

H形鋼を用いた門型ラーメンの弾性衝撃実験

室蘭工業大学 正員 菅田 紀之
 室蘭工業大学 正員 岸 徳光
 室蘭工業大学 正員 松岡 健一
 室蘭工業大学 正員 尾崎 詔

1. はじめに

山岳や海岸地域の道路交通の安全性確保のために建設されている落石覆工構造物に代表されるように、近年土木建築構造物においても衝撃的な載荷荷重に対する安全性の検討が要求されるようになり、理論的あるいは実験的な検討が種々行われている。たとえば、コンクリート梁部材に関する研究には、電力中研の大沼と伊藤等の実験的研究¹⁾や神戸大学の宮本を中心とした研究グループによる実験的、理論的研究成果²⁾等がある。その他の構造材料を用いた梁部材に関する研究には、防衛大学の石川等による鋼管梁に関する実験的研究³⁾や著者等のグループによる鋼製梁および多層合成梁の実験的、理論的弾性衝撃問題に関する検討^{4),5)}がある。しかしながら、これらの研究成果は各種構造部材の衝撃応答性状に関するもの、あるいは材料の動的な材料特性に関するものであり、構造設計を前提とした構造物全体についての挙動把握に関する研究はいまだ少ないようである。

本研究では、落石覆工構造物の代表的な構造形式である門型ラーメンの衝撃挙動についての基礎的資料を得るために、H形鋼を用いた単純梁および2種類の門型ラーメンの衝撃実験を行った。今回の実験は弾性領域での特性を調べることを目的としているため、衝突速度を最大 2.5 m/sec までとして歪ゲージにより歪波形の測定を行い、弾性衝撃挙動の検討を行った。

2. 衝撃実験

衝撃実験には、本学に設置されている落下衝撃万能試験機を用いた。衝撃荷重の載荷は、衝撃荷重を測定するためのロードセルを兼ねる鋼製の重錘 ($W=65 \text{ kgf}$) を所定の高さにセットし、自由落下させることにより行っている。

試験体の支持はピン支持となるように、図-1に示すような支持装置を試験機の支持台に設置し、試験体を支持装置にボルトで固定している。

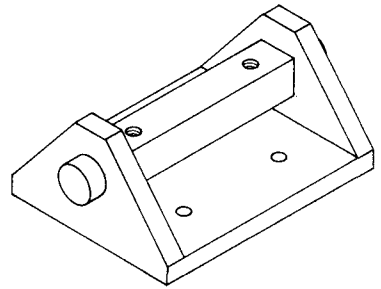


図-1 支持装置

本実験に用いた試験体は図-2に示すような、H形鋼によって作成されたスパン 80 cm の梁および梁部分の図心までの高さ 80 cm でスパン 80 cm と 160 cm の2種類の門型ラーメンである。以後それぞれの試験体を Case-1、Case-2 および Case-3 とする。試験体の歪を測定するために、歪ゲージを図に示されている位置に貼付している。

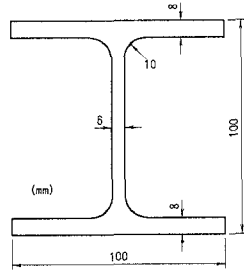
実験に用いた計測システムのフローチャートを図-3に示す。重錘および試験体に貼付けられている歪ゲージからの出力は、ブリッジボックスを介して高周波成分まで測定可能な直流増幅器を用いて増幅し、データレコーダーに記録している。記録された波形の再生は、ウェブメモリーを用いて設定時間軸に拡大し、

シンクロスコープに静止画像を出力し写真撮影することにより行っている。

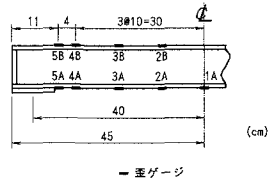
3. 衝撃実験結果

3.1. 歪波形

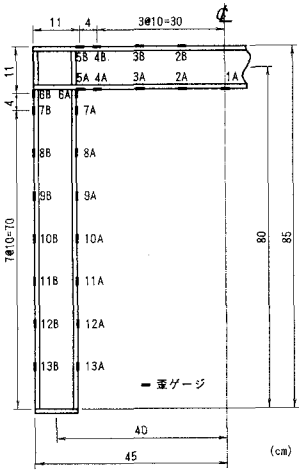
図-4 は、重錘の衝突速度が 2.5 m/sec の場合についての梁部分での応答波形であり、L.C. はロードセルの応答波形で、1A~9A は図-2 に示される位置での歪の応答波形である。衝撃荷重載荷時間は、Case-1 では約 5 msec、Case-2 では約 4 msec、Case-3 では約 8 msec であり、Case-3 は Case-1,2 の約 2 倍の時間になっている。衝撃的な挙動は、全 Case とともに衝撃荷重が載荷している初期にのみ表れ、それ以後は振動状態に移行している。Case-1 では 3A~5A、Case-2 では 3A,4A、Case-3 では 3A~6A において衝撃初期に圧縮側の歪がみられ、



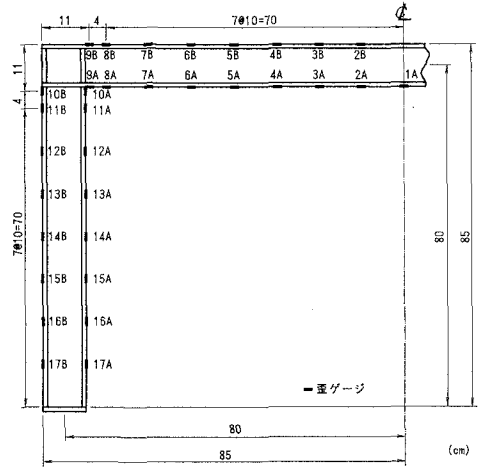
(a) H形鋼



(b) Case-1



(c) Case-2



(d) Case-3

図-2 試験体

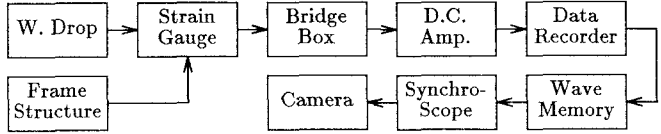


図-3 計測システム

その後引張歪になっているが、これは衝撃波の先端が固定端のように作用するためであると考えられる。全 Case で衝撃挙動時に反射波の影響と思われる高周波成分が認められ、Case-2 では特に大きく表れている。衝撃的挙動の後、振幅が小さいながらも Case-1 では 8 msec 以後、梁の固有振動周期 1.9 msec で振動しているようである。Case-2 においては、11 msec 前後までは 1 次の対称固有モードの振動周期 2.0 msec、その後、2 次の対称固有モードの振動周期 1.2 msec での振動がみられ、1 次と 2 次の振動モードが連成して振動しているようである。また Case-3 ではほぼ 1 次の対称固有モードの振動周期 5.0 msec で振動している。

3.2. 曲げモーメント

図-5~7 は、各 Case の曲げモーメント図である。曲げモーメントは平面保持の仮定の基に、図心軸に対称な位置での歪の測定値より計算して求めている。断面 1 については、対称点に歪ゲージがないため 1A の歪のマイナスの値を対称点の歪とし、支点での曲げモーメントは 0 と仮定している。図より、梁中央部で

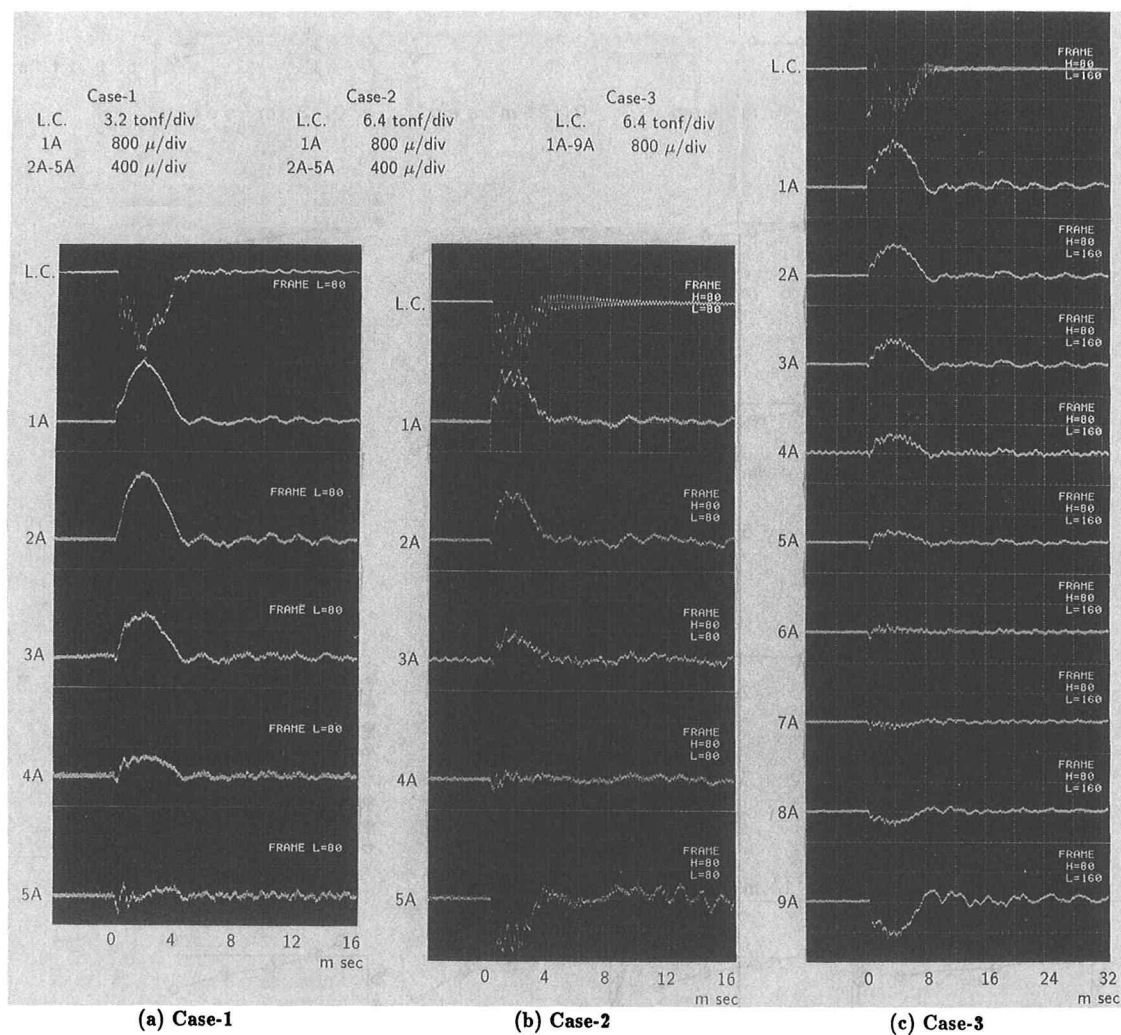


図-4 歪波形

受けた衝撃による曲げモーメントが時間とともに梁端部へ伝播していく様子がわかる。Case-1 では顕著に示されていないが、Case-2 および Case-3 の梁部での曲げ波の伝播挙動より、波動の先端部では負の曲げを受けている状態が示されており、衝撃波の伝播していく先端部では固定端のような作用をしていることがわかる。Case-2 および Case-3 の柱部分では、衝撃波の先端で最初内側に凸になるような曲げを受け、その後、外側に凸になるような曲げを受けている。このことより、柱部分においても衝撃の先端部では固定端のような作用をすることがわかる。

3.3. 最大衝撃荷重および歪の最大応答値

図-8 は重錘の衝突速度による最大衝撃荷重の分布を示している。全 Case とも原点を通る直線で近似できることより、弾性領域で最大衝撃荷重は衝突速度に比例し増加するものと考えられる。Case-1 と Case-2 を比べると Case-2 の方が衝撃荷重が大きい。これは Case-2 の構造の方が剛な構造になっているため、載荷点の変位が Case-1 よりも拘束されるためであると考えられる。また、Case-2 と Case-3 を比べると Case-2 の方が衝撃力が大きい。これは Case-2 の方が剛な構造であるため変位が小さくなるためであると考

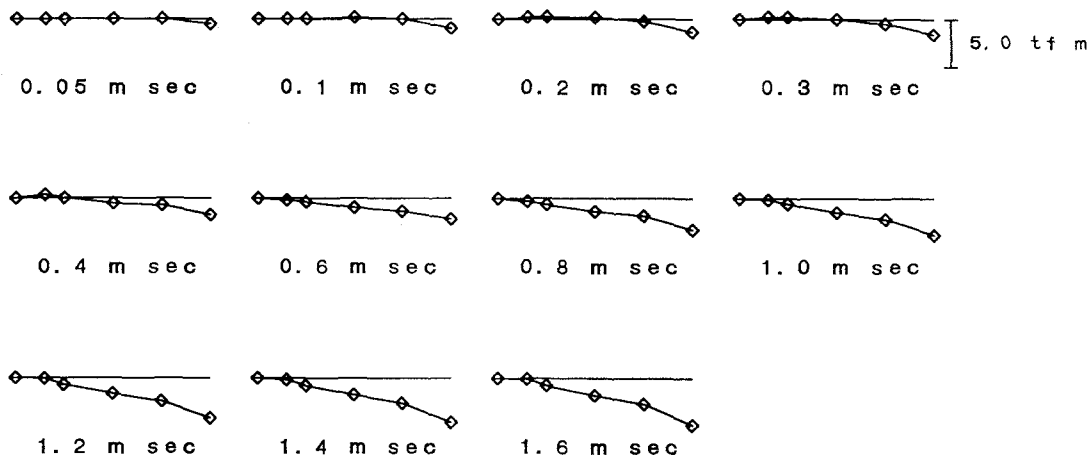


図-5 曲げモーメント図 (Case-1)

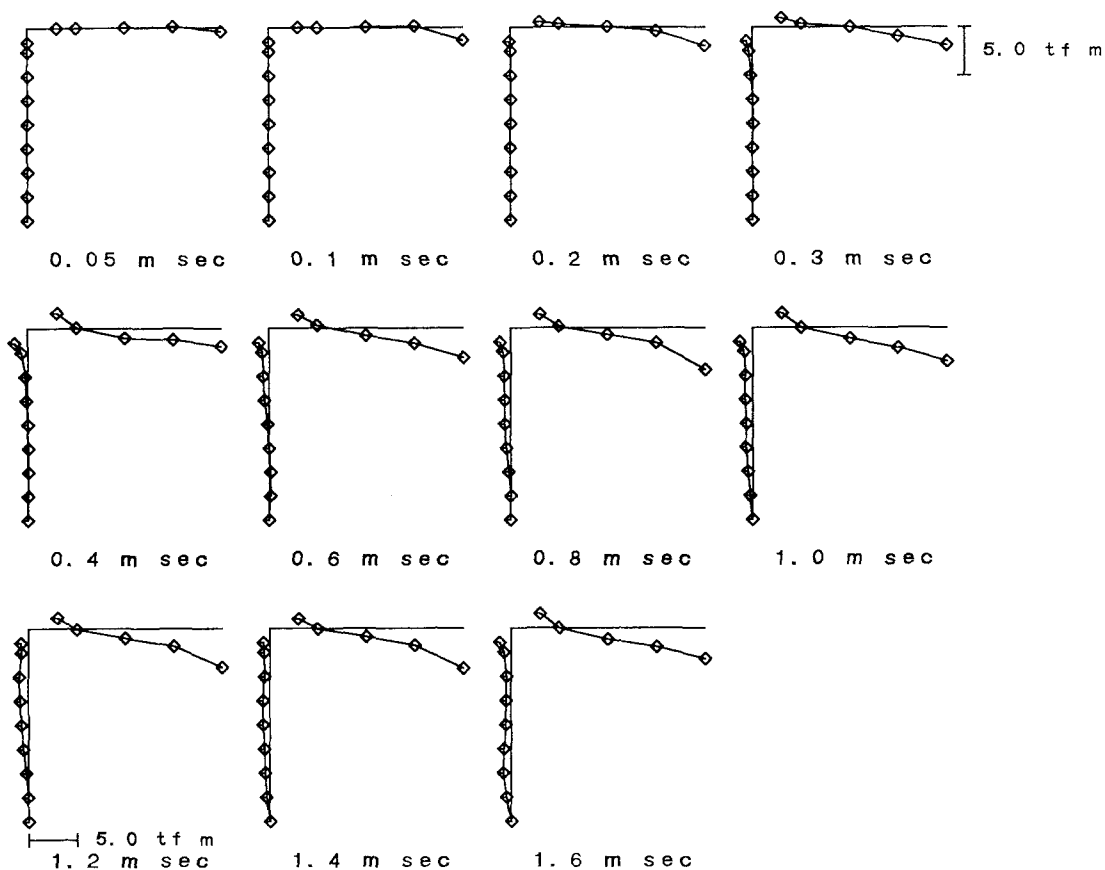


図-6 曲げモーメント図 (Case-2)

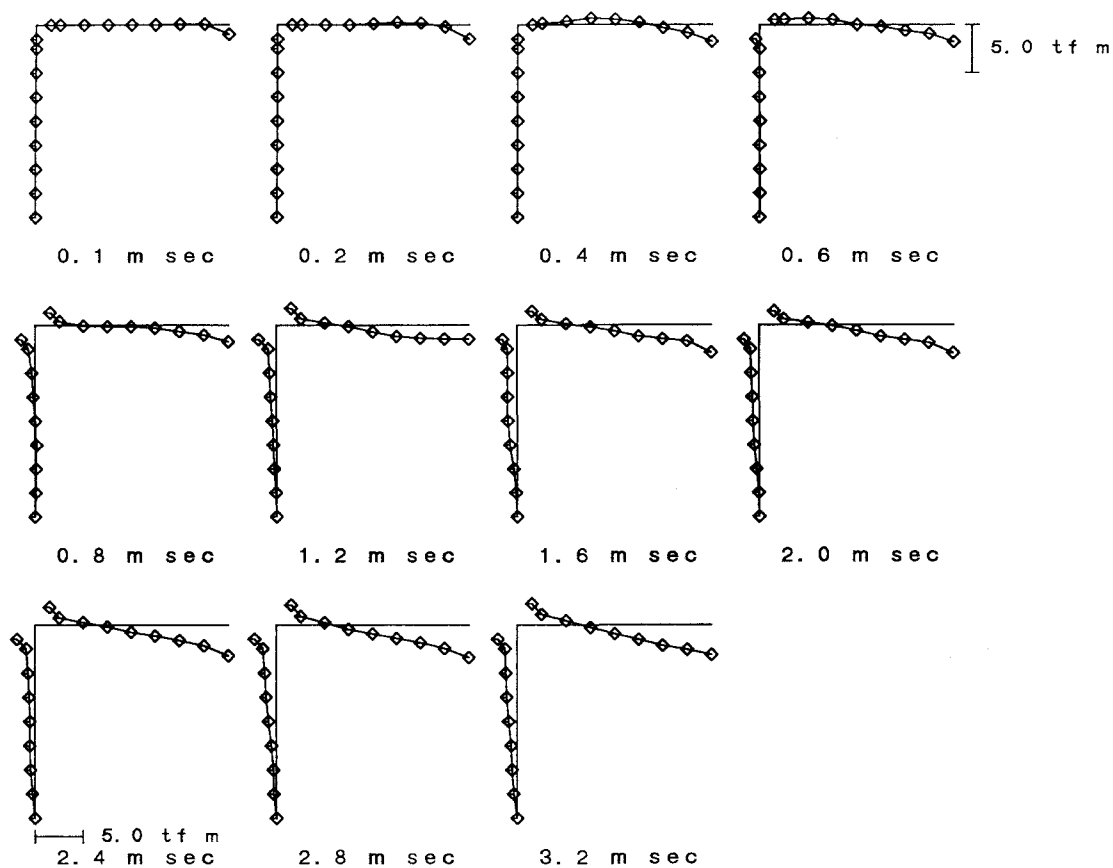


図-7 曲げモーメント図 (Case-3)

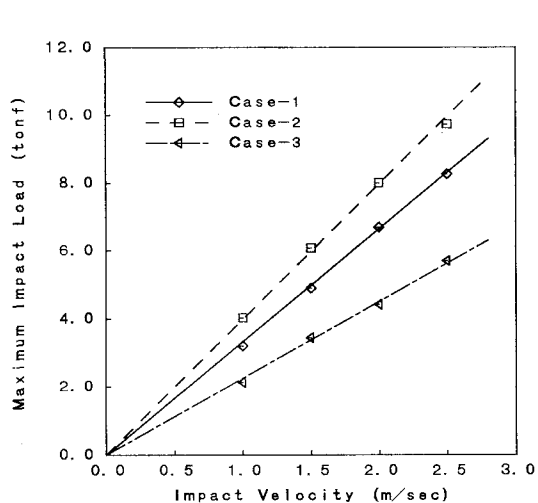


図-8 最大衝撃荷重

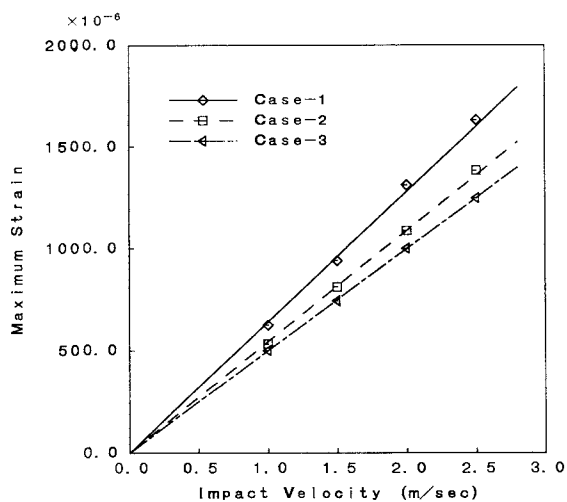


図-9 歪の最大応答値 (1A)

えられる。

図-9は重錘の衝突速度による歪1Aの最大値の分布を示している。全Caseとも原点を通る直線で近似できる。最大衝撃荷重と同様に、弾性領域で歪の最大応答は衝突速度に比例し増加するものと考えられる。

4. まとめ

落石覆工構造物の代表的な構造形式であると考えられる、門型ラーメンの弾性衝撃特性の基礎的資料を得ることを目的として、重錘落下衝撃実験を行い検討を行った。その結果、衝撃挙動は衝撃荷重載荷時の限られた時間内でおこり、衝撃波の先端では固定端のような挙動を示すことが明かとなった。さらに、最大衝撃荷重および歪の最大応答値は重錘の衝突速度に比例し、剛な構造ほど最大衝撃荷重が大きくなり荷重載荷時間が短くなることが明かとなった。

参考文献

- 1) Ohnuma, H., C. Ito, H. Takano and S. G. Nomachi : RC Beam Response Due to Impact by Moderate Speed Gun, Theoretical and Applied Mechanics, Vol.33, pp.329~336, 1984.
- 2) 藤井 学・宮本文穂・森川英典：衝撃荷重を受ける鉄筋コンクリートはりの力学的挙動に関する基礎的研究、土木学会論文報告集、第360号／V-3、pp.51~60、1985.
- 3) 齋藤英明・石川信隆・大野友則・水山高久：鋼管片持りの衝撃吸収エネルギーに関する基礎的研究、土木学会論文報告集、第386号／I-8、pp.321~328、1987.
- 4) Takano, H., N. Kishi and S. G. Nomachi : On Dynamic Behavior of Beams with Rectangular Cross Section under Impact Load, Theoretical and Applied Mechanics, Vol.28, pp.369~378, 1980.
- 5) Takano, H., S. G. Nomachi and N. Kishi : On the Bending Impulse of Simple Supported Composite Beams, Theoretical and Applied Mechanics, Vol.29, pp.213~223, 1981.