

東海大学大学院 学生員 滝沢 進
 (株)千代田コンサルタント 正会員 木村修一
 東海大学工学部 正会員 近藤 博

1. はじめに

兵庫県南部地震では、数多くの鉄筋コンクリート及び鋼構造物が多大な被害を受けた。これらの破壊メカニズムについては不明な点も多く、RC柱の一軸圧縮型圧潰や中央高さにおける水平輪切りひび割れ、鋼柱の脆性破壊、鋼管柱の環状座屈などが観測された。これらのなかには、地震計では観測できないほどの高振動数の縦振動によって破壊したのではないかと考えられるものもある。本報告は、衝撃的地震動による破壊を弾性棒による衝突問題と考え、波動計測の問題点、変断面の影響、橋脚と境界条件等の影響を考慮して、破壊が生じる可能性について、コンピュータシミュレーション等により、基礎的検討を試みたものである。

2. 変断面での弾性波基本特性

図1は、模型による再現実験を弾性棒の衝突問題と考え、棒の縦衝撃による応力変動を理論値と実験値との相違をみるために準備した長さ1m、直径25mmの弾性体供試棒を示したものである。供試棒Aは、丸棒の中央部に半導体ゲージを貼付したものである。供試棒Bは、変断面の影響を明確に扱えるようにゲージ貼付部分の断面積比を1/5にしたものである。

実験は、打撃棒の直径25mmで、長さを変えたものを5種類、直径50mmで長さが20cmの1種類を、高さ30cmから自由落下させ、供試棒A、Bに応力を発生させた。そのときの応力波形をサンプリングタイム 0.05 μ sec でデジタル化し、コンピュータに取り込んだ。

図2は、供試棒に直径25mmの打撃棒を5段階に変化させたときの実験結果を示したものである。図から供試棒Aの理論波形は矩形を示すが、実験波形の立ち上がり時間は遅れることがわかる。そのため、理論上約20 μ secの波長を持つ5cmの打撃棒での波形は定常値に達していない。供試棒Bでは、打撃端に作用する力が供試棒Aと同一にもかかわらず、出力波形はだいぶ異なる様子がわかる。

3. シミュレーション方法の検討

図3は、供試棒Bでの計測波形と、供試棒Aでの計測波形が供試棒Bに入射したとして、重複反射理論を適用したシミュレーション波形を比較したものである。打撃棒の長さが20cmで直径を変えたものであるが、両図とも実験波形と計算波形が一致していることがわかる。よって、このような衝撃問題は重複反射理論を用いて検討できることが明らかになった。また、打撃棒の面積により、出力波形が大きく変化することもわかる。このことは、応力入力面でのインピーダンス比を考慮することの必要性を示唆するものである。

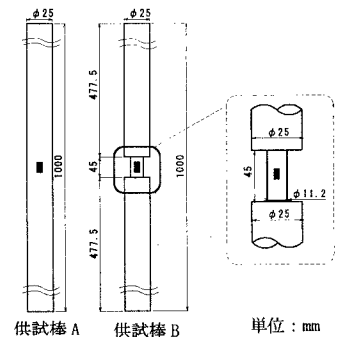


図1 供試棒の詳細図

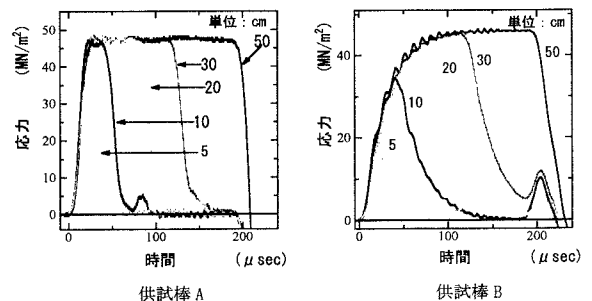


図2 打撃棒長と出力波形

キーワード：衝撃的上下動，数値解析，境界条件

連絡先：〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117 TEL・FAX 0463-50-2169

4. 橋脚モデルのシミュレーション

図4は、橋脚の解析モデルを示したものである。このモデルに、衝撃的な縦揺れを想定し、振幅1の正弦波(図5)を入射した¹⁾。その周波数は、地震計で観測できないほどの高振動数の地震波があったという意見等から、1Hz から 1kHz とした²⁾。また、モデル下面のインピーダンスを考慮して反射係数 α を3段階に変えて計算を行った。

図6にシミュレーション結果を示す。比較位置は、RC 橋脚の中央高さにおける水平輪切りひび割れや煙突の中間部での損傷などを考え、モデルの中央部で行った。グラフの縦軸は、入射応力の大きさ1に対する倍数值である。 α が1, 0 のときは、各周波数ごとにそれぞれ、同じような傾向を示している。また、周波数が50Hz のとき、0.07sec 付近で大きな引張応力がでている。 α が-1 のときは、波長が短くなるにつれて圧縮、引張応力ともに大きくなり、周波数100Hz 付近で最大になっていることが分かる。また、周波数100Hz 以上になると、応力値は下がる傾向にある。実際の構造物の下端部での反射係数 α は-0.5 前後になると推定されるが、入射応力の大きさは1であるので、進行波と後退波の重ね合わせにより圧縮、引張応力ともに大きな応力が発生することが分かる。また、今回の橋脚モデルでは、周波数100Hz 前後の衝撃波が入射された場合、小さな応力でも圧縮、引張応力がともに大きくなることが考えられる。

5. まとめ

本報告は、衝撃的地震動による破壊を弾性棒による衝突問題と考え、基礎的衝撃シミュレーション計算と実験を実施した。その結果、以下のことが分かった。

- 1. 橋脚の破壊メカニズムは、重複反射理論を用いたシミュレーション計算で検討できる。
- 2. 短い周期の衝撃的な縦振動がおきた場合、波の重ね合わせにより、入射応力と比較し、圧縮、引張応力ともに大きな応力が発生する。
- 3. 橋脚のような形状の構造物は、大きな応力が発生するので、形状の検討が必要と思う。

参考文献

1) 西尾研二・竹宮宏和：衝撃的地震動による RC 構造物の引張破壊へのコンピュータ・シミュレーション，土木学会第 53 回年講，I -B198，pp396-397，1998. 10
2) 泉 博充：見逃されている衝撃的地震，土木学会誌，Vol. 80, 11pp. 38，1995

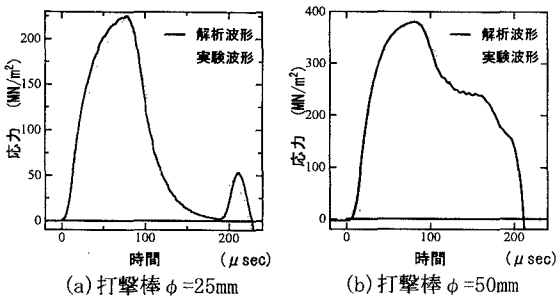


図3 実験波形と解析波形の比較

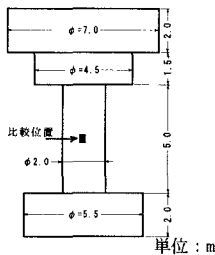


図4 橋脚モデル

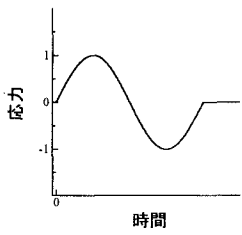


図5 入力波形

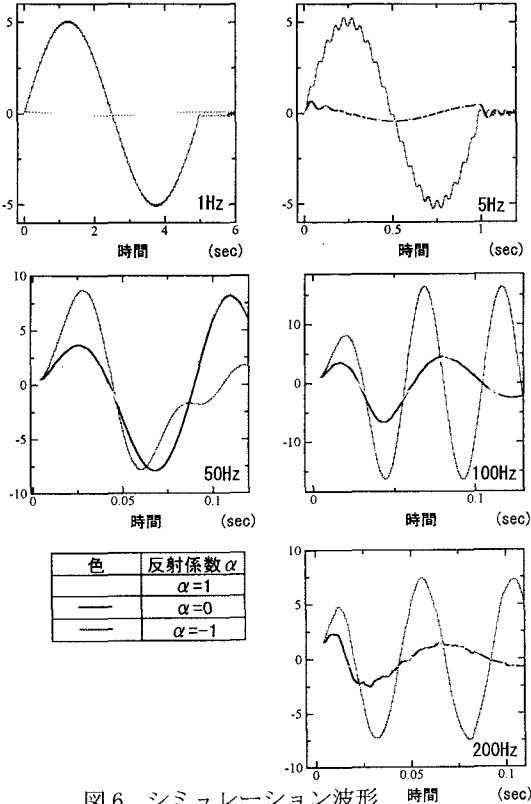


図6 シミュレーション波形