

載荷位置の異なる貫通型鋼製防護柵支柱の静荷重載荷実験

(株)砂子組 正会員 山元 康弘 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 近藤 里史 室蘭工業大学大学院 フェロー 岸 徳光
 (株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員 沼田あずさ

1. はじめに

急峻谷地形の堰堤および落石防護擁壁には土石流・巨石対策として、天端部に防護柵が設置されることが多い。防護柵の鋼製支柱に関する根入れ深さの設計は、落石対策便覧(以下、便覧)に基づき静的に行われている。著者等は、落石による衝撃荷重載荷時の動特性を考慮した合理的な設計法の確立を最終目標に、重錘落下衝撃実験と共にその基準となる静載荷実験を実施した。ここでは、載荷点位置を変化させた場合における静載荷実験結果について報告する。

2. 実験概要

実験は、図1に示すような試験体を用いて行った。支柱模型にはH形鋼を用い、コンクリート躯体内の応力性状を明らかにするために貫通させている。本研究では、荷重作用位置をコンクリート躯体前面から800mmの位置として曲げが卓越する場合(B試験体)、および400mmとして曲げと共にせん断力が卓越する場合(S試験体)について静載荷実験を実施した。なお、載荷点部には、座屈防止のために厚さ6mmの補剛材を添加している。荷重は油圧ジャッキを用いて作用させた。計測項目は、ロードセルによる載荷荷重、レーザ式変位計による支柱およびコンクリート躯体各点の変位、H形鋼のウェブ中心位置から上下30mmの位置に添付した軸方向ひずみであり、実験終了後にはひび割れ分布を観察した。写真1には、実験装置と試験体の設置状況を示している。

3. 実験結果

3.1 荷重変位関係

図2には、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。図中、躯体前面を固定支持と仮定し断面係数を用いて算定した降伏荷重 P_y も併せて示している。

B試験体に着目すると、荷重はほぼ線形な増加勾配を示し、その後緩やかに一定値に漸近していることが分かる。これは、躯体前面近傍部における支柱模型が塑性化に至り、やがて塑性ヒンジが形成されたことを暗示している。その塑性ヒンジ荷重は、躯体前面を固定支持とする塑性荷重と類似していることが分かる。一般に塑性ヒンジ荷

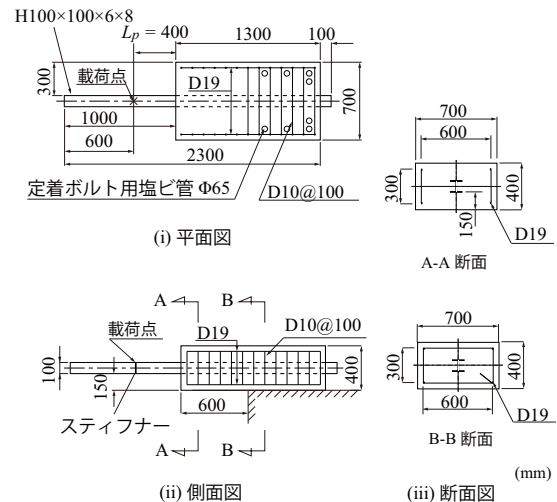


図1 S試験体の形状寸法および配筋状況

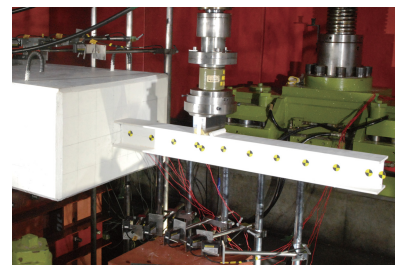


写真1 実験装置と配置状況

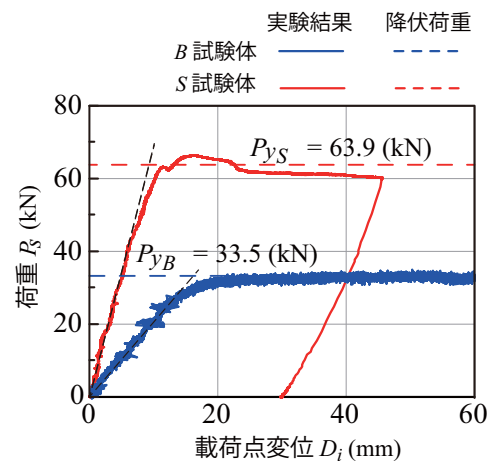


図2 荷重-変位関係の比較

重は塑性荷重よりも大きいことより、本実験の場合には、固定点あるいはヒンジ点がコンクリート躯体内部に推移していることが窺われる。

キーワード：落石防護柵支柱、落石防護擁壁、根入れ深さ

連絡先：〒060-0033 札幌市中央区北3条東8丁目8-4 (株)砂子組 技術管理室 TEL/FAX:011-232-8231/0126-232-8237

S 試験体の結果に着目すると、初期の増加勾配は B 試験体の 3.4 倍程度の値を示している。最大荷重は、降伏荷重よりも若干大きい値を示し、その後緩やかな減少傾向を示している。最大値が塑性荷重よりも大きいことより、塑性ヒンジ点は躯体前面近傍に生じていることが推察される。

3.2 ひずみ分布性状

図 3 には、代表的な変位点における H 形鋼上縁の軸方向ひずみ ε_u 分布を示している。また、図中には降伏ひずみ ε_y も示している。

図より、両試験体ともに弾性的な挙動を示す変位が小さい時点では、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。図 2 の荷重－変位関係から、剛性勾配が緩やかになる時点では、躯体前面近傍の上縁軸方向ひずみ ε_u が降伏ひずみ ε_y を超えており、塑性ヒンジの形成が確認される。B 試験体では $L = -50, 50 \text{ mm}$ 付近にて降伏ひずみを大きく超えるひずみが発生している。一方、S 試験体の場合にはコンクリート躯体内部において降伏ひずみを大きく超えるひずみが発生していることがわかる。これは、載荷荷重が大きいことにより、H 形鋼の支圧力も増加し後述のひび割れ分布図(図 4(b))からも明らかに躯体前面近傍がより損傷したことによるものと推察される。

また、便覧に基づく B, S 試験体の必要根入れ深さ d は、それぞれ $d \simeq 350, 450 \text{ mm}$ 程度として求まる。一方、実験結果からは、B 試験体の場合には載荷点変位が 12 mm 時点で約 450 mm 、S 試験体の場合は載荷点変位が 10 mm 時点で約 550 mm として評価される。このことから、軸方向ひずみが零となる深さは、便覧値よりも大きい。ただし、本研究では、支柱を躯体に貫通させていることや定着部の影響が含まれている点に留意が必要である。

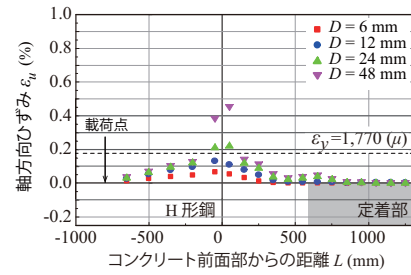
3.3 ひび割れ分布

図 4 には、実験終了後の各試験体における正面および側面のひび割れ分布性状を示している。図中、(a)図が B 試験体、(b)図が S 試験体の結果である。

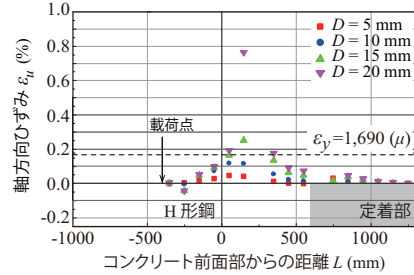
図より、B 試験体および S 試験体において、上フランジおよび下フランジからのひび割れは両者ほぼ 45° 下方に進展していることが分かる。さらに、上フランジ端部からも大きく進展している。これは、H 形鋼が固定端となる躯体前面での変形時に上フランジ端部に過度な支圧力が作用することによるものと推察される。

また、コンクリート躯体の損傷を B 試験体と S 試験体と比較すると、S 試験体の場合がより大きいことが分かる。これは、S 試験体の場合における H 形鋼による支圧力が B 試験体よりもより大きいことに起因しているものと推察される。

側面のひび割れ分布に着目すると、B 試験体の場合には

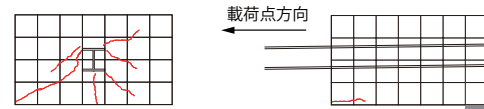


(a) B 試験体

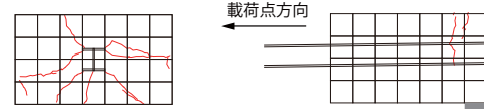


(b) S 試験体

図 3 フランジ上縁の軸方向ひずみ分布(静荷重実験)



(a) B 試験体



(b) S 試験体

図 4 実験終了後におけるひび割れ分布性状の比較

躯体前面下縁近傍に水平のひび割れが発生しているが、S 試験体の場合には支持架台端部位置に相当する上縁から下方に進展するひび割れが発生している。これは、塑性ヒンジに至る載荷荷重がより大きいことにより支持架台端部を支点とする負曲げが発生したことによるものと推察される。

4. まとめ

- 1) 載荷位置に拘わらず、コンクリート躯体前面近傍に塑性ヒンジが形成される。その発生位置は、曲げが卓越する場合にはコンクリート躯体前面に、また曲げと共にせん断力が卓越する場合には躯体前面が損傷することにより躯体内部に移行する傾向を示す。
- 2) 曲げと共にせん断力が卓越する場合には、コンクリート躯体のひび割れ等による損傷が大きい。
- 3) 支柱が躯体を貫通していることを条件に、実験結果を便覧に基づく結果と比較すると、静荷重載荷時であるにも拘わらず 100 mm 程度大きく評価される。