

I-B 154 衝撃荷重を受けるRC橋脚の弾塑性波動応答解析

北見工業大学 学生員 新井田武久 北見工業大学 フェロー 大島 俊之
 北見工業大学 正 員 山崎 智之 北見工業大学 正 員 三上 修一

1. はじめに

1995年1月17日の阪神大震災においては鉄筋コンクリート橋脚や鉄筋コンクリート構造物の柱に多くの被害が発生した。これらの破壊モードを観察すると、一般に曲げとせん断が連成した破壊形式となっているとともに、地震荷重の入力初期に応力波動の集中の影響によって衝撃的に破壊したモードが見られる。

鉄筋コンクリートばりが鉛直荷重を受けて破壊する場合の破壊モードとして、通常の曲げ破壊及びせん断破壊のほかに押し抜きせん断(Punching Shear)モードによる破壊が知られている。したがって鉄筋コンクリートばりが衝撃荷重を受けて破壊する場合、はりの深さと長さ、材料特性、衝撃荷重の時刻歴特性、鉄筋の配置などによって様々に変形モードが異なり、それに応じた非線形応答挙動を示すこととなる。

本報告では衝撃荷重作用時における鉄筋コンクリートばりの曲げ変形に着目して非線形解析を行い、破壊モードの違いをシミュレーションし、部材内の曲げ応力の分布と関連づけて検討を行う。

2. 動的応答解析

解析を行う際、通常円形である橋脚構造を2次元に単純化し左端を橋脚基部として水平、垂直方向を固定し、上部構造から加わる水平荷重を想定してモデルの右肩に分布荷重を衝撃的に作用させる(Fig. 1)。このモデルは曲げ特性を精度良く解析できるよう8節点アイソパラメトリック要素を用いている。なお鉄筋が存在する部分の剛性を高めている。

衝撃荷重を決定する際、まず静的荷重をモデルに加わえ弾性限界となったときの荷重を基本荷重とし、これを整数倍したものを5msという短時間に作用させる。この荷重値の大きさによって破壊モードが変わる。本論文では、基本荷重を5倍したものの(Load-A)と、基本荷重そのものの(Load-B)の2種類の荷重履歴を使った解析について報告する(Fig. 2)。

ここでは、鉄筋は弾塑性材料、コンクリートは低引張材料と設定しており引張荷重によるクラックが考慮されている。クラックは限界引張荷重に達したとき主応力方向に対して垂直に発生する。また、ひずみ軟化も定義しているためクラックが発生しても応力はただちにゼロとはならない。圧縮応力に対しては応力-ひずみ関係を直線で近似している。以上の解析条件により、解析時間ステップ10 μ sの時刻歴応答解析を行う。また、応力分布の表示はモデルの左端、中央に用意した測定面A、Bにおいて行う。

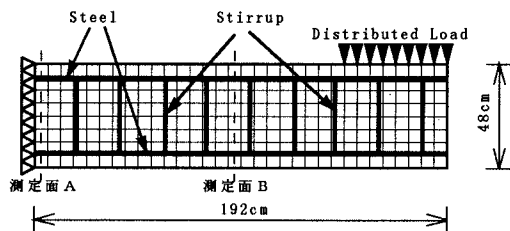


Fig. 1 解析モデル

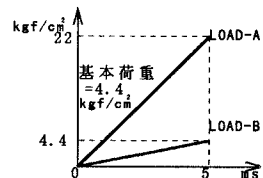


Fig. 2 荷重履歴

3. 解析結果

まず、破壊モードの違いとしてクラック発生分布をFig. 3に示す。Fig. 3(a)はLoad-Aを使用して解析したものであり、1.25msで上部中央にクラックが発生した。Load-Bを用いたFig. 3(b)は2.6msで橋脚基部にクラックが発生している。荷重速度の違いから、前者は押し抜きせん断破壊、後者は曲げ破壊と破壊モードが違っていることが分かる。

次に、Load-A使用時にクラック発生部位となっている測定面Bにおけるクラック発生直後の応力分布を表示したFig. 4を見ると、上部でクラック発生によって応力がそれ以上受け持たれなくなっていることがわかる。



Fig. 3(a) クラック発生分布 (LOAD-A) (1.4ms)



Fig. 3(b) クラック発生分布 (LOAD-B) (2.9ms)

LOAD-B使用時における解析でも同様の結果が得られた。ここで、部材内の応力波動伝播に着目してそれぞれの解析でクラックが発生した部位での曲げ応力分布を（LOAD-Aでは測定面B、LOAD-Bでは測定面A）表示する。なお、図中の黒帯は主鉄筋にかかる応力であり、コンクリート要素にかかる応力よりも大きいのでグラフ中より飛び出しているが図中にその大きさを示している。

双方とも応答初期には複雑な分布をしており応力の伝播が行き届いて分布が落ちつくまでFig. 5(a)では約0.1ms、Fig. 5(b)では約0.4msを要している。また、Fig. 5(a)は、応力分布が完全に引張と圧縮に分かれた分布となるときに、中立軸がやや上にあるが、Fig. 5(b)は中立軸を常に中央に保ち、対照図を描きながら引張と圧縮に分かれている。以上のように応力分布は場所によってそれぞれ違う履歴をたどっていることがわかる。

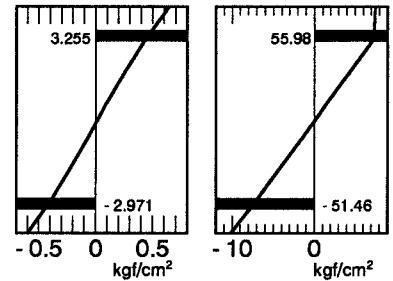


Fig. 4 曲げ応力分布

（左：0.5ms、右：クラック発生後）

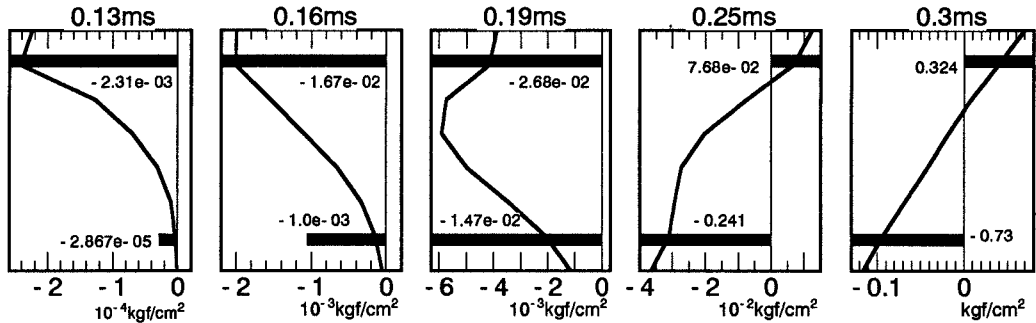


Fig. 5(a) 曲げ応力分布 (LOAD-A使用時: 測定面 B)

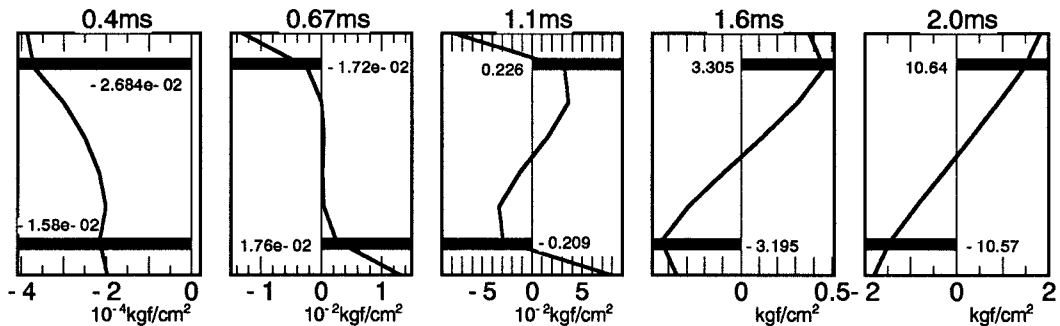


Fig. 5(b) 曲げ応力分布 (LOAD-B使用時: 測定面 A)

今回の解析では弾性域での応力分布を表示したが、もっと強くて速い衝撃荷重が加われば応力分布は更に複雑になると思われる。

参考文献

- 1) 日本マーク株式会社：ユーザーズマニュアル A編～E編, 1994
- 2) 角田、井藤、藤田：鉄筋コンクリートスラブの押し抜きせん断耐力に関する実験的研究、土木学会論文報告集、No. 229, pp. 105-115, 1974. 9