

## 地震リスクに基づく耐震補強順位に関する基礎研究

|         |      |        |
|---------|------|--------|
| 武蔵工業大学  | 学生会員 | ○八木 隆之 |
| 武蔵工業大学  | 正会員  | 吉田 郁政  |
| 東北大学大学院 | 正会員  | 秋山 充良  |
| 武蔵工業大学  | 正会員  | 皆川 勝   |

### 1. はじめに

近い将来発生が予想されている東海、東南海地震などの巨大地震に対して十分な耐震性能を保有していない構造物は少なからず存在すると考えられる。被害を最小限に止めるには全ての対象構造物に対して必要な耐震補強を行うことが好ましいが、予算や時間も限られていることから一度にこうした対策を行なうことは困難である。そのため、優先順位を定めて効率的に耐震補強を進める必要が生じる。優先順位に関係する要因としては、構造物の重要度、保有耐震性、残存供用期間、補強の容易さ、補強効果、地点の地震危険度、といった様々なものが考えられ、優先順位を適切に定めることは容易ではない。そこで、本研究では重要度と地震による損傷確率の積で定義される地震リスクに基づいた耐震補強順位の決定法に関する検討を行なった。本研究では東南海地震を想定し、耐震性、重要性の異なる橋梁を想定して優先順位判定の試算を行なった。

### 2. 地震リスクによる優先順位判定の方法

リスクとは重要度（影響度）とその頻度の両方の概念を含んだもので、両者の積（リスク＝重要度（影響）×発生確率）で定義されることが多い。損傷の発生確率は地震危険度や構造物の耐震性能によって決まるため、重要性、耐震性、地震危険度の3つの要因がリスクには含まれていることになる。そこで、本検討では半経験的に定めた重要度をもとにリスクを算定して優先順位判定のための指標  $D_R$  を次のように定義した。

$$D_R = Risk_0 - Risk_R = P_f^0 I - P_f^R I \quad (1)$$

ここで、 $Risk_0$ ：耐震補強を行わない場合のリスク、 $Risk_R$ ：耐震補強を行った場合のリスク、 $P_f^0$ ：耐震補強を行わない場合の損傷確率、 $P_f^R$ ：耐震補強を行った場合の損傷確率、 $I$ ：重要度、である。本研究では、耐震補強を行うことによりリスクがどれほど軽減されるかによって補強の優先順位を評価する。すなわち、このリスク差分  $D_R$  が大きい構造物ほど、耐震補強を行う効果が大きいと判断することになる。

後述するように、重要度についてはA, B, Cの3種類、地点については7地点、耐震性能について2種類を想定し、計42個の橋梁の優先度の試算を行なう。

### 3. 想定した重要度 A, B, C

本研究では実在の橋梁ではなく想定した橋梁について評価を行なっており、重要度については佐藤らによる評価手法<sup>1)</sup>を参考にA, B, Cの3種類、110, 80, 50と仮定した。重要度が110のA橋は避難道路もしくは緊急輸送路で、他県に接続しており、大型車交通量（平日12時間の上下線合計）が4000台以上で、歩行者数が3000人以上、主要な環状線に路線が続いており、火災延焼危険度がランク5の地域にある、主要河川を横断する橋に相当する。重要度が80のB橋は緊急警戒路線で、他県に接続しており、大型車交通量（平日12時間の上下線合計）が1300台未満で、歩行者数が1500人以上3000人未満、主要な放射状線に路線が続いており、火災延焼危険度がランク3もしくは4の地域にある、主要河川を横断する橋に相当する。重要度が50のC橋は避難道路、緊急輸送路、緊急警戒路線のいずれでもない、他県に接続しない、大型車交通量（平日12時間の上下線合計）が1300台未満で、歩行者数が1500人未満、主要な環状線、放射状線に路線が続いていない、火災延焼危険度がランク1もしくは2の地域にある、主要河川を横断する橋に相当する。

キーワード 東南海地震、重要度、地震リスク、耐震補強順位

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学都市基盤工学科 TEL&FAX 03-5707-1208

#### 4. 想定した橋梁モデルと条件付き確率

既往の耐震設計規準を満足するように試設計された米田らのRC橋脚<sup>2)</sup>を解析対象とした。RC橋脚は、昭和39年、平成2年、および平成8年の道路橋示方書に準拠し耐震設計されている(以下、S39適合橋、H2適合橋、H8適合橋と記す)。各橋脚の

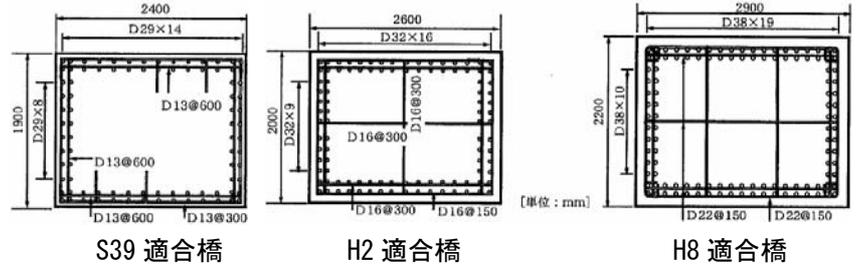


図-1 解析対象RC橋脚の断面図(上下方向が橋軸方向に相当)

断面図と荷重-変位関係をそれぞれ図-1と図-2示す。条件付き損傷確率を算定する際には、残留変位に対する照査、せん断破壊に対する照査、および曲げ降伏後のせん断破壊に対する照査、の3つの限界状態を考えた。

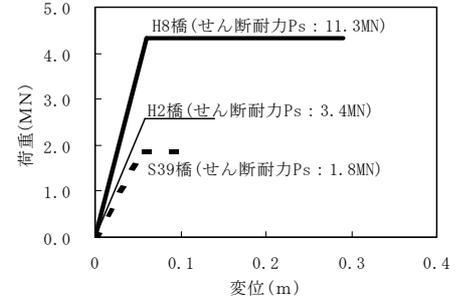


図-2 荷重-変位の比較

地震動は、野津・翠川により作成された想定東南海地震による地表位置での地震動<sup>3)</sup>を用いた。地震動が推定されている東海地方の7地点(名古屋市、豊田市、知多市、岐阜市、羽島市、四日市市、津市)を対象にし、Monte Carlo法により条件付き損傷確率の算定を行なった。不確定要因としては限界状態式や材料強度のばらつきを考慮して算定した。本来は、強震動予測

に伴う不確実性も考慮する事が好ましく、同一地点であっても、地震動は複数提示されるべきものであるが、ここで提示する条件付き損傷確率では、各地点の地震波1波を繰り返し用いて求めた。地震動のばらつきの影響については将来の課題としたい。これに地震発生確率を乗じることにより、損傷確率を求めた。算定した条件付き損傷確率と構造物の固有周期に対応した加速度応答スペクトル値の関係を図-3に示す。想定した東南海地震の発生確率は地震調査研究推進本部のホームページ<sup>4)</sup>を基に定めた、今後30年以内に発生する確率0.581を用いた。

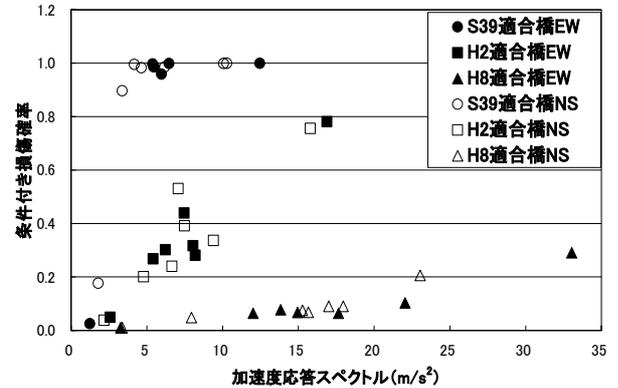


図-3 条件付き損傷確率と加速度応答スペクトル

#### 6. 試算結果

試算した指標 $D_R$ と加速度応答スペクトル値の関係を図-4に示す。なお、地震動はEW成分を対象とした。H2橋適合はほぼ右上がりの傾向が見られ、固有周期に対応する地震動強度が高い地点ほど耐震補強優先度が高い事が分かる。一方、S39橋適合ではそのような傾向は見られず、むしろやや右下がりの傾向がある。この原因としては耐震補強後(H8適合橋)では地震動強度に応じて少しずつ条件付き損傷確率が大きくなっていくのに対して、S39橋の耐震性は大変低く多くの地点においても条件付き損傷確率がほぼ1.0に近い事が考えられる。

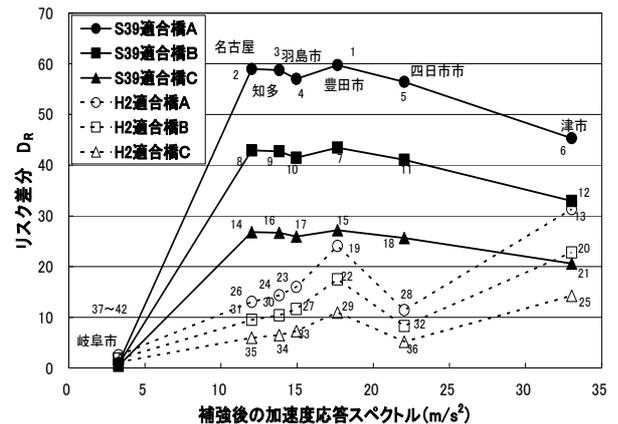


図-4 加速度応答スペクトル値とリスク差分 $D_R$

#### 参考文献

- 1) 佐藤次郎：大都市における既設道路橋の地震防災上の重要度の評価手法，土木学会論文集，No.513/I-31，pp213-223，1995，
- 2) 米田慶太ら：試設計に基づく耐震技術基準の改訂に伴うRC橋脚およびくい基礎の耐震性向上度に関する検討，構造工学論文集，Vol.45A，pp.751-762，1999.，
- 3) 野津厚：経験的サイト増幅・位相特性を用いた東海地方における強震動評価事例，海溝型巨大地震を考える-広帯域強震動の予測-シンポジウム論文集，土木学会・日本建築学会，pp.99-106，2005，
- 4) 地震調査研究推進本部，地震調査委員会，長期評価部会・強震動評価部会，確率的地震動予測地図の試作版，2004.