

神戸大学工学部 フェロー会員 高田至郎 神戸大学工学部 正会員 森川英典
 神戸大学大学院 学生員 ○松本正人 神戸大学大学院 学生員 花川和彦

1. はじめに：兵庫県南部地震により多くの橋梁構造物が甚大な被害を受け、それらの被災メカニズムに関する考察が各機関より報告されている¹⁾。本研究室では、兵庫県南部地震で被災した橋梁の橋脚位置と被災データを地理情報システム(GIS)に入力し、地盤条件も考慮に入れた橋梁の被災要因についての考察を行ってきた。本稿は、これらの結果を基にして、今回被災しなかった橋梁も含めて、耐震性の低い橋梁の特定を行い、相当数におよぶと思われる補強対象橋梁に対して、その優先順位を付けるためのシステムの構築を行うものである。

2. 本研究のデータベース：本研究においては、橋梁を下部構造、上部構造、支承部分からなる一つのシステムと考え、その耐震性能を総合的に評価することを目的としており、データを図1に示すような単位で管理し、各部材についてのデータをデータベース内でリレーションを設定することによって結びつけている。このように、各部材間の関連を考慮して高架橋の耐震性を総合的に判定する考え方は、文献2で紹介されているが、本研究は橋梁の耐震性を評価する単位という点で、基本的には文献2と同じ立場をとる。

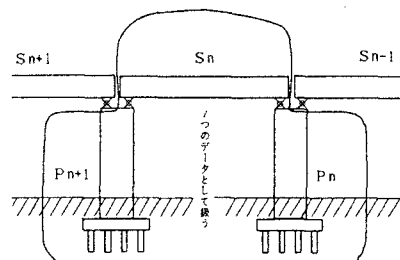


図1 橋梁属性データ管理の単位

3. 本研究のフロー：図2に本研究のフロー図を示す。まず過去の震害経験、既往の耐震診断法を調査し、耐震診断に必要な項目を選定する(①②)。次に、兵庫県南部地震による被災データをそれらの項目について収集し、GISを用いて被災要因の定性的な分析を行い、要因の整理、統合などを行う(③④⑤)。また、これと平行して、地震工学の専門家、橋梁の管理者、復旧に関わる施工担当者を対象として、橋梁の耐震性能に影響を与える要因についてのアンケート調査を行い、データ分析からでは把握できない要因についても考慮し(⑥⑦)、これらの結果をあわせて耐震診断項目を階層構造化する。このようにしてできたツリー図をもとに、今回集めたデータを定量的に分析し、これらの結果をもとに耐震性に劣る橋梁を選定し(⑧)、橋梁が被災した場合の避難、復旧活動に与える社会的影響度も考慮に入れ(⑨)、最終的に耐震補強を行う橋梁の優先順位付けを行う(⑩)。

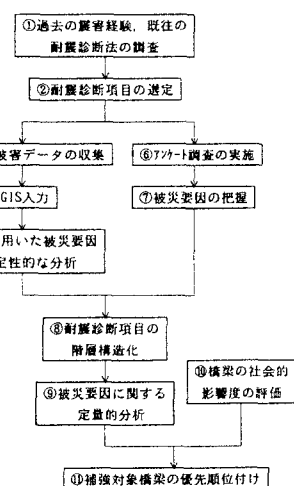


図2 本研究のフロー図

4. 本研究での耐震診断システムの特徴：従来の橋梁の耐震診断法²⁾では、チェック項目として上部構造の条件や地盤条件、基礎構造、橋脚の構造条件などを考慮しており、おもに橋脚の耐震性能、液状化による下部構造の変位、落橋防止構造などを中心に点検している。また、既往の地震、今回の兵庫県南部地震による通行規制の原因を調べてみると、下部構造躯体の損傷によるものが最も大きいものの、その他に上部工主部材の損傷、支承部の損傷によるものも少なくないことがわかり、地震による橋梁の機能の損失は、橋脚の破壊のみでは評価することはできない。そこで本研究では、橋脚以外の部材の損傷についても考慮し、各々の部材の被災度に影響を与える要因を特定し、橋梁全体系としての耐震性診断を行うことにした。図3は、本研

Shiro TAKADA, Hidenori MORIKAWA, Masato MATSUMOTO, Kazuhiko HANAKAWA

究での耐震診断システムのイメージ図を示したものである。本研究で考える耐震診断は、詳細な構造計算を必要としない1次診断であり、膨大な数の補強対象橋梁間に相対的な優先順位を付けることを目的としている。入力、データベース形式の属性データであり、各部材ごとに耐震性能を評価し、橋梁の構造的な耐震性能と社会的影響度を総合的に判断し、補強対象橋梁の優先順位を出力する。さらには、橋脚位置のデータをGISにプロットし、診断結果を視覚的に表現することも効果的であると思われる。

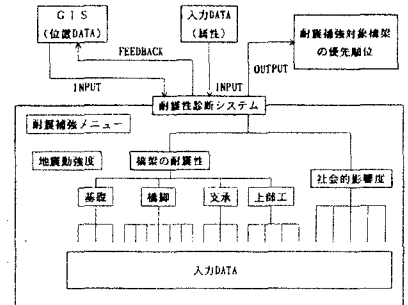


図3 本研究での耐震診断システムのイメージ図

5. 定量的な分析：上記の手順で階層構造化したツリー図をもとに、兵庫県南部地震の被災データを定量的に評価する。なお、分析に際しては、兵庫県南部地震により被災した高架橋のデータについて、数量化理論Ⅱ類を適用した。本稿では、一例として橋脚被害についての定量的な分析結果を報告する。図4は、橋脚の耐震性を評価するためのツリー図を示したものである。橋脚の被災度の大小には、様々な要因が影響を及ぼすと考えられるが、それらを図4中の中間層の部分の4つの要因に分類した。このツリーに従って橋脚の被災要因を定量的に評価していく。表1、表2は、それぞれ下部構造支持条件、橋脚構造条件に着目した場合の橋脚の被災状況との関係を示したものである。表1より、地形分類の後背低地が被害を大きくしている原因となっており、さらに支持地盤が不均一のものは被害が大きくなることが判る。さらに、表2より、コンクリート製で円形の橋脚、S.39の道示を用いた橋脚、ピルツ・特殊単柱橋脚、脚長の長い橋脚が今回大きな被害を受けたことが判る。ただし、これらの結果は今回集めたデータについてのものであり、今後データ数が増えればさらに実際の被害状況と数量化の結果の一致度が上がると思われる。また、これらの結果を利用して、橋脚の破壊はどのような要因が重なったときに発生するのかなどを詳しく調査するとともに、架設地区の地震動強度をパラメータに加えた考察も行う予定である。

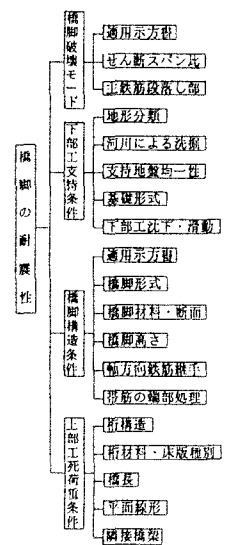


図4 橋脚の耐震性を評価するためのツリー図

6. まとめ：本研究では、兵庫県南部地震により被災した橋梁のデータを用いた定量的な分析結果をもとに、高架橋の耐震性を評価するためのシステムの概念について述べ、さらにその根拠となる橋梁の被災要因の定量的な分析結果の一例を示した。今後は橋齢の高い老朽化した橋梁について、耐久性の劣化に対する補修・補強計画とも併せて、総合的な維持管理対策を行っていくことが望ましいと思われる。

表1 下部構造支持条件

項目	属性	例数	Lat. Score	範囲
支持地盤	均一	368	-0.06888	0.88658
不均一		31	0.81770	
基礎形式	直接基礎	7	-0.02663	0.05828
	パイル基礎	0	-0.02663	
	既設杭	25	-0.05409	
	場所打ち杭	367	0.06419	
	井筒基礎	0	-0.02663	
地形分類	後背低地	84	1.87893	2.65000
	天井川	11	-0.08604	
	砂州	139	-0.48607	
	人工改変地	19	-0.64060	
	沿岸低地	85	-0.32217	
	三角州			
	その他	61	-0.81307	
外的基準 (被災度)	A	24	1.49905	
	B	37	0.47861	
	C	47	0.38556	
	D	118	-0.42647	
		173	-0.12418	

表2 橋脚構造条件

項目	属性	例数	Lat. Score	範囲
橋脚材料	鋼製	33	0.01628	0.73415
断面形状	鋼製、円形	128	0.40367	
	鋼製、矩形	522	-0.10164	
	Co製、円形	342	0.13585	
	Co製、長方形	138	-0.33049	
適用示方書	S.39道示	937	-0.12123	0.62385
	S.46道示	226	0.50262	
橋脚形式	単柱式橋脚	758	0.14387	7.48981
	特殊単柱式橋脚	74	-1.10062	
	パイロ橋脚	245	0.17172	
	びわの柱	17	-6.81951	
	その他	69	0.67830	
橋脚高さ	9m未満	345	0.36250	0.53551
	9m～13m	561	-0.14367	
	13m以上	257	-0.17301	
外的基準 (被災度)	A	69	2.05197	
	B	96	-0.23708	
	C	103	-0.08055	
	D	363	0.24952	
		532	0.15428	

参考文献) 1)例えば、兵庫県南部地震道路橋震災対策委員会：兵庫県南部地震における道路橋の被災に関する調査報告書、H.7.12

2)藤野ら：高架橋システムの最適損傷配分評価に関する試み、阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集、土木学会、pp.545～550、H.8.1

3)日本道路協会：道路震災対策便覧（震前対策編）、S.63.2