

構造物の損傷に伴う振動特性の変化が地震リスクの変化に与える影響

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○久保大樹 坂井公俊

1. はじめに

地震により高架橋等に損傷が発生した場合、補修の可否や鉄道の運行再開の判断等は、過去の地震を踏まえた経験に基づいて行われることが多いと考えられる。しかし、大規模地震発生後の機能回復のさらなる効率化等を考えると、経験に基づく判断を何らかの定量的な指標に置き換えて評価できることが望ましい。そこで本稿では、構造物の損傷等の発生リスクに着目し、地震前後の構造物に対してリスクを評価するとともに、構造物の振動特性の変化がリスクの変化に与える影響について考察を行う。

2. 検討概要

検討は、一般的な形状を有する RC ラーメン高架橋（図1）を対象として解析的に実施する。対象構造物に対して静的非線形解析を実施し、得られた荷重－変位関係を図2に示す。本検討では、構造物の損傷に対するリスクと車両の走行性に関するリスクの2つを取り扱う。構造物の損傷は、地震に伴う応答変位から評価するとともに、車両の走行性については構造物天端位置の絶対速度の最大値に基づいて簡易的に評価²⁾する。着目する変位は、 δ_{eq} （構造物全体系の折れ曲がり点）、 δ_m （最大断面力発生時）、 δ_n （降伏耐力を維持できる最大変位）とし、走行安全限界の閾値は100kineとする。ただし、車両の走行性における構造物間の角折れ・目違いの影響は無視することとする。地震動には、複数の都市における発生確率を有する多数の時刻歴波形（生起確率付地震動群、期間100年）を用いる。各都市の地震発生確率を図3に示す。これを用いた多数の動的解析を実施することで、構造物の損傷が発生するリスクや走行性に関するリスクを算定することができる。解析は、静的非線形解析のモデルをそのまま用いるのではなく、構造物全体系を等価な1自由度系モデルとした非線形動的解析とする。非線形特性は構造物全体系の折れ曲がり点における変位 δ_{eq} を降伏点としたバイリニアモデルとし、履歴曲線はCloughモデルとした。剛性低下倍率や減衰定数は文献¹⁾に則って設定した。

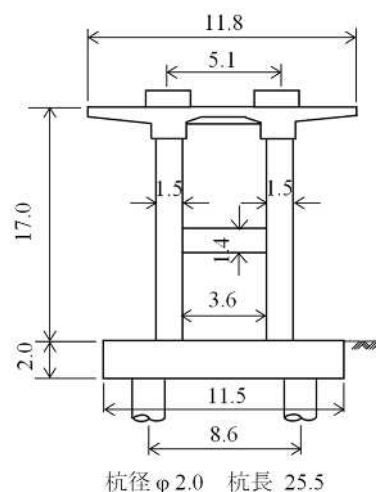


図1 対象構造物の概略形状
(単位 m)

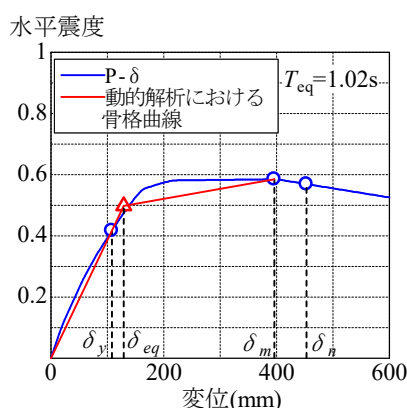


図2 荷重－変位関係

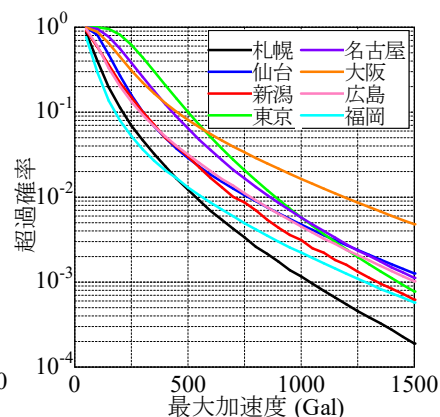


図3 地震発生確率

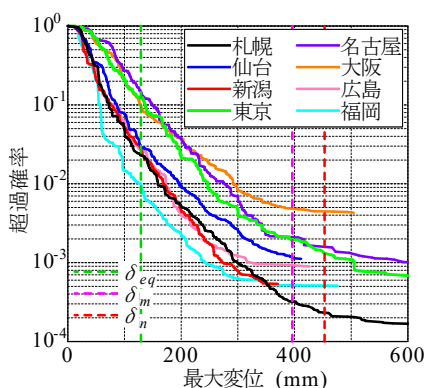


図4 応答変位の発生確率

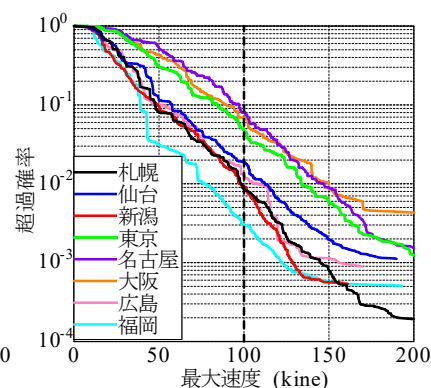


図5 絶対速度の発生確率

キーワード 地震リスク、鉄道構造物、振動特性、構造物の損傷、走行安全性

連絡先 〒185-0034 東京都国分寺市光町 2-3-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL042-573-7336

3. 地震リスクの評価

健全な状態の構造物に対して網羅的な動的解析を実施することで、対象構造物の地震リスクを評価した。得られた構造物の応答変位、最大速度とそれぞれの超過確率を図4・図5に示す。東京・名古屋・大阪の地震リスクが他地域よりも高いことが分かるが、これは図3の各都市の地震の発生確率と類似した傾向となっている。次に、構造物の損傷を仮定して固有周期が長くなった条件で解析を実施した。ここでは、図4・図5において8都市の平均的な結果となった仙台に着目して検討を行った(図6)。応答変位については、固有周期が長くなると、超過確率も高くなっている。一方で最大速度については、構造物の固有周期の変化に伴う超過確率の変化は比較的小さいことが分かる。

さらに、振動特性の変化が応答変位、最大速度の超過確率の変化に与える影響を確認するため、構造物の固有周期を短くしたケースも含めて検討を行った(図7)。応答変位(図7(a)~(c))について、固有周期が長くなると超過確率も一様に高くなることが分かる。最大速度(同(d))については、固有周期0.2s~2.0sの範囲におけるリスク変化の倍率は最大で約3倍となっており、例えば δ_{eq} を対象とした場合のリスク変化の倍率約94倍と比較して相対的に小さいことが分かる。これにより、固有周期の変化が最大速度の発生確率に与える影響は小さいことが分かった。図7には他の7都市の検討結果も記載しているが、固有周期の変化に対する構造物の応答変位、最大速度の超過確率の変化は、仙台と同様の傾向がみられる。

4. まとめ

構造物の振動特性の変化が、地震リスクの変化に与える影響について検討した。固有周期が長くなると、構造物の損傷発生確率が高くなる一方で、走行性のリスクに与える影響は小さいことが確認できた。本検討では多くの条件を単純化しているため、今後はこれらを高度化した検討を行う必要があるが、これらの検討を繰り返すことで、最終的には地震後の各種意思決定等への活用が期待される。

参考文献

- 1) (公財) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震標準，2012。
- 2) 室野ら：簡易な指標を用いた構造物および走行車両の地震被害予測法の提案，土木学会論文集 A, Vol.66, No.3, 535-546, 2010。

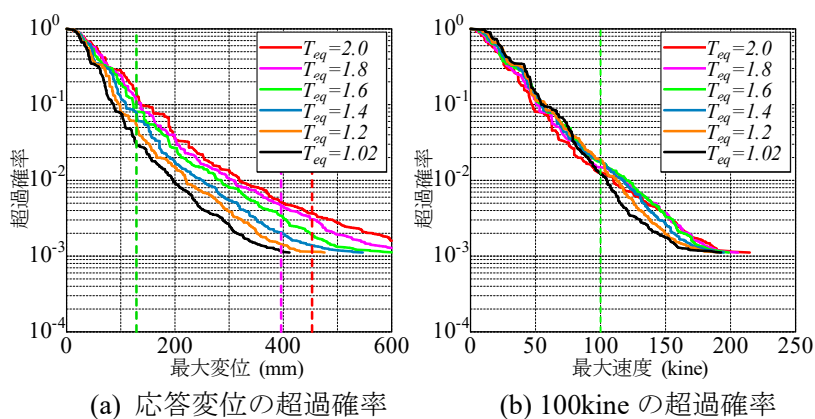


図6 固有周期が増大した場合の地震リスク(仙台)

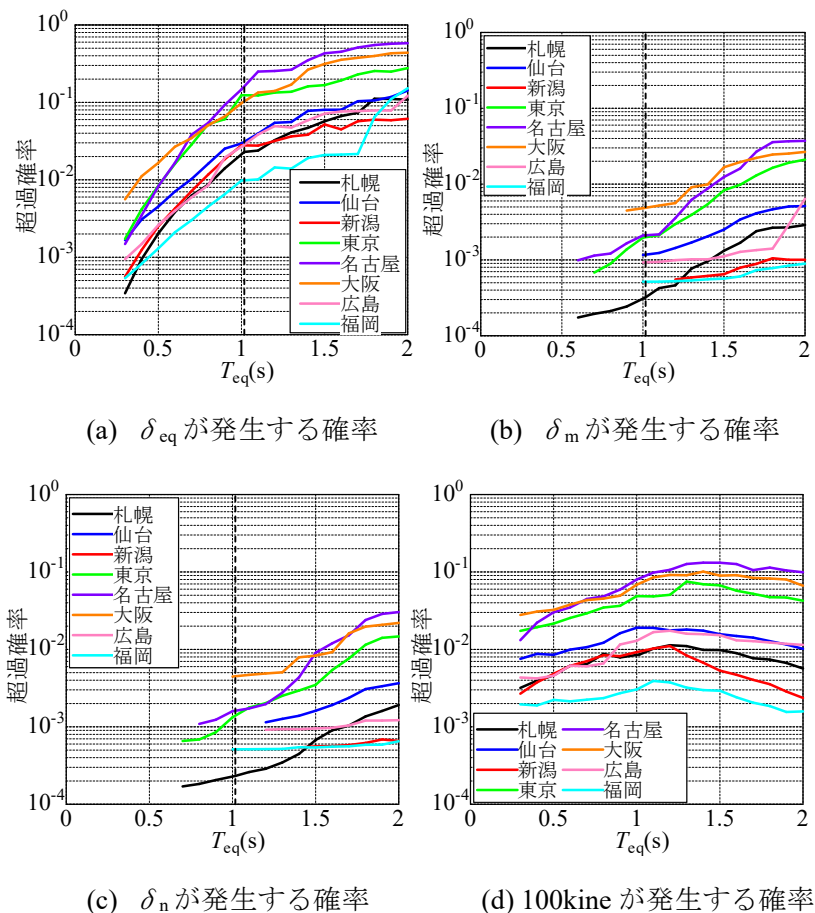


図7 振動特性が変化した場合の応答変位