

I - 4

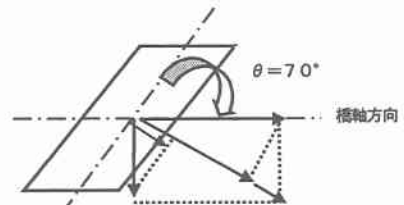
衝撃的载荷重下の斜角を有したRC橋脚の挙動

(株) 土木技術コンサルタント ○正員 三好 章仁
 北海道開発局 開発土木研究所 正員 三田村 浩
 北海道開発局 開発土木研究所 正員 佐藤 昌志
 室 蘭 工 業 大 学 正員 岸 徳光

1. はじめに

著者らは、これまでRC橋脚の耐震性能を評価するためにその動的挙動について橋脚模型を用いた実験的研究を行ってきた。衝撃的荷重载荷による橋脚の破壊性状は、その損傷の局部集中による角折れのモードの発生により、静的交番载荷実験、断面分割法による理論値と比較し、履歴曲線形状において耐荷力は比較的近似した値となるが、変形量は衝撃的荷重载荷の方が大きくなることがこれまでの実験結果として得られた。

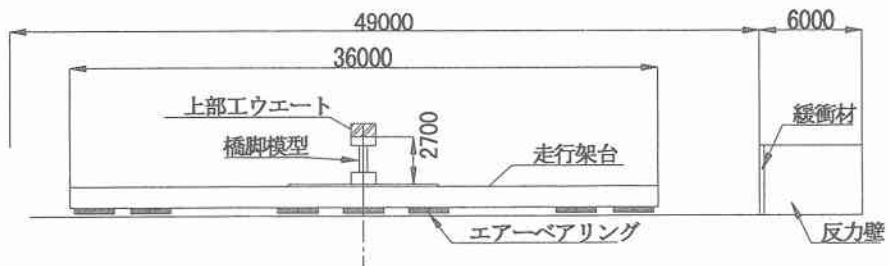
ところで、都市内高架橋や跨線橋、河川橋梁はその交差物の条件により斜角を有する場合がほとんどであるが、これまで斜角を有する橋脚模型実験は例が無く、その動的挙動は明らかにされていない。橋軸方向と橋脚断面の弱軸方向が異なる場合に、橋脚もしくは橋梁全体の挙動、および上部工またはその各部位に与える影響など、直橋とは異なった特性が得られることが予想される。



今回の実験では、斜角を有したRC橋脚の動的挙動の把握につとめることとし、斜角 70° の供試体について壁の平面的な挙動(ねじれ)、荷重—変位特性の設計値との関係などについて着目した。

2. 実験方法

図—1のように走行架台上に橋脚模型を設置し前方の反力壁方向へ走行させる。架台の下面にはエアーパーリングと呼ばれる圧縮空気により浮上する装置を取り付け、総重量 340 t f の架台を浮上させた後に、クレーンから重錘を取り付けたワイヤーをリリースし、この重錘の自由落下により走行架台が比較的速い速度で前方の反力壁に向かう。衝突後の速度を緩衝材の弾性により曲線的にゼロとすることができることから、衝撃的な载荷重が橋脚基部から入力される。その衝撃的载荷による入力加速度については、走行架台の移動距離(重錘の落下高さと同等)を 50 cm 毎に大きくし、入力加速度を増加させながら模型の損傷が大きくなるまで繰り返す。



図—1 実験装置概要

On behavior of oblique RC pier under the Impact load

by Akihito MIYOSHI, Hiroshi MITAMURA, Masashi SATOU, Norimitsu KISHI

3. 供試体および計測項目

供試体は、柱の断面形状が50×140cmの壁式で、図-2に示すように柱が斜角70°を有している。梁の上部には上部工重量を想定した重錘20tfを取り付け、フーチングはPC鋼棒とH型鋼のフレームで架台に固定されている。

計測項目については、橋軸方向の入力加速度および応答加速度用の加速度計を供試体の左右に多数点、直角方向用を重錘前後に各1点取り付け、両方向の応答加速度のモード等が評価できるようにした。計測のサンプリング周波数は1kHzとし、波形データには微少な高周波ノイズが含まれたため、FFTの周波数領域で10Hz以上をカットした後、逆変換を行った。

4. 実験結果

4.1 動的挙動と加速度波形

供試体への入力地震動として、架台の走行距離を2m、2.5m（以降これをD-2、D-2.5と呼ぶ）の2ケースについて実験を行い、図-3には重錘に設置した橋軸方向とそれに直角方向の加速度を合成させた重錘の平面的な加速度モード図を示す。D-2、D-2.5ともに、衝突の直後はおおよそ進行方向（橋軸方向）へシフトしながら最大加速度を迎えている。

同図に重錘の前面両端2点の軌道を示すが、D-2においては最大加速度を示すまでの間は重錘前面が平行にシフトし、その後に重錘全体が斜角方向への挙動を示すにつれ、重錘の前面が左右いずれかに傾いていることが確認できる。これより、壁のねじれ変形が生じていることがわかる。D-2.5では、既に壁の基部が損傷していることから、最大加速度を示すまでに重錘前面がやや右へ傾き、その後に段落とし部に亀裂が発生したことで軌道が安定しない結果になったと考えられる。

また、図-4は重錘の左右に設置した加速度計の波形を示すが、左右の相対的な加速度差はD-2.0において0.16程度、D-2.5において0.1~0.2G程度となり、このことから壁にねじりモーメントが作用していることがわかる。（AW-LFX：左側重錘加速度、AW-RIX：右側重錘加速度）

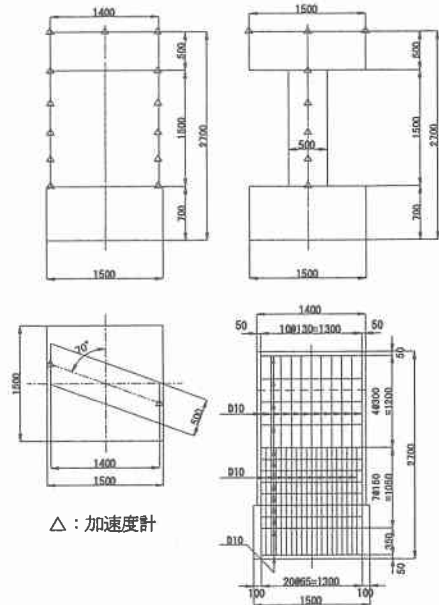


図-2 供試体および計測項目

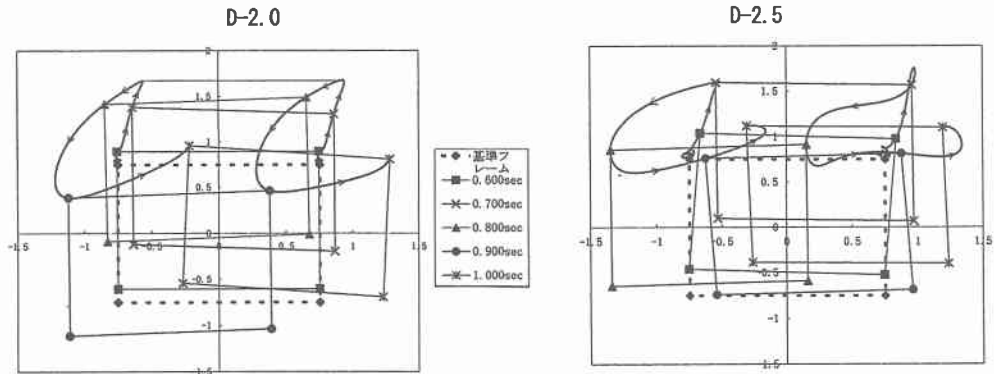
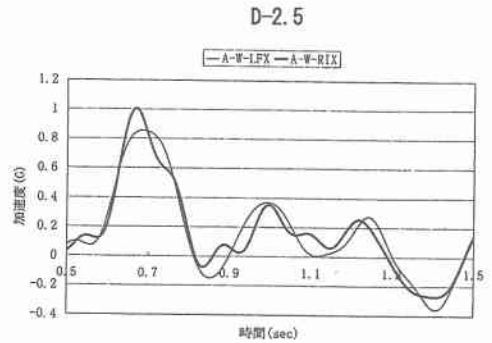
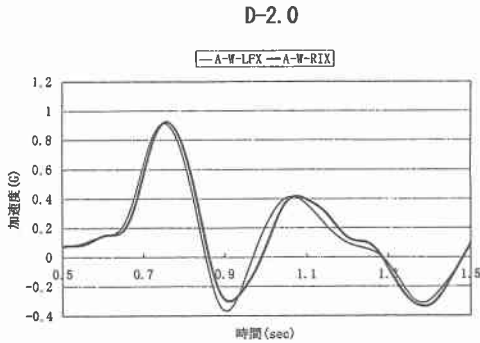


図-3 重錘の平面的な加速度モード図



図—4 重錘加速度波形

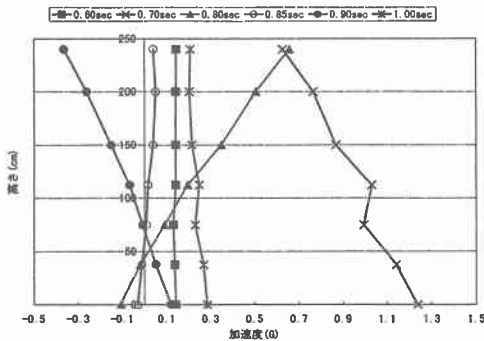
4. 2 応答時の振動モード

図—5、6に柱の基部から重錘の中心に合計7点の加速度を時刻歴で0.1sec程度毎にプロットした応答加速度のモードを示す。

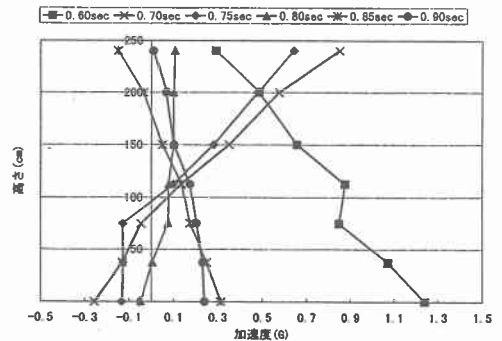
D-2.0 では、衝突直後に入力加速度が最大となる0.70secにおいて基部付近の損傷により上方に向かって一様に応答加速度が減少するモードが発生し、その後重錘が残ったまま基部が急激に減少する強制変位のモードとなる。

D-2.5 においても D-2.0 と同様に上方に向かって応答加速度が減少するモードとなるが、さらに主鉄筋の段落しとなる高さ75cm付近で損傷が進行したことから、この位置で角折れするモードも発生している。

なお、供試体の損傷状況は、D-2.0 で供試体基部および基部から D/2 付近に曲げひび割れが発生し主鉄筋のひずみも基部で 2000μ を越える。その後 D-2.5 において、段落とし部付近に数本の曲げひび割れが圧縮鉄筋の位置まで発生し、段落とし部の主鉄筋ひずみも 5000μ 以上であった。



図—5 D-2.0 モード図



図—6 D-2.5 モード図

4. 3 荷重—変位曲線

図—7はD-2、D-2.5において衝突時の重錘の応答変位を変位 δ 、重錘の応答加速度に重錘重量を乗じた値を荷重PとしてP— δ 曲線を時刻歴でプロットした。比較のために、断面分割法による理論値も同じく示す。断面分割法による保有耐力は、設計値となる壁式柱の弱軸方向の値と、さらに弱軸と強軸の値を斜角方向に換算して合計したものをプロットする。

図より、衝突後の最大荷重は弱軸・強軸の合計値と近似し、その後自由振動においては弱軸の荷重と近似

する結果となった。これは、衝突時の応答のモードが図-3のように進行方向となることから弱軸と強軸の合成されたねじり剛性をもつことから応答加速度が大きくなり、その後自由振動により斜角方向に振動モードが移行することから弱軸の剛性に対する応答を示し加速度が小さくなるものとする。

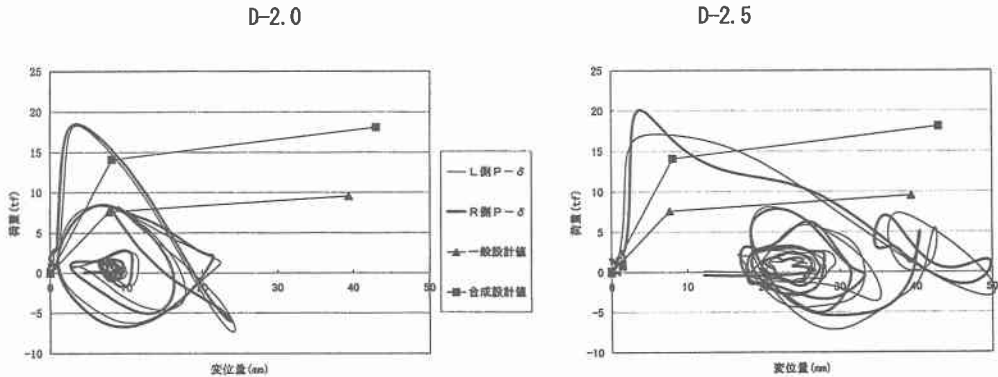


図-7 荷重変位曲線

5. まとめ

衝撃的荷重下における斜角を有したRC橋脚の挙動について、本実験的研究により得られたことは、

- (1) 重錘の平面的な加速度モード図から衝突後の挙動は、衝突直後は重錘が前方の進行方向（橋軸方向）へシフトしながら最大加速度を迎え、それから後方・さらに前方と自由振動となる時には斜角方向へシフトしながらの回転運動となることがわかった。
- (2) 重錘・壁の左右に設置した加速度計の時刻歴波形を重ね合わせると、時間的なズレが生じており、斜角の影響によるねじれが作用していると考えられ、左右加速度の相対的な差分によりねじりモーメントの評価が可能である。
- (3) 走行距離2.5mにおける荷重変位曲線から終局時の最大荷重は18tf程度となり、断面分割法による理論値の耐力9.5tfを大きく上回った。これは理論値の弱軸（9.5tf）・強軸（26.8tf）を斜角方向に換算し合計した耐力18.1tfとほぼ同等な値となり、斜角を有することによるねじり剛性があることがわかった。
- (4) 本実験は短柱橋脚模型を用いた実験であり、上部工に相当する重錘は自由振動を許すものである。実際の橋梁においては上部構造の拘束を受けることから、本実験で得られた重錘の回転や壁のねじれはこの拘束により橋脚に負荷となる場合や、上部構造・橋脚の剛性のバランスによっては上部構造にねじれ荷重が作用することも考えられる。今後の研究課題として検討を行っていきたいと考える。

参考文献

「橋脚に衝撃的荷重が作用する場合の応答加速度評価に関する考察」

三好章仁、吉田紘一、佐藤昌志、岸徳光 土木学会北海道支部 論文報告集第54号（A）p30～33

「道路橋示方書・同解説 耐震設計編」 日本道路協会 平成8年12月