

I-B254

衝撃的突き上げを受けるRC橋脚模型の衝撃応答解析と 輪切り状ひび割れ破壊の原因究明について

防衛大学校 学生員 ○別府万寿博 正会員 香月智 フェロー 石川信隆
山口大学 正会員 宮本文穂

1. 緒言

1995年に発生した兵庫県南部地震では、RC橋脚の輪切り状ひび割れ破壊などのように破壊の原因が衝撃的上下動でも説明できる被害例がみられた。そこで著者らは¹⁾、先にコンクリート柱供試体に対する衝撃突き上げ実験を行い、衝撃的上下動によるコンクリート柱供試体の輪切り状ひび割れの再現に成功した。本研究は、衝撃突き上げを受ける段落し供試体を対象としてばね-質点系モデルによる数値解析を試み、実験結果のひずみ～時間関係をシミュレートして、輪切り状ひび割れの発生原因を究明しようとしたものである。

2. 実験の概要

衝撃突き上げ実験の概要は、図-1に示すとおりで、高速変形負荷装置によって載荷された入力側ピストンから油圧で出力側ピストンに力が伝達され、最終的に基盤上の供試体が上方向に強制変位を受け、急停止するものである。図-2に示すような円柱供試体には、約500kgfの重錘を上載してRC橋脚を模擬した。測定項目は、図-3に示すとおりである。

3. ばね-質点系モデルによる解析

3. 1 解析モデル

図-4(a)に示す供試体を図-4(b)のようなばね-質点系モデルで離散化した。各質点間は、供試体の断面にあわせて図-4(c)のようにコンクリートばねおよび鋼材(ボルト、鉄筋)ばねを並列させて接合した。ここで、コンクリートはパラボラ型を、鋼材については弾-完全塑性型の構成則を用いた。また、重錘と柱部分の接触部はボルトと固定用治具により固定しているが完全な剛接ではないため、その間にダミー要素(ばね係数 $k_D = \gamma k$, γ :ダミー要素低減定数, k :供試体の一質点系モデルにおけるばね係数)を導入して図-4(d)のようにモデル化した。

3. 2 解析基本式

衝撃的上下動の場合の運動方程式は図-5を参照すると通

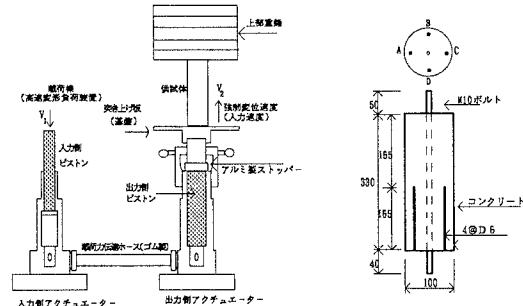


図-1 衝撃突き上げ実験
の概要

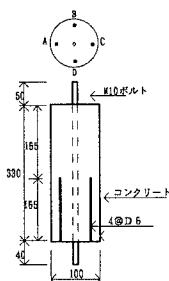


図-2 供試体の概要
(段落し供試体)

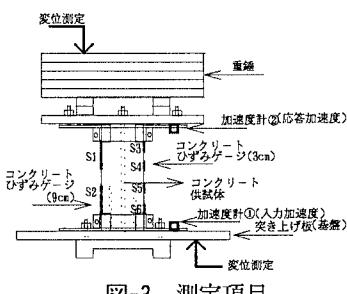


図-3 測定項目

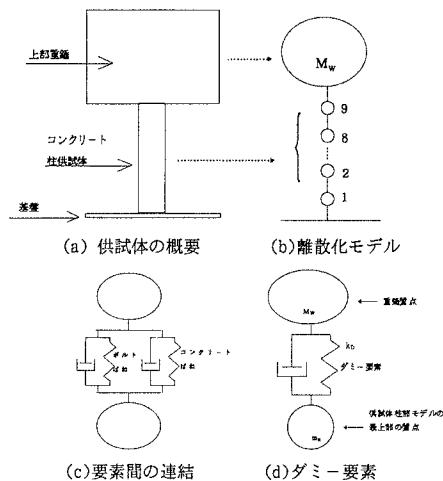


図-4 供試体の離散化

キーワード：衝撃的上下動、RC橋脚、輪切り状ひび割れ、ばね-質点系モデル

連絡先 〒239 神奈川県横須賀市走水1-10-20 TEL:0468-41-3810 FAX:0468-44-5913

〒755 山口県宇部市常盤台2557 TEL:0836-35-9951 FAX:0836-35-9951

表-1 解析に用いた入力データ

要素数	9	コンクリートの限界圧縮ひずみ($\times 10^{-6}$)	2200
質点数	10	コンクリートのひび割れ発生ひずみ($\times 10^{-6}$)	200
減衰定数(%)	7	鋼材の降伏ひずみ($\times 10^{-6}$)	1400

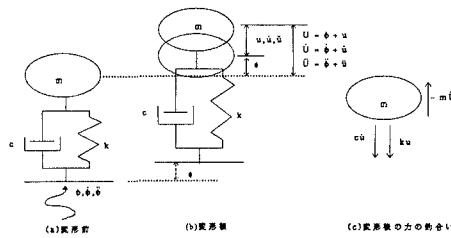


図-5 衝撃的上下動を受ける質点系の力の釣合い

常の水平地震応答解析の基本式と同様になり、これを数値的に各質点の変位を求めて、質点間の相対変位からひずみを算出した。

4. 計算結果および考察

入力データとして表-1のような値を用い、入力加速度 $\ddot{\phi}$ としては図-6(a)を用いた。また、これを積分すると図-6(b)のような入力速度が得られる。供試体柱部分は9要素に分割した。

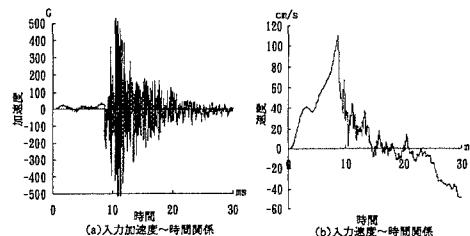
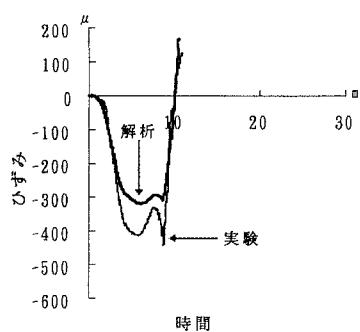
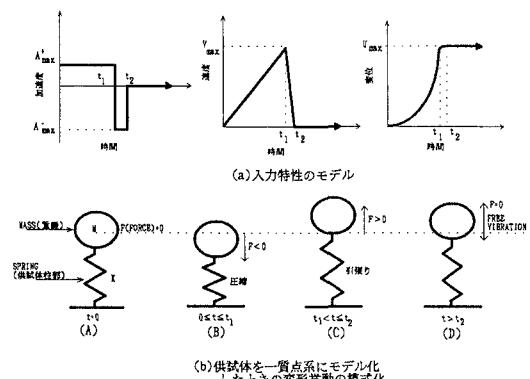
計算結果の一例として、高速(速度138cm/s)で突き上げた場合のひずみ(S4)～時間関係を図-7に示す。これは $\gamma = 0.2$ の場合で、実験結果をかなり良くシミュレートできている。ここで、図-6(b)の基盤の速度～時間関係と図-7の解析結果を比較すると、基盤が急停止する約8msまでひずみは圧縮であるが、以後急激に引張りに転じてひび割れを生じている。

5. 輪切り状ひび割れの発生原因

本解析結果の各ばねの時刻歴応答をみると、各ばねはほぼ同じひずみ応答を示しており、構造系として一質点系ばねモデルとみなせると仮定する。ここで、図-8(a)に実験から得られた基盤の加速度、速度、変位の特性モデルを、図-8(b)には基盤の挙動に対応した供試体の変形を一質点系ばねモデルで示す。すなわち、基盤が上昇する間($0 \leq t \leq t_1$)は供試体柱部分は圧縮力を受け、基盤が急停止する間($t_1 \leq t \leq t_2$)には急停止に伴う負の加速度により慣性力 F が上向きに発生して柱部分は引張り力を受ける。また、急停止後($t \geq t_2$)は時刻 t_2 における初期条件で自由振動するものと考えられる。よって、図-7は図-8(b)の引張り状態(C)に対応しており、これより写真-1のような輪切り状ひび割れが発生する原因となっていることがわかる。

参考文献

- 別府万寿博、香月智、石川信隆、宮本文穂：R C 橋脚の地震時輪切り状ひびわれ発生に関する実験的考察、第2回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp. 213-218, 平成9年1月。

図-6 解析に用いた基盤の入力加速度($\ddot{\phi}$)および速度($\dot{\phi}$)～時間関係図-7 解析結果と実験結果の比較
(高速突き上げ, $\gamma = 0.2$)図-8 突き上げ実験による変形メカニズムの概要
1)別府万寿博、香月智、石川信隆、宮本文穂：R C 橋脚の地震時輪切り状ひびわれ発生に関する実験的考察、第2回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp. 213-218, 平成9年1月。