

I-B 401 曲げとせん断を考慮したRC橋脚の動的弾塑性応答解析

北見工業大学 学生員 石川 義樹 北見工業大学 フェロー 大島 俊之
 北見工業大学 正 員 三上 修一 北見工業大学 正 員 山崎 智之
 八千代エンジニアリング 正 員 小倉 裕介

1. はじめに

強い地震動を受けるRC橋脚は橋脚基部及び段落し部においてコンクリートのひび割れや鉄筋の降伏、更にこれらに起因する鉄筋の座屈を伴ったはらみだし等の被害が発生する。最近では兵庫県南部地震において同様の被害を受けた橋脚が多数報告されており、同地震の特徴である大きな鉛直方向の地震動が橋脚の被害に大きく関与しているようである。また1982年の浦河沖地震から注目されていた段落し部の被害も今回の地震において報告されており、今後の地震においても同様の被害が発生することが十分に予想される。著者らはこれまで、1993年の釧路沖地震により橋脚段落し部に被害を受けた依田橋橋脚の曲げによる動的非線形振動解析¹⁾を行いその被害を数値計算により追跡してきたが、本研究では更に各断面の降伏判定による断面性状の評価及び曲げとせん断を考慮した動的弾塑性振動解析を行い、橋脚の挙動よりその被害の状態を数値計算上で追跡することを目的としている。

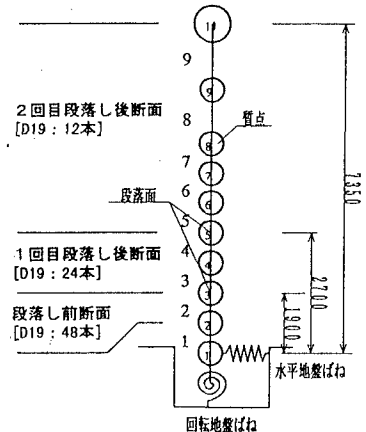


図1 解析モデル

2. 動的応答解析

2.1 解析モデル 依田橋橋脚はT型円形橋脚であり2段階に段落しが施されている。同橋脚を図1のように9分割の離散質点系はり要素にモデル化し、地中の質点には地盤ばねを配した。橋軸直角方向の支承及び橋脚上部工からの変位拘束効果を考慮せず上部工に相当する質点は自由端として解析を行った。また、履歴復元力の算定は図2、図3の曲げモーメント-曲率曲線モデル及びせん断応力-せん断ひずみ曲線モデルを用いて行った。

2.2 解析結果 前述した橋脚モデルの運動方程式を組み、Wilsonの θ 法 ($\theta=1.4$) を用いて逐次積分を行った。入力波形はI種地盤時刻歴応答解析用標準波形（最大入力加速度102gal）を1, 2, 4倍したものを入力して解析し、本論文では入力波形を2倍にしたもの（最大入力加速度204gal）を中心に考察する。図4、図5は各段落し部の曲げモーメント-曲率曲線、せん断応力-せん断ひずみ曲線の履歴を示す。両グラフとも2回目段落し部において強い非線形性を示し、2回目段落し部の塑性化が卓越する結果を得た。これは釧路沖地震による実際の被害状況に近い結果であり、数値計算による段落し部の破壊を比較的良好に示すことができたと言える。図6は無次元化したせん断力と曲げモーメントのプロットによる各段落とし部の降伏判定の結果である。図に示す降伏判定円より外に位置すると断面が塑性化したことを示す。2回目段落し部において塑性化し、1回目段落し部では弾性域にとどまっていることから

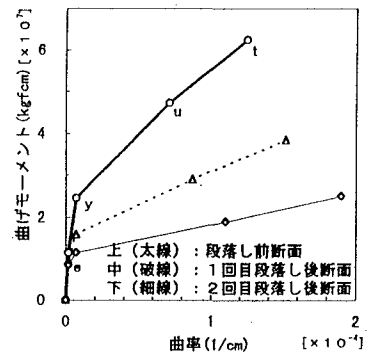


図2 曲げモーメント-曲率曲線モデル

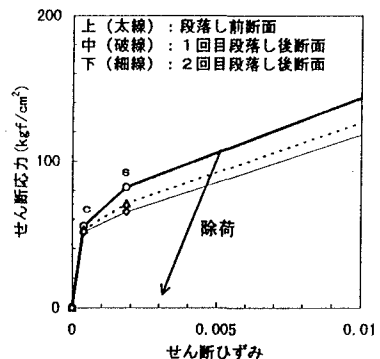


図3 せん断応力-せん断ひずみ曲線モデル

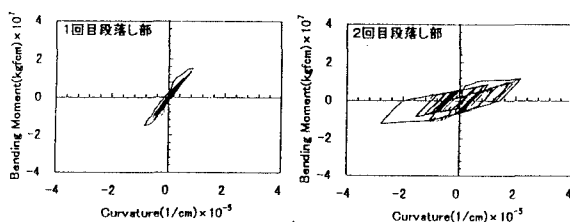


図4 曲げモーメント-曲率曲線（204 gal）

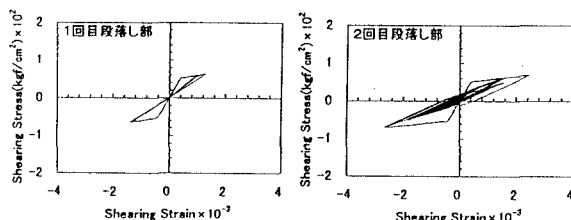


図5 せん断応力-せん断ひずみ曲線（204 gal）

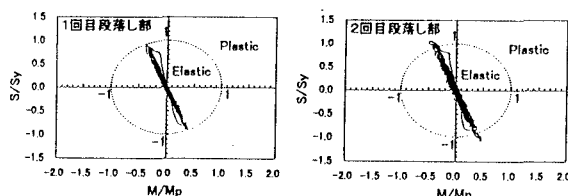


図6 各段落し部の降伏判定結果（204 gal）

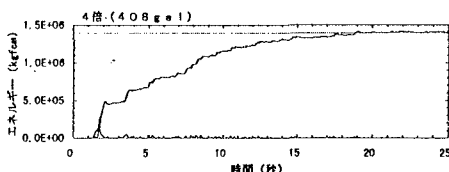
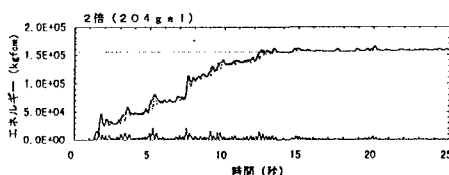
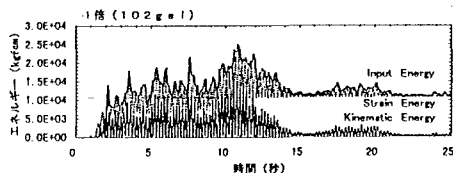


図7 時刻歴エネルギー応答（102～408 gal）

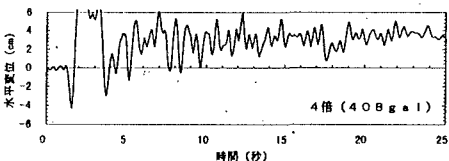


図8 自由端の時刻歴水平変位応答（408 gal）

先の図4・図5と同様に2回目段落し部の塑性化が卓越した実害に近い断面性状を評価している。また断面が降伏したグラフに着目するとその履歴の傾きから曲げよりせん断の影響で降伏に至る傾向にある。図7は時刻歴エネルギー応答（上より総入力・ひずみ・運動エネルギー）の結果を示す。ひずみエネルギーの蓄積は解析開始より約2秒後に急激に増加することから橋脚の塑性化がこの時点で始まっている。また入力加速度が2倍になる毎に履歴吸収エネルギーは約10倍ずつ増加しているが、本解析モデルでは材料の繰り返し降伏による劣化等はモデル化していないため、入力加速度と履歴吸収エネルギーの規則的関係が得られたと考えられる。図8は入力波形を4倍にしたもの（最大入力加速度408gal）の自由端における時刻歴水平変位応答を示す。最大水平変位は11.6 cmに達し残留変位も3.3 cm確認できる。応答結果から橋脚が傾きながら振動していることも把握できる。

3. まとめ

以上、本論文では釧路沖地震で実際に被害を受けた依田橋橋脚の曲げとせん断を考慮した動的非線形振動応答解析を行い、数値計算上で破壊の追跡を行った。本解析で得られた結果を以下にまとめる。

- (1) 標準波形を2倍した波形（最大入力加速度204gal）を入力すると実際の被害により近い結果を得た。これにより依田橋橋脚の被害の追跡を行うことができ、段落し部が構造的弱点となっていることを示した。
- (2) 断面の降伏判定により各段落し部の断面性状の評価を示すことができた。これにより解析に用いた橋脚においては降伏時には曲げよりせん断の影響が大きいと考えられる。

参考文献

- (1) 小倉、杉浦、大島、石川、三上、佐藤：段落し部を有する鉄筋コンクリート橋脚の強震時非線形振動特性，第50回土木学会年次学術講演会概要集，第I部(B)，pp. 1708～1709，平成7年9月
- (2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説IV 下部構造編，平成2年2月
- (3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説V 耐震設計編，平成2年2月