

神戸大学工学部 フォロー会員 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 〇花川和彦

1. 研究の目的：兵庫県南部地震では多数の橋梁構造物、とくに旧基準で設計された橋梁構造物において甚大な被害を受けた。これを受けて設計基準の見直しと耐震補強の早期の実施が必要とされている。この耐震補強を効率的に行うための耐震診断システムの策定に向けて、膨大な数にのぼる既存橋梁の円滑なデータベース化、地域の特性を考慮した地震防災対策、そして兵庫県南部地震における橋梁構造物の被害の実態の把握等が求められている。本研究は、GIS（地理情報システム）を用いることにより、効果的に橋梁の属性データを管理し、被災要因の相関性について統計的に分析・検討を行ったものである。

2. データの構成：本研究では、橋梁の耐震安全性を評価するためには橋梁を各構造要素からなる1つのシステムと捉え、要素間相互の連関に着目する必要があると考えた。そこでGISのデータベース内でリレーションを設定することによりデータを管理することにした。図-1に概念図を示す。この管理手法の特徴は、複雑に関連する多数の属性データを部材ごとに個別に管理し、さらに分析に際しても組み合わせを管理する総合テーブルにより、連動させて各部位のデータを任意に抽出、統合することができるところにある。本研究では、兵庫県南部地震で被災した高架道路のデータを使用し、データベース内で橋梁の構造細目に関して分析を行い、さらにGIS上に橋脚地点をプロットし、橋梁に地域特性的なデータを付加することにより地盤条件からも被災要因を探るものとする。

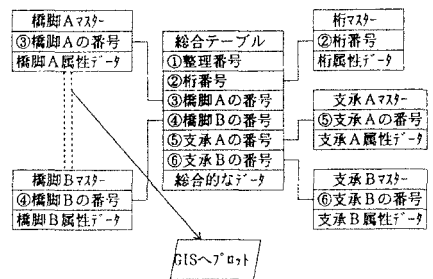


図-1 データ管理手法の概念図

3. 橋梁構造細目に関する分析：以下に上記手法による分析で考察された結果を示す。

①橋脚の被害について・・・橋脚の靱性に影響すると考えられる構造細目に関しては、まず“段落とし”されている橋脚で被害が甚大であった。さらにせん断スパン比と破壊モードの関係を図-2に示す。各破壊モードのせん断スパン比の平均値は、中間部曲げせん断で3.81、下部の曲げ、せん断、曲げせん断はそれぞれ3.0、2.87、2.72である。これらのことよりせん断スパン比が小さい範囲では下部のせん断モード、それよりやや大きい範囲では下部の曲げ、3.0を越えると段落としが施されているものが増え、中間部で曲げせん断破壊に至っていることがわかる。軸方向鉄筋の量等他にも要因が挙げられるが、せん断スパン比は段落としの有無と併せて橋脚の靱性の確保に関して重要な指標である。また大きな支間長の上部工や連続桁で多用されている非合成床版を支持する橋脚で被害の傾向が強く、上部の構造条件が橋脚被害に影響を与えることがわかった。

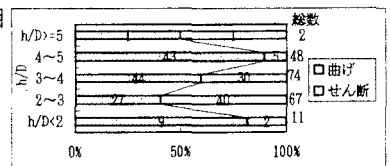


図-2 せん断スパン比と破壊モードの関係

②支承および上部工の被害について・・・支承形式別の被害傾向を検討の結果、可動支承ではローラー支承、固定支承ではピン支承で顕著な被害を受けていることがわかった。その原因として高架道路で使用されているその他の線支承、支承板支承が平面的であるのに対しローラー支承は背が高く、さらに両形式ともスパン50m以上の比較的大規模な橋梁および連続桁の中間支点で使用されていたことから、想定よりも大きな慣性力および変位が生じたものと考えられ被害を拡大したと推測できる。上部の被害を桁構造別に比較すると落橋箇所は少ないものの単純桁に比べ、連続桁で被害傾向が強いことがわかった。

③連続桁について・・・連続桁で上部工の被害傾向が強く、さらに支承や橋脚の被害にも関連性があると考え

Shiro TAKADA, Hidenori MORIKAWA, Masato MATSUMOTO, Kazuhiko HANAKAWA

られることから、まず連続桁の支承条件による支承被害の関係を検討したが、被害傾向の強い連続桁の支承でもさらに地震力の集中する固定支承で被害が甚大であることが知られた。さらに連続桁の中間支点の固定支承下の橋脚も被害傾向が強いことがわかった。旧基準で設計された連続桁橋は耐荷余力のバランスの面から連結部位および橋脚に被害を受ける可能性があると考えられるが、橋梁構造システムの冗長性、経済性の面から桁の連続化が求められており、その際反力分散支承などの採用による橋梁システム全体のバランスの確保という点に注意を払う必要がある。

4. GISによる地盤特性に関する分析：GISを使用した地盤特性に関する分析について以下に述べる。

①地形分類と橋脚被害の関係・・・本分析データは全線にわたり、概ね沖積層上を通過する。しかしながら神戸市域では東灘区から中央区にかけて海岸低地帯として分類される粘性土を含む軟弱な沖積層上を通過している。図-3に地形分類と橋脚被害の関係を示す。この図より後背低地、沿岸低地、三角州などのシルトおよび粘性土により構成される低地帯で被害が大きく、扇状地、砂州などの砂・礫により構成される微高地では被害が少ないことがわかる。後背低地はピルツ区間、弁天地区および石屋川周辺などの被害の甚大な区間に共通した地形区分であり、過去の震害でも被害が多く、地盤が緩いこと、地下水位が高いことから大きな地震動が作用したと考えられる。また典型的な天井川である石屋川周辺では、地形の段階的な変化点での地震動の増幅による被害の可能性も推測される。

②アンケート震度と橋脚被害の関係・・・本項では地震動の強さを表す指標として、本研究室が平成7年度に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¹⁾を用いる。アンケート震度はミクロな地域の地盤そのものの揺れの特性を示すものと考えられる。本分析データでは、中央区、灘区など工場地帯やオフィス街など非居住地域を通過する区間が多いため、アンケート震度が算出されていない地域も多数あるが、橋脚の被災の激しかった長田、石屋川近傍などでは地震動が大きいことが伺えた。図-4にアンケート震度と橋脚被害の関係図を示す。この図よりアンケート震度と橋脚被害にはある程度の相関があることがわかる。図-4において気象庁震度階のVIはアンケート震度の約5.1に換算される。この図より震度VI以上になると全線において約18%の橋脚がA判定以上の被害を受け、30%近くの橋脚でB判定以上の被害を受けることになる。今回の兵庫県南部地震において本分析データではA判定以上の被害が14%、B判定以上の被害が23%にのぼった。本分析では被災の著しい神戸市域のデータをもとにしているため被害程度が多少過大に評価されていることを考慮すると、全体として震度VI弱程度の地震動を受け、局所的に大きな地震動を受けた区間および設計に対して耐荷余力の低い橋脚で被害が発生した結果、上述のような被害率が算出されたと考えられる。

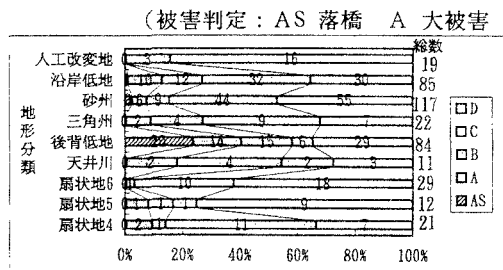


図-3 地形分類と橋脚被害の関係

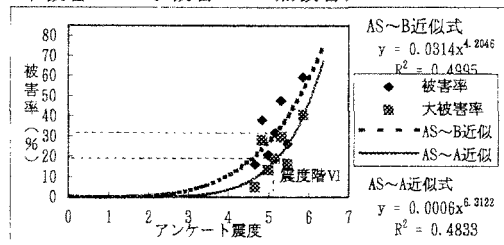


図-4 アンケート震度と橋脚被害の関係

5. 結論：本研究の成果を以下にまとめる。①橋梁のデータベース化および被災要因の分析において、リレーションという考え方の有用性が確かめられた。②構造細目に関する分析からは、橋脚の耐震性の確保、橋梁システム全体のバランスの重要性がわかった。とくに旧基準で設計された連続桁においては、耐荷性能の余力のバランスの面で注意が必要であることがわかった。③GISを使用することにより、地盤条件、地震動（アンケート震度）も橋脚被害に関連があることがわかった。

【参考文献】1)太田ら：アンケート震度による地震時の震度の推定，北海道大学工学部研究報告，第92号，