

落石防護擁壁等に設置される支柱の根入れ深さに関する基礎実験

(株)砂子組 正会員 ○山元 康弘 (株)砂子組 正会員 近藤 里史
 (株)砂子組 正会員 田尻 太郎 室蘭工業大学 正会員 小室 雅人
 室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光

1. はじめに

急峻地形の堰堤および落石防護擁壁には土石流・巨石等の対策のため、天端部に防護柵を設ける事が多い(図-1)。このような防護柵の現行設計法は落石対策便覧に基づき、落石衝撃力を静荷重として扱う許容応力度法であるが、設計上重要なファクターと考えられる、支柱の根入れ長に関する規定などは特になのが現状である。

本静的載荷実験に先立ち、落石時の最適な根入れ深さや最適かぶりに関する算定法などを目的とする衝撃荷重載荷実験を行った。実用上の設計が動的荷重を静荷重として扱えると仮定して行われる事を考慮し、ここでは衝撃荷重載荷実験で得られた結果との比較を行う。

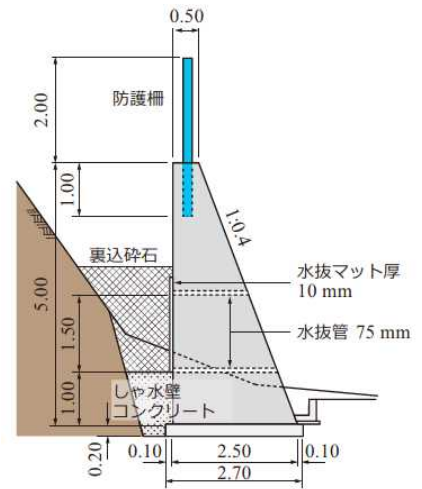


図-1 擁壁天端部の防護柵

2. 実験概要

防護柵支柱には通常 H200×100 程度を用いるが、実験規模を勘案し H100×100×6×8 を用いた。図-2 に供試体を示す。図中の赤丸と矩形は変位と歪み測定位置で、根入れ長等の妥当な評価を行うため躯体に H 鋼を貫通させた。歪みゲージは H 鋼ウェブの断面中心から上下に 30 mm の位置に貼付(図-3 参照)し、杭頭より 200 mm の位置にジャッキによる静的載荷を行った。写真-1 には、実験状況写真を示している。本実験に先立つ衝撃荷重載荷実験(以後、動的と呼ぶ)では、300 kg 重錘を落下高さが 10 cm, 50 cm, 100 cm, 150 cm での単一載荷実験を行っている。その結果、落下高さが 10 cm の場合で既に H 鋼の基部近傍が塑性域に達しており、その後落下高さを上げた場合においても H 形鋼の歪み分布は類似の分布を示し、基部に限定して歪みが増加することが明らかになっている。なお、最大重錘衝撃力は初期の高周波成分を除き、最大 38 kN 程度であった。

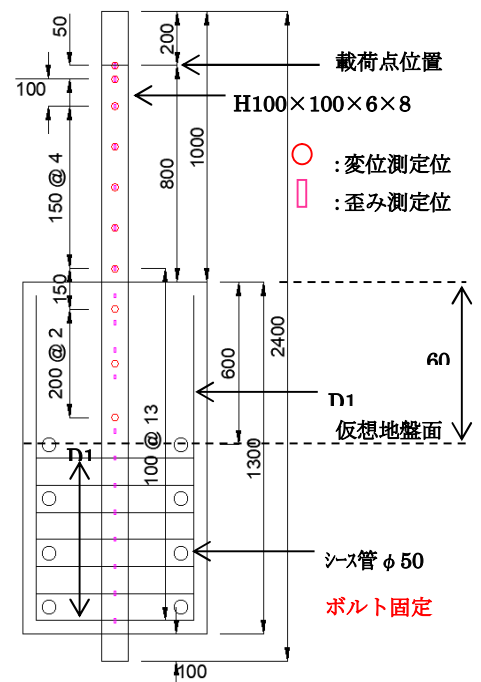


図-2 供試体

3. 静載荷実験と考察

図-4には、静載荷実験から得られた荷重-載荷点変位(以後、単に変位)関係を示している。また、図には、H形鋼の断面係数 $Z_x (= 75.6 \times 10^3 \text{ mm}^3)$ と降伏応力 f_y から求められる降伏モーメント M_y を用いて算出される降伏荷重 P_y を併せて示している。図より、荷重 P_y は変位 D が約 12 mm に至るまでほぼ線形的に増大し、その後、緩やかに荷重が増加するとともに、変位が 24 mm 程度からほぼ一定値を示していることがわかる。最大荷重は、33.5 kN 程度である。衝撃荷重載荷実験結果と比較すると、4.5 kN 程度小さい値となった。この差は、動的効果であるものと推察される。図-5には、代表的な

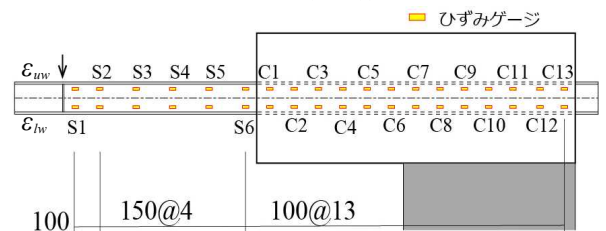


図-3 歪みゲージ凡例

キーワード 堰堤・擁壁天端の防護柵, 静的載荷実験, 鋼製支柱, 根入れ長, かぶり厚

連絡先 〒060-0033 札幌市東区北3条東8丁目8-4 (株)砂子組技術管理室 TEL011-232-8231

変位における H形鋼上縁の軸方向ひずみ ϵ_u 分布を示している。なお、ここでの軸方向ひずみに関しては、鋼材の平面保持を仮定してウェブに貼付した2点のひずみゲージ出力 $\epsilon_{uw}, \epsilon_{hw}$ (図-3 参照) を用いて線形変化を仮定することで上縁位置における軸方向ひずみ ϵ_u に換算している。また、図中には、降伏応力 f_y から算出される降伏ひずみ ϵ_y も示している。図より弾性的な挙動を示すと考えられる、変位が $D = 6, 12 \text{ mm}$ 時点に着目すると、軸方向ひずみは載荷点から基部に向かってほぼ線形的に増加していることが分かる。一方、軸方向ひずみはコンクリート躯体内部において、徐々に減少傾向を示し、躯体前面から 450 mm 前後の位置でほぼ零ひずみを示していることが分かる。

図-4 の荷重-変位関係から、剛性勾配が緩やかとなる $D = 24 \text{ mm}$ 時点では、基部近傍 ($L \sim \pm 50 \text{ mm}$) の軸方向ひずみ ϵ_u が降伏ひずみ ϵ_y を超えており、H形鋼が降伏状態にあることが分かる。さらに、変位が大きい $D = 48 \text{ mm}$ に着目すると、基部近傍を除いてコンクリート躯体内部も含めて $D = 24 \text{ mm}$ 時点と類似の分布性状を示しており、基部近傍のひずみのみが増大していることが分かる。これより、H形鋼が基部近傍で塑性状態に至った場合には、その近傍に塑性ヒンジが形成され、その影響が拡大せずに塑性硬化の影響もそれほど著しくないことが分かる。従って、塑性ヒンジ形成以降はコンクリート躯体内の H形鋼の定着長も大きく変動しないことが確認された。なお、 $D = 24 \text{ mm}$ において、コンクリート躯体内の $L = 750 \text{ mm}$ 近傍で軸方向ひずみが大きくなる傾向が見られるが、これは試験体定着部の影響によるものと推察される。また、実験終了後のひび割れは、H形鋼の上下フランジ端部から斜めに分布しているが、コンクリートの剥落は生じていない。

4. 動的実験との比較

図-6には、衝撃荷重載荷実験から得られた最大応答時におけるH形鋼上縁の軸方向歪み分布を示している。図より、コンクリート基部を除き、落下高さが 10 cm の場合から 150 cm の場合まで、ひずみ分布はほぼ類似していることが分かる。これより、基部が塑性状態に至った場合には、衝撃荷重載荷時においても、静的載荷時と類似の性状を示すことが明らかになった。また、コンクリート躯体内におけるH形鋼の定着長に着目すると、ひずみ値が零となる位置は基部表面からほぼ 50 cm 程度の処であることが分かる。静荷重載荷時と比較すると、 5 cm 程度根入れ長が深く評価されることが明らかになった。一方で、落石対策便覧に即して根入れ長を概算すると約 35 cm 程度と評価され、衝撃荷重載荷時はもとより、静載荷時においても設計の根入れ深さよりは大きいことが明らかになった。なお、本実験結果は、H形鋼をコンクリート躯体内で貫通させた場合のものである。今後は根入れ深さを種々変化させて、さらに詳細な検討を行う予定である。

謝辞

本論文の作成にあたり各種試験計測，データ解析等多くの支援を賜りました，室蘭工業大学構造力学研究室の皆様には心より感謝致します。

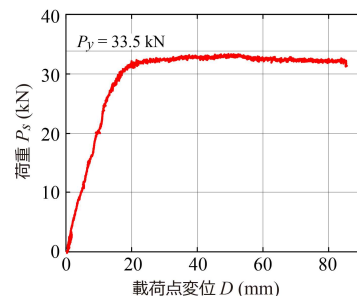


図-4 荷重-載荷点変位関係 (静載荷実験)

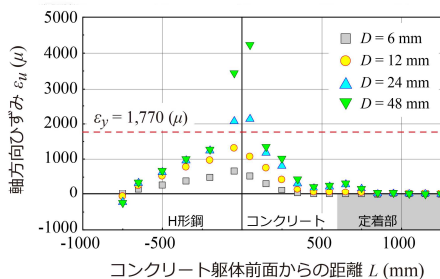


図-5 フランジ^上縁の軸方向ひずみ分布 (静載荷実験)

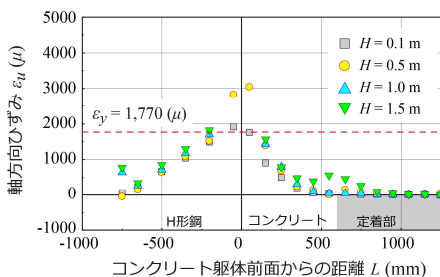


図-6 フランジ^上縁の軸方向ひずみ分布 (動的実験)



写真-1 静的載荷実験