I－B295

RC橋脚模型に対する大型衝撃突き上げ実験のシミュレーション解析

防衛大学校　学生員　○別府万寿博　西松建設　正会員　原田耕司
防衛大学校　正会員　香月智　ﾌｪﾛｰ 石川信隆

1．緒　言

兵庫県南部地震で損傷を受けたＲＣ橋脚の中に橋脚中央部の水平輪切り状ひび割れがみられた．この原因として衝撃的な上下動も考えられるとの指摘も多く，衝撃的上下動によるＲＣ橋脚の破壊に関して大きく波動論的立場と振動論的立場の二つの観点から実験的および解析的研究が行われている [1), 2)]．本研究は，RC 橋脚模型の下方向から飛翔体を衝突させる大型衝撃突き上げ実験のシミュレーション解析を行い，実験により発生した輪切り状ひび割れに与える応力波の影響について考察したものである．

2．実験の概要

図-1 に実験の概要を示す．供試体は，上部工を模擬した重錘約 5tf を上載し，取付け台に固定されている．この供試体の下から油圧ピストンにより 4.5tf の飛翔体を取付け台に衝突（最大速度 10m/sec）させることで供試体に衝撃荷重を載荷し，載荷後に取付け台はショックアブソーバー付ストッパーで機械的に元の位置に戻る仕組みになっている．また,コンクリート供試体は図-2 のような高さ 1.0m，直径 30cm の円形断面で，供試体は高さ半分に段落しを設けている．また，図-3 には供試体表面に貼付したひずみゲージの位置および加速度の測定位置を示す．

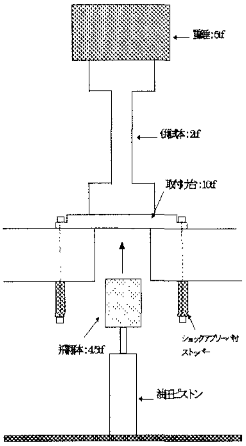


図-1　実験の概要

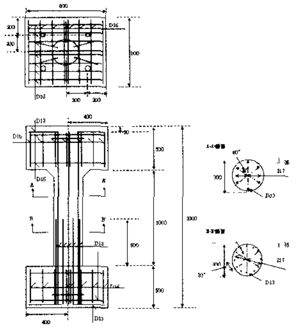


図-2　供試体の概要

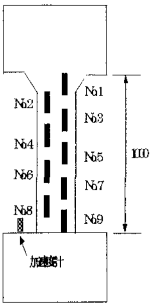
3．解析結果と考察

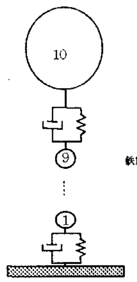
3．1　解析モデルと解析の基本式

解析モデルは，供試体を図-4 に示す 10 質点系モデルで離散化した．各質点間は，供試体主鉄筋の段落しを考慮できるように供試体の断面配筋にしたがって図-5 のようにコンクリートばねと鉄筋ばねを並列させて結合した．ここで，各ばねは弾性ばねとした．また，運動方程式は次式で表される．

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{u}} + \mathbf{C}\dot{\mathbf{u}} + \mathbf{K}\mathbf{u} = -\mathbf{M}\ddot{\phi} \qquad (1)$$

ただし，$\mathbf{M}$：質量マトリックス，$\mathbf{C}$：減衰マトリックス，$\mathbf{K}$：剛性マトリックス，$\ddot{\mathbf{u}}, \dot{\mathbf{u}}, \mathbf{u}$：それぞれ相対加速度，速度，変位ベクトル，$\ddot{\phi}$：入力加速度を示す．式(1)をニューマークの$\beta$法（$\beta$=1/6）を用いて解析を行った．





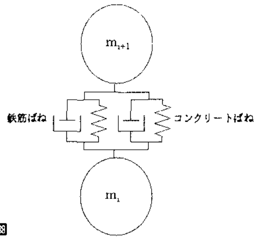


図-3 測定位置　図-4 解析モデル　図-5　質点間の連結

表-1　解析定数

コンクリートの弾性係数	2.0×10^{5}kgf/cm^2
鉄筋の弾性係数	2.1×10^{6} kgf/cm^2
計算の時間刻み	1.0×10^{-6}sec

3．2　実験結果との比較

解析には表-1 に示す解析定数を用い，図-6 に示す実験で得られた入力加速度を入力した．また図-7 にそれを積分した入力速度～時間関係を示す．なお，解析では減衰無しと減衰を 1％考慮した場合の比較も行った．

キーワード：衝撃的上下動，RC 橋脚，水平の輪切り状ひび割れ
連絡先：〒239-0811　神奈川県横須賀市走水 1-10-20　TEL：0468-41-3810　FAX：0468-44-5913

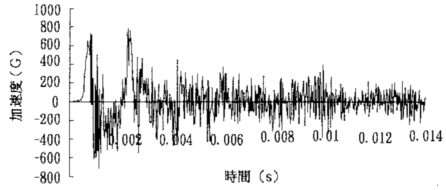


図-6　解析に用いた入力加速度

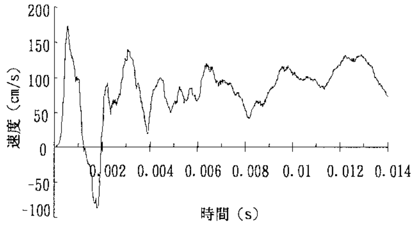


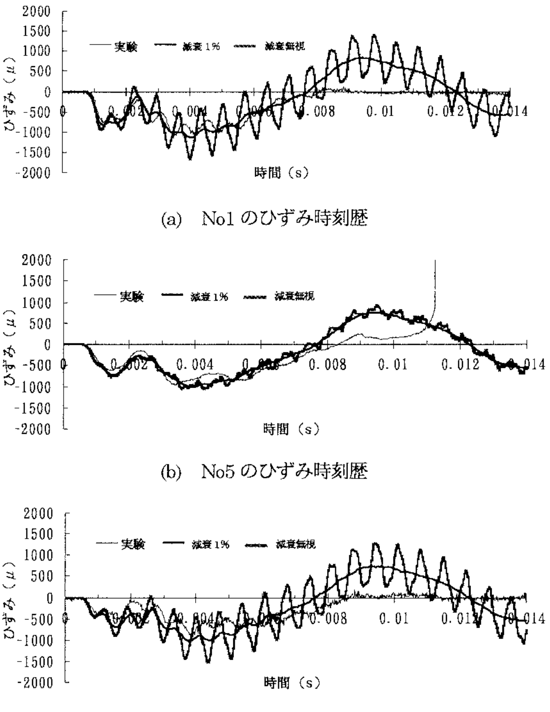
図-7　入力速度～時間関係（入力加速度の積分値）

(1)ひずみ～時間関係の比較

図-8 にひずみ測定位置 No1, 5, 9のひずみ～時間関係を実験結果と解析結果を比較して示す．これより，減衰を考慮しない場合は載荷当初に入力された応力波の影響が大きく，減衰を考慮した場合のひずみ値を中心にした等振幅の振動が確認できる．この振幅は最大で約 500 μとなり応力に換算すると約 100kgf/cm^{2}となる．これより応力波の算定式$\sigma = \rho c V$を用いて衝撃速度を求めると 140cm/s となり実験の最大速度とほぼ等しいことがわかる(図-7 参照)．一方，減衰を考慮した場合には載荷当初に応力波は減衰し，実験をよくシミュレートしていることがわかる．

(2)ひずみ分布の比較

図-9 は減衰を考慮したときの柱高さ方向のひずみ分布を示しており，解析値は実験をよくシミュレートしていることがわかる．また図-9(e)は，t=10.5ms の時の解析結果を拡大したもので，これにより段落し部でひずみの値が急変しており，この部分でひび割れが発生するものと思われ実験結果と対応している．以上より，軸方向に衝撃荷重を受ける柱部材は，載荷初期に大きな応力波が入射されるが，その応力波自体は減衰が大きく直接的な引張破壊を引き起こす可能性は小さいと考えられる．引張破壊のみに着目すると，応力波に起因する構造系の振動によって破壊が生じるものと思われる．

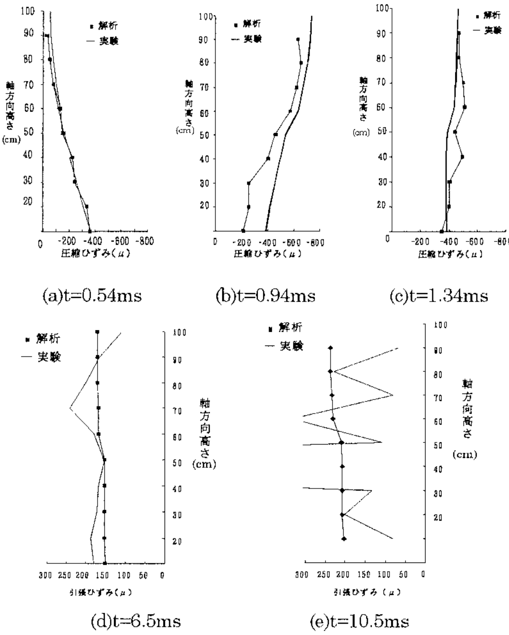


(a)　No1 のひずみ時刻歴

(b)　No5 のひずみ時刻歴

(c)　No9 のひずみ時刻歴

図-8　実験と解析の比較（ひずみ～時間関係）



(a)t=0.54ms　(b)t=0.94ms　(c)t=1.34ms

(d)t=6.5ms　(e)t=10.5ms

図-9　実験と解析の比較（ひずみ分布）

参考文献

1)大野友則，喜多龍一郎他：軸方向に衝撃力を受けるＲＣ円柱試験体の圧縮破壊メカニズムに関する実験的研究，土木学会論文集, No. 584/I-42, pp. 229-242, 1998. 1. 2)園田恵一郎，高田直俊他：水中線爆装置による衝撃破壊実験に関するシミュレーション解析，第4回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム論文集，pp. 257-262, 1998. 6.