

日本技術開発(株) 正会員 福岡淳也
 岐阜大学工学部 正会員 能島暢呂
 岐阜大学工学部 正会員 杉戸真太

1. はじめに 1995年兵庫県南部地震以降、活断層を震源とする都市直下地震に対する懸念が高まり、各自治体で被害想定が行われている。その中で、都市交通の円滑な機能確保することは地震防災上の重要課題であり、地震が道路網機能に与える影響の予測手法を確立することが必要不可欠である。しかし従来、道路構造物は個別に扱われる傾向にあり、道路施設の集合体としての交通ネットワークの特性を考慮した機能評価が行われることは少なかった。本研究では、要注意活断層から設定したシナリオ地震による地震動強度からリンク被害確率を推定して、道路網の物理的・機能的パフォーマンスの評価を行う手法を提案し、その適用事例を示す。

2. 研究方法 本研究の流れを図1に示す順に概説する。
2.1 要注意活断層の選定 要注意活断層(地震を起こす危険性が高く注意の必要な断層)を、固有地震説に基づく松田¹⁾による要注意断層の選定法と、活断層系における地震の空白域を要注意断層とする金折ら²⁾による選定法という2種類の選定手法を補完的に用いて決定した。その結果、18の断層および断層帯が選定され、それぞれについて、地震モーメント、破壊伝播速度など必要なパラメータを決めて地震動の推定に用いた。

2.2 地震動の推定 工学的基盤での地震動分布の推定には、断層の広がりや破壊方向などの震源特性を考慮することができる、非定常地震動予測モデルEMPR³⁾を用いた。さらに、局所的な地盤条件による影響を考慮するため、本研究では国土数値情報を利用した地盤増幅度の推定法⁴⁾を用いた。図2は、要注意活断層の一つである「六甲淡路断層帯六甲区間」を震源断層とするシナリオ地震(M=7.2、黒丸は断層の破壊開始点)による、堆積地盤上の計測震度分布を示す。

2.3 高架橋の被害確率マトリクス 道路交通施設の物理的被害を推定するため、地震動強度と道路施設の損傷度の関係の評価が必要がある。本研究では、阪神高速道路の高架橋を対象として、兵庫県南部地震の被災データの統計処理によってフラジリティ評価を行った。評価対象とした橋脚は3225本であり、被災度の内訳は、C、D(小・無被害、3027本)、B(中被害、130本)、A(大被害、41本)、As(落橋、27本)である。地震動強度の推定には、兵庫県下については高田ら⁵⁾によるアンケート震度調査結果を用い、大阪府下については鶴来ら⁶⁾によるアンケート震度調査結果を用いた。その結果、表1に示す被害確率マトリクスを得た。本研究では、被災度AおよびAsを、リンク不通をもたらす橋脚被害と仮定して、次のシミュレーションを行った。

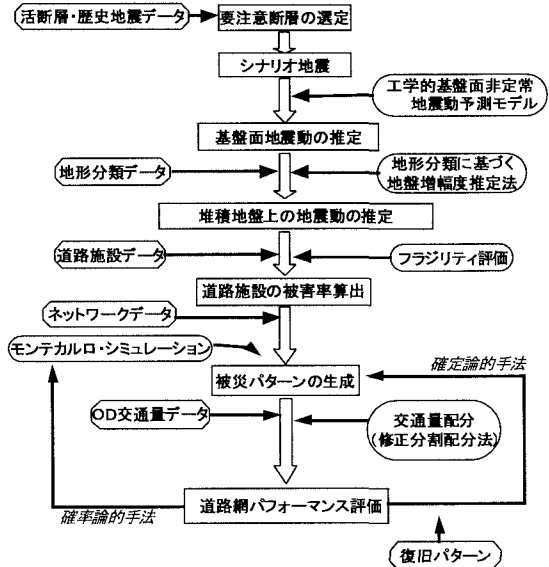


図1 評価手法の流れ

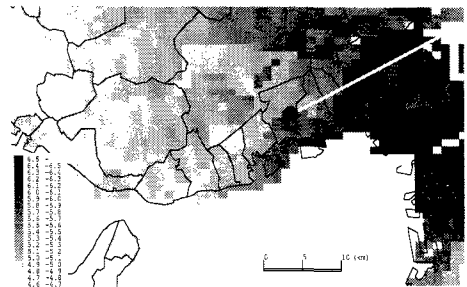


図2 堆積地盤上における計測震度分布(破壊開始点は断層西端)

表1 被害確率マトリクス

I _{JMA}	As~D	As~B	As+A	As
5弱	1.000	0.013	0.003	0.000
5強	1.000	0.037	0.007	0.000
6弱	1.000	0.082	0.019	0.000
6強以上	1.000	0.322	0.190	0.102

キーワード：シナリオ地震、地震動予測、フラジリティ、道路網、分割配分法、機能評価

連絡先：〒501-1193 岐阜市柳戸1-1 TEL: 058-293-2416, FAX: 058-230-1891

2.4 道路網パフォーマンス評価 図3のように阪神地域の道路網をモデル化して、推定された地震動強度と被害確率マトリックスから高架橋を含むリンクの被害確率を算出した。これに基づき、モンテカルロ・シミュレーションによって1,000種類の被災パターンを生成し、各被災パターンに対して修正分割配分法⁷⁾を適用してOD交通量配分を行った。修正分割配分法は、到達不能となったODペアを随時配分対象から除外することにより、ODパターンを固定しないで交通量配分を進めることが特徴である⁷⁾。各被災パターン最終状態におけるリンク配分交通量に基づいて、トリップ数、トリップ距離、トリップ所要時間などの交通網のパフォーマンス評価指標を算出した。

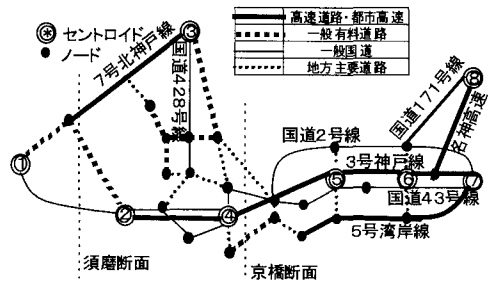


図3 阪神地域におけるモデルネットワーク

3. 結果と考察 ここでは六甲淡路断層帯六甲区間(破壊開始点:断層西端)をシナリオ地震とするパフォーマンス評価の例を示す。阪神高速道路3号神戸線は高架構造であり、国道43号線もしくは2号線上の空間を占有している区間が多い。高架橋の被害による高架下交通への影響を考察するため、高架橋被害時の高架下の通行条件として、「(1)不通」、「(2)一部通行可能(リンク容量0.5倍かつ所要時間2倍)」、「(3)通行可能」の3タイプを考慮してシミュレーションを行った。図4は、高架下の通行条件が(2)の場合における、トリップ充足率と延べ走行時間の平常時比の全試行結果を示す散布図である。シミュレーションは大きなばらつきを示すものの、全試行において、トリップ充足率の低下の度合いに対して、延べ走行距離の低下の度合いは小さくなっている。図5は、断面交通量の相関を示したものである(高架下の通行条件は(2))。須磨断面と比較して、京橋断面では交通量のばらつきが小さくなっている。京橋断面付近は地震動強度が大きいことから、ボトルネックとなる確率が高いことが分かる。図6は、高架下通行条件を(1)→(2)→(3)と変化させて、横軸にトリップ充足率の全シミュレーション試行の平均値、縦軸に延べ走行距離の平均値を示したものであり、図7は同様の条件で、縦軸を延べ走行時間の平均値としたものである。瓦礫の除去等により通行条件が改善されるにつれて、充足トリップ率と延べ走行距離はほぼ比例的な増加傾向を示す(図6)一方、延べ走行時間は充足トリップ率に比べると著しい増加を示す(図7)ことがわかる。なお破線は、断層東端を破壊開始点としたシミュレーション結果であり、断層破壊方向の相違によるシナリオの違いが、ネットワーク評価指標に影響を与えていることがわかる。

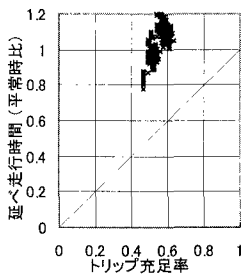


図4 トリップ充足率と延べ走行時間の散布図

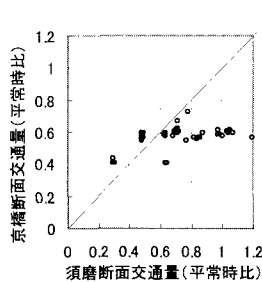


図5 断面交通量の相関

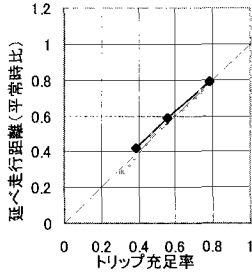


図6 トリップ充足率と延べ走行距離の推移

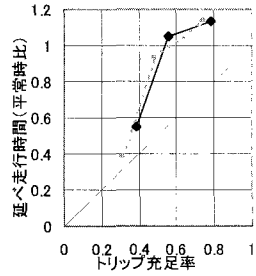


図7 トリップ充足率と延べ走行時間の推移

4. おわりに 本研究において提案した手法により、シナリオ地震の強震動シミュレーションに基づいて、道路網施設の物理的機能的被害予測を行い、さらに、ネットワーク評価指標、断面評価指標、OD評価指標、リンク評価指標など、様々な評価指標を用いて道路網のパフォーマンス評価を行うことが可能であるが、ここでは紙面の都合上、適用例のごく一部を示すにとどめた。想定されている複数のシナリオ地震に関連して、多数の被災パターンを想定し、発生しうる交通状況を事前に把握しておくことの意義は大きく、道路施設の耐震強化プランの策定や、緊急時の交通運用管理方策の検討に有効活用されると思われる。

謝辞 道路施設の脆弱性評価に関しては、阪神高速道路公団工務部および大阪管理部から貴重な被災データを提供していただいた。また本研究では、京都大学防災研究所亀田弘行教授、田中聡助手らとの共同研究の成果の一部を利用した。ここに記して謝意を表す。

参考文献 1) 松田時彦:「要注意断層の選定」の再検討, 活断層研究14号, 1996, pp.1-8. 2) 金折裕司, 川上紳一:内陸被害地震の危険度評価と中部日本の活断層系への適用, 応用地質, 37巻3号, 1996, pp.53-70. 3) 洞谷元司, 杉戸真太, 古本吉倫, 杉山武:非常常スペクトルの重ね合わせによる強震動予測手法の再検討, 土木学会第53回年次学術講演会論文集(B), 1998.10, pp550-551. 4) 大西純一, 山崎文雄, 若松加寿江:気象庁地震記録に基づく地震増幅度と地形分類との関係, 第10回日本地震工学シンポジウム, 1998, pp.909-914. 5) 神戸大学工学部建設学科土木系教室耐震工学研究室 兵庫県南部地震アンケート調査グループ(代表 高田至郎, 嘉島嵩志):兵庫県南部地震に関するアンケート調査一集計経過報告書一, 1996. 6) 鶴末雅人, 澤田純男, 入倉孝次郎, 土岐憲三:アンケート調査による兵庫県南部地震の大阪府域の震度分布, 土木学会論文集, No.612/46, 1999.1, pp.165-179. 7) 能島暢品:道路交通ネットワークの地震時機能評価モデルの開発, 第三回都市直下地震防災シンポジウム, 1998.10, pp.513-516.