

## 載荷位置の異なる貫通型鋼製防護柵支柱の重錘落下衝撃実験

室蘭工業大学大学院 学生会員 ○近藤 里史  
室蘭工業大学大学院 フェロー 岸 徳光

室蘭工業大学大学院  
(株)砂子組  
(株)オリエンタルコンサルタンツ

正会員 小室 雅人  
正会員 山元 康弘  
正会員 沼田あずさ

### 1. はじめに

本研究では、落石防護擁壁上に設置する防護柵支柱の合理的な設計法を確立することを目的に、支柱をコンクリート躯体に貫通させた試験体に関して載荷位置の異なる重錘落下試験を実施した。

### 2. 実験概要

図1には、試験体の形状寸法と配筋状況を示している。試験体の形状寸法(幅×高さ×長さ)は、700×400×2,400 mmであり、支柱基礎部に相当するコンクリート躯体部は700×400×1,300 mmとなっている。

配筋は、軸方向鉄筋(D19)を上下端部に各2本配置(かぶり:50 mm)し、せん断補強鉄筋(D10)は、側面に100 mm間隔で13本、上下面には定着部となる後方に7本のみ配置した。なお、せん断補強鉄筋は、便覧に準拠してコンクリート内に埋設されたH形鋼のフランジ端部から、45°のせん断破壊面が形成されると仮定した場合においても、その影響が極力小さくなるように配慮した。また、実構造と同様に無筋コンクリート状態を再現するために鉄筋の配筋は必要最低限に抑えている。

重錘落下位置は、コンクリート躯体前面から800 mm(B試験体)もしくは400 mm(S試験体)とし、載荷点部におけるH形鋼の局部座屈を防止するために、載荷点ウェブ部に厚さ6 mmの補剛材を添加した。

衝撃荷重載荷実験は、質量300 kg、先端直径200 mmの鋼製重錘を所定の位置から一度だけH形鋼に自由落下させた。

表1には、本研究で対象とした試験体の一覧を示している。本研究では、重錘落下高さ $H$ と重錘落下位置 $L_p$ を変化させた全9ケースの実験を実施した。表中の試験体名のうち、Hに付随する数値は設定重錘落下高さ(m)を示している。また、実測入力エネルギー $E$  (kJ)は、実測衝突速度から換算した入力エネルギーである。コンクリートの圧縮強度 $f'_c$ は、別途実施した材料試験から、それぞれB試験体では34.5 MPa、S試験体では26.9 MPaである。また、H形鋼の降伏応力 $f_y$ および破断強度 $f_u$ は、それぞれミルシートより、B試験体では354 MPaおよび449 MPa、S試験体では338 MPaおよび449 MPaとなっている。

写真1には、実験装置と試験体の設置状況を示している。本実験の測定項目は、(1)重錘衝撃力 $P_i$ 、(2)載荷点

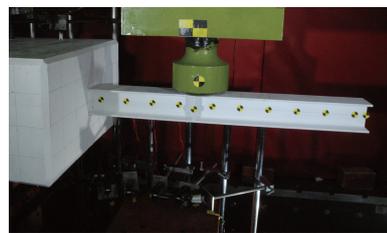


写真1 実験装置と試験体の設置状況

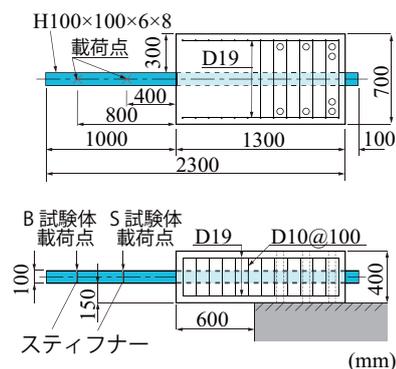


図1 試験体の形状寸法および配筋状況

表1 試験体一覧

試験体名	落下位置 $L_p$ (mm)	設定重錘 落下高さ $H$ (m)	実測入力 エネルギー $E$ (kJ)
B-H0.1	800	0.1	0.30
B-H0.5		0.5	1.49
B-H1.0		1.0	3.06
B-H1.5		1.5	4.43
S-H0.1	400	0.1	0.31
S-H0.5		0.5	1.53
S-H1.0		1.0	3.26
S-H1.5		1.5	4.60
S-H2.0		2.0	6.11

変位 $D$ 、(3)H形鋼ウェブ上の軸方向ひずみ $\epsilon_u$ 、である。また、実験終了後にはコンクリート躯体に発生したひび割れの観察を行った。

### 3. 実験結果および考察

図2には、全実験ケースから得られる重錘衝撃力 $P_i$ および載荷点変位 $D$ について時刻歴応答波形を示している。なお、横軸は重錘がH形鋼に衝突した時刻を零としている。

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：〒050-8585 室蘭工業大学大学院 もの創造系領域

社会基盤ユニット TEL/FAX:0143-46-5228

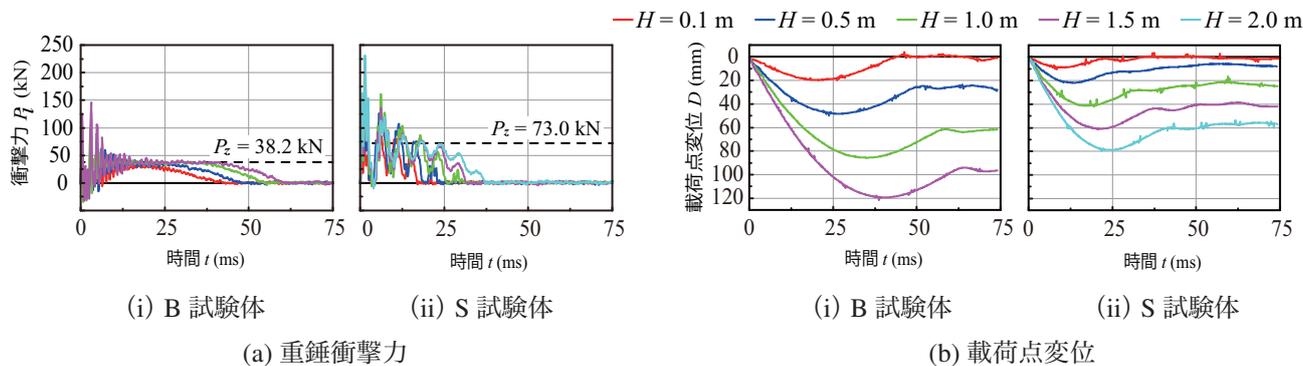


図2 時刻歴応答波形

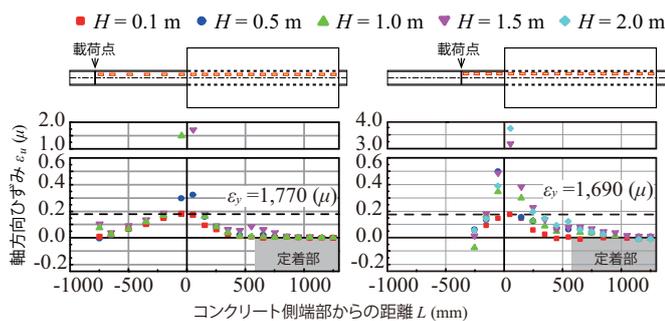


図3 フランジ上縁の軸方向ひずみ分布

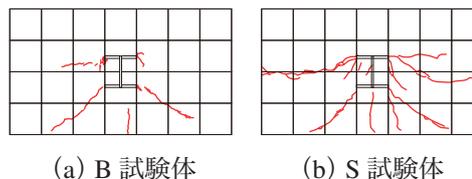
図4 実験終了後のひび割れ分布性状 ( $H=1.5$  m)

図2(a)にはB試験体とS試験体の重錘衝撃力波形を示している。B試験体の場合には、いずれもほぼ台形状の波形に高周波成分が合成された波形性状を示している。最大衝撃力は重錘衝突初期に発生し、落下高さ  $H$  の増加とともに増大する傾向を示すものの、 $t = 10$  ms 以降においては  $H = 0.1$  m の場合を除いて、いずれの場合も 40 kN 弱で一定値を示した後に除荷状態に至っていることが分かる。これは、鋼材のひずみ硬化を無視し完全弾塑性体と仮定した場合の塑性荷重  $P_z (= 38.2$  kN) と類似していることから、基部近傍に塑性ヒンジが形成されたことに起因しているものと推察される。

一方、S試験体の場合には、低周波成分がほぼ三角形形状で、さらに周期が 5~6 ms 程度の正弦波と、それ以上の高周波成分が合成された波形性状を示している。正弦波が卓越する時点での中央値は約 70 kN を示し、塑性荷重  $P_z (= 73.0$  kN) と類似していることから、B試験体の場合と類似の傾向を示していることが分かる。また、主波動継続時間は、いずれの落下高さ  $H$  においてもS試験体の場合がB試験体の場合の約 50%程度である。

図2(b)に示す载荷点変位波形に着目すると、落下高さ  $H$  に対応して最大変位も増加傾向にあることが確認される。また、S試験体における最大変位および主波動継続時間は、衝撃力と同様に約 50%程度となっている。

図3には、最大変位時におけるH形鋼上縁の軸方向ひずみ  $\epsilon_x$  分布を比較して示している。図より、両試験体共

に、 $H \geq 0.5$  m ではH形鋼の基部近傍に降伏ひずみを超える分布を示しており、塑性ヒンジの形成が確認される。なお、その位置はB試験体の場合には躯体前面近傍であるのに対し、S試験体の場合には前面より 50 mm 程度内部であることが窺われる。これは、後述するひび割れ図(図4)からも明らかのように、S試験体の場合には躯体に作用する支圧力が大きく前面部の損傷の大きいことが一つの要因と考えられる。また、H形鋼の軸方向ひずみ分布を詳細に見ると、B試験体の場合にはいずれの落下高さにおいても躯体前面から 600 mm 程度、S試験体では 1000 mm 程度で零レベルに至っていることが分かる。

一方、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  $d \approx 350, 450$  mm 程度として求まることから、軸方向ひずみが零となる深さは便覧からの根入れ深さよりも大きいことが分かる。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。

図4には、実験終了後の落下高さ  $H = 1.5$  m における各試験体のひび割れ分布(正面)を比較して示している。図より、躯体の損傷はS試験体がB試験体よりも大きいことが分かる。これは、前述の通り支圧力が大きいことによるものと推察される。

#### 4. まとめ

- 1) 载荷位置に拘わらずH形鋼基部近傍に塑性ヒンジが形成される。その発生位置は、支圧力(せん断力)の増加に対応して躯体前面の損傷も顕在化するため、躯体内部に移行する傾向を示す。
- 2) 実験結果から得られたH形鋼の軸方向ひずみ分布より評価される根入れ深さは、便覧値よりも大きく評価される。