

日本道路公団 正会員 ○松本正人
神戸大学工学部 正会員 森川英典

神戸大学大学院 学生員 花川和彦
神戸大学工学部 フォロー 高田至郎

1. はじめに:兵庫県南部地震によって、多くの土木構造物が甚大な被害を受けたことをきっかけに、既存土木構造物に対する耐震診断・耐震補強の必要性が各機関で議論されている。土木学会耐震基準等検討会議では、文献1)において耐震診断と耐震補強の考え方とその基本方針を示しており、ここでは、土木構造物の耐震診断は簡易な方法による「一次診断」と詳細な検討を必要とする「二次診断」の二段階で行うことなどが述べられている。著者らは、兵庫県南部地震によって被災した高架橋梁のデータをGISデータベース化し、様々な角度から被災要因の分析を行ってきたが、本稿では、この結果を利用して耐震診断の一次診断に対応した橋梁耐震診断プロセスを構築した結果について述べる。

2. 耐震診断の基本方針:本研究における耐震診断²⁾は、土木学会耐震基準等検討会議により提唱されている土木構造物に対する耐震診断の基本方針¹⁾を受け、とくに道路橋に対する耐震診断を行うためのものである。文献1)に示された方針では、地震被害を受けていない既存の構造物を適用範囲としているのに対し、本研究では、さらに地震被害を受けた構造物、耐震補強を施した構造物の将来の材料劣化をも考慮した総合的な維持管理対策を鑑み、データベースの設計段階からこれらの要因を組み入れている。また、本研究での耐震診断は、兵庫県南部地震における被災データに関する統計分析結果を根拠として、土木学会ではまだ具体化されていない一次診断のプロセスを確立し、できる限り精度の高い簡易診断法の提案を行うものであり、「レベル2地震動に対応した一次診断」と位置付けられるが、考慮する地震動強度に段階を設けることによって、耐震診断プロセスをレベル1地震動にまで拡張することも考えている。なお、耐震診断の結果、多種多様な属性を有する橋梁構造物は、「①補強の必要があるもの」、「②二次診断の必要があるもの」、「③補強の必要がないもの」の三種類に分類される。

3. 橋梁耐震診断プロセスの提案:本研究では、橋梁の耐震性を確保するためには、「上部構造の落橋」、「橋脚の崩壊」、「基礎の損傷」の三種類の破壊形態を確実に防ぐことが必要であると考えている。本稿では、この中でもとくに橋脚の耐震診断プロセスについて述べる。図-1は、データベースを用いて橋脚の被災要因に関する多変量分析を行った結果、橋脚の被災度に対して支配的であると特定された「準拠示方書」、「橋脚形式」、「橋脚材料」の各要因を用いて橋脚をグループ化するフロー図である。まず、診断の最初の段階で、補強済み橋脚と昭和55年以降の道示に準拠した橋脚については「③補強の必要なし」と判定し、また、昭和46年の道示に準拠した橋脚については、段落としを有するRC単柱橋脚のみが「②二次診断の必要あり」と判定されるようにした。さらに、昭和39年の道示に準拠したものについては、橋脚材料と橋脚形式の各要因によってさらに分類され、この段階において、補強の要否が決定するもの、二次診断が必要なもの、形式別検討に進むものにそれぞれ分類される。さらに、形式別検討として昭和39年の道路橋示方書に準拠したRC単柱橋脚を、予想される破壊モードを基準として分類するフローを図-2に示す。また、図-2のフロー図によって分類されたグループごとに、気象庁震度階5⁺から震度階7の各震度階域における橋脚の被災確率を算出した結果を表-1に示す。なお、震度階の値は本研究室において平成7年度に阪神地域（神戸市、明石市、西宮市、尼崎市および宝塚市）と淡路島において実施したアンケート調査により算出された「アンケート震度」³⁾を気象庁震度階に換算した値を用い、被災確率は、全体の橋脚数に対するA判定以上の被災（撤去、再構築が必要）を受けた橋脚数の割合で定義した。

また、グループC-csにおいては、橋脚の固有振動数と地盤の卓越振動数に関連して、河成平野と呼ばれる地形分類においてとくに被災度が大きくなっていることから、とくにこれらを分類することにした。表-1より、

Masato MATSUMOTO, Kazuhiko HANAKAWA, Hidenori MORIKAWA, Shiro TAKADA

いずれのグループにおいても震度階5⁺においては大被害が生じていないが、震度階6⁻になると大被害を受けた橋脚が存在し、基部でのせん断破壊が予想されるグループR-bs以外のグループでは、震度階によって表現できる地震動強度と橋脚の被災確率に有意な相関性があることが判る。グループR-bsにおいては、これらの橋脚の多くが連続桁の下や交差点を跨ぐ部分といった、上部構造の慣性力が大きくなる部分を支える箇所に位置しているため、主鉄筋の増加などによって橋脚の曲げ強度を大きくした結果、相対的にせん断耐力に対する余裕度が小さくなったことが被災度を大きくした原因であると考えられるため、地震動強度よりもむしろ上部構造の条件などの構造条件が支配的な要因になると考えられる。表-1の結果を用いれば、耐震診断において地震動強度を設定して、各グループごとの被災確率から、耐震補強の優先順位を決定することができる。なお、設定する地震動強度の指標を、気象庁震度階のレベルで離散的なカテゴリとして与えた根拠は、地震動強度の予測に伴う不確定要素の影響が耐震診断の精度そのものの低下につながることを避けるためである。今後、さらに構造条件や地盤条件などによってグループ分けを細分化し、被災度を縦軸、地震動強度を横軸に設定して、グループごとに各震度階域での被災度を予測する損傷確率(Damage Probability)マトリックスを作成し、耐震補強の優先順位付けを行うための情報を提示する方針である。

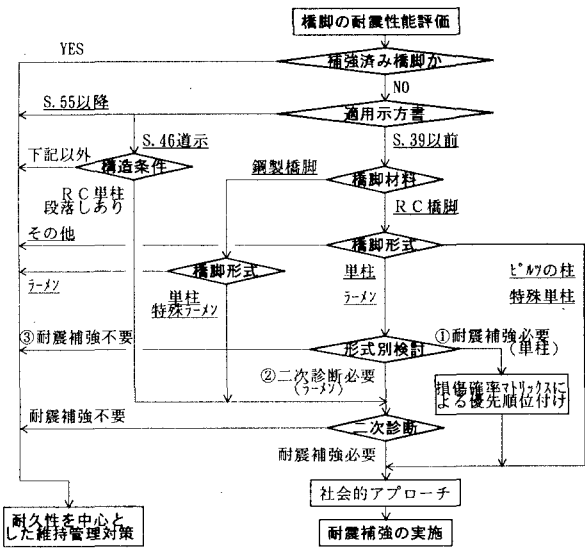


図-1 支配的要因を用いた橋脚の耐震診断フロー

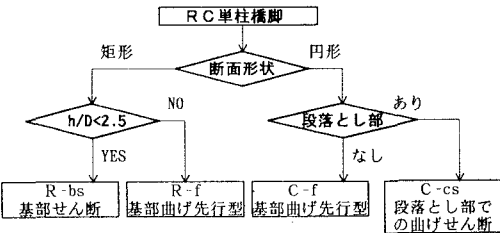


図-2 RC単柱橋脚のグループ化

表-1 震度階別橋脚被災確率（A判定以上）

気象庁震度階	C-cs(河成平野)	C-cs(その他)	R-bs	C-f + R-f
震度階5 ⁺	0/ 3(0%)	0/23(0%)	0/ 1(0%)	0/ 1(0%)
震度階6 ⁻	2/ 3(67%)	1/ 9(11%)	2/ 3(67%)	7/ 46(15%)
震度階6 ⁺	15/28(54%)	5/ 9(55%)	6/29(21%)	5/176(9%)
震度階7	7/ 9(78%)	8/17(47%)	0/ 3(0%)	5/ 22(23%)

4. まとめ:本稿では、著者らが構築した兵庫県南部地震における被災橋梁のGISデータベースを統計的に分析した結果に基づいて、橋梁耐震診断の一次診断のプロセスを構築した結果を述べた。橋脚の耐震診断として、まず準拠示方書などの支配的要因を用いて分類を行い、さらに形式別検討としてRC単柱橋脚の耐震診断プロセスを提案した。今後、構造・地盤条件ごとに、損傷確率(Damage Probability)マトリックスを作成し、橋脚の耐震補強の優先順位付けを行うための情報を提示する方針である。

参考文献

- 1)土木学会耐震基準等検討会議：土木学会耐震基準等に関する提言集，PP. 19～22，平成8年5月20日
- 2)松本正人，森川英典，高田至郎，花川和彦：GISを用いた兵庫県南部地震における橋梁の被災要因分析と耐震診断のシステム化，第2回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集，PP. 227～234，平成9年1月
- 3)高田至郎・嘉嶋崇志ら：兵庫県南部地震におけるアンケート震度分布とその特性，平成8年関西支部年次学術講演会，PP. 1-2-1～1-2-2，平成8年5月15日