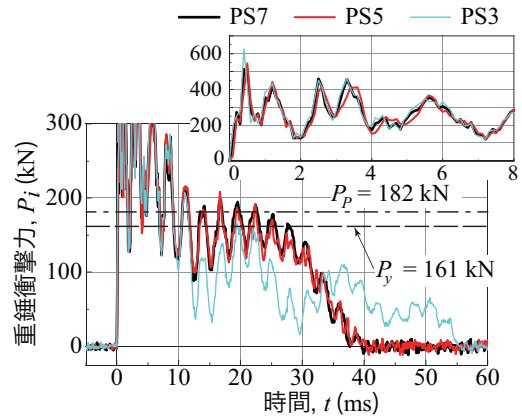


図2 重錘衝撃力波形

図2には、各試験体に関する載荷初期から60 ms経過後までと8 msまでの重錘衝撃力波形 P_i を比較して示している。図中、梁理論に基づいた静荷重載荷時における降伏荷重 P_y および全塑性荷重 P_p も示している。

図より、いずれの試験体においても、載荷初期に最大値を示し、周期が1 ms程度、経過時間が4 ms以降においては周期が3 ms程度の高周波成分と20 ms程度の低周波成分から構成されていることが分かる。波形の継続時間を見ると、PS7とPS5試験体の場合は両者類似している。しかしながら、PS3試験体の場合には、経過時間が約 $t = 12.5$ msまでは他の2試験体と類似の波形を示しているものの、その後振幅が緩やかに減少し、波動継続時間も延びており他とは応答性状が異なっていることが分かる。

PS7とPS5試験体の場合には、 $t = 10$ ms以降において明確な衝撃力平坦域が形成されている。一方、PS3試験体には、衝撃荷重が徐々に減少する傾向を示し、衝撃力平坦域が形成されず最大衝撃力発生以降の第2あるいは第3の衝撃力が励起する波形を示している。PS7とPS5試験体を対象に衝撃力平坦域の波形と降伏荷重 P_y および全塑性荷重 P_p を比較すると、最大振幅値が P_p 、高周波成分を除去した場合が P_y とほぼ対応していることが分かる。これより、設計工学的には全塑性荷重を用いて設計可能であるものと推察される。

図3には、各試験体の最大変位発生時における支柱縁ひずみ ε_f 分布を比較して示している。図より、気中部のひずみ分布は全試験体で大きく乱れており、静荷重載荷時

キーワード：落石防護擁柵支柱、落石防護擁壁、衝撃荷重載荷、根入れ深さ

連絡先：〒079-0394 北海道空知郡奈井江町字チャシュナイ 987 番地 10 (株)砂子組 TEL 0125-65-2326

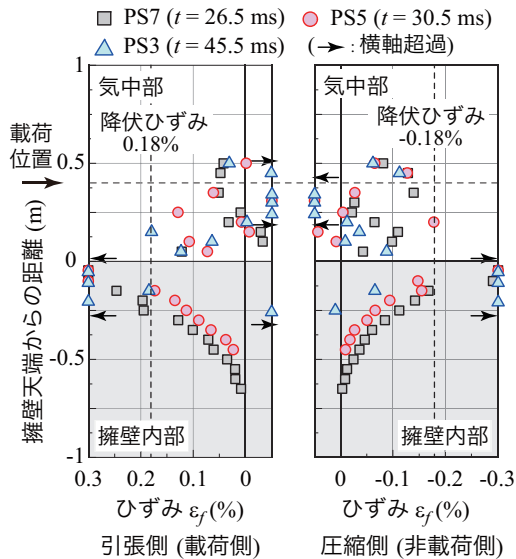


図3 最大変位発生時における支柱縁ひずみ分布

における片持ち梁のひずみ分布とは異なっていることが分かる。これは、荷点位置が低いことにより大きな衝撃力が励起し、基部近傍に局部座屈が発生する等支柱が大きく損傷していることによるものと推察される。

一方、擁壁内部のひずみ分布を見ると、基部近傍では全ての試験体において0.3%以上の値を示しており、塑性ヒンジの形成が示唆される。また、PS7とPS5試験体の場合には根入れ端近傍で零ひずみに漸近する分布性状を示していることより、十分定着されているものと推察される。

PS3試験体の場合には、擁壁天端から200mmの深さにおいても大きなひずみ値を示しており、塑性ヒンジは擁壁天端からある程度深い位置で発生している可能性が示唆される。これより、PS3試験体の場合には、擁壁天端部が大きく損傷し正常な定着状態に至っていないことが推察される。

以上より、荷点位置が低く曲げと共にせん断が卓越する場合における支柱の必要根入れ深さは、本研究の範囲においては500mm程度以上であることが示唆される。

写真1には、各試験体の実験終了後における支柱基部近傍および擁壁天端部の損傷状況を示している。

写真1(a), (b)より、PS7とPS5試験体の場合には、非荷側フランジの基部近傍に局部座屈が確認できる。これは、支柱の根入れ深さが確保されていることによって、基部近傍に塑性ヒンジが形成されると共に支柱が大きく角折れ状態に至っていることによるものと推察される。擁壁部の損傷は、コンクリートの剥離が確認できるもののひび割れの発生は軽微である。これは、根入れ深さが十分確保されているため塑性ヒンジが基部近傍に形成され、支柱の角折れによって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(c)のPS3試験体の場合には、他の2試験体と異

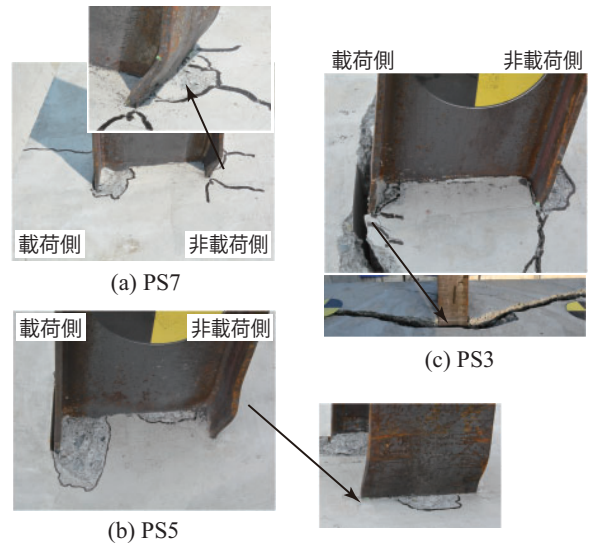


写真1 支柱基部の変形状況

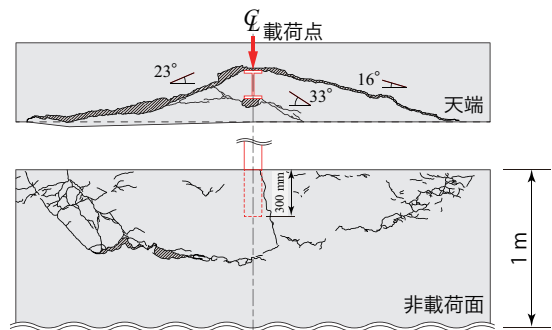


図4 PS3試験体のひび割れ進展状況

なり、基部近傍に局部座屈の発生は確認できず、荷側支柱フランジ端部から正面(道路側)に向かって明確な押抜きせん断破壊に至っていることが分かる。これは、支柱の根入れが確保されていないため、せん断力が支柱の基部からある程度深い位置まで作用することによって、擁壁天端面を非荷側に押し出す作用が卓越し、擁壁が著しい押抜きせん断破壊に至ったことによるものと推察される。

図4にはPS3試験体に関するひび割れ分布を示している。図より、擁壁は、荷側フランジ端部より生じる明確な押抜きせん断破壊によって、ブロック化して剥落する傾向にあることが分かる。

4. まとめ

- 1) 支柱の根入れ深さが確保されている場合において、衝撃力平坦域の最大振幅は全塑性荷重 P_p にほぼ対応する。また、基部圧縮側フランジは局部座屈の傾向を示し、擁壁天端部の損傷は小さい。
- 2) 根入れ深さが確保されていない場合には、擁壁内部に塑性ヒンジが形成されていることが推察され、局部座屈は発生せず、擁壁は荷側フランジ端部より形成される著しい押抜きせん断破壊に至る。
- 3) 実験結果での必要根入れ深さは500mm程度である。