

鉄道RC構造物を対象とした簡易耐震設計法の提案

東日本旅客鉄道（株）構造技術センター 正会員 吉田 徹
東日本旅客鉄道（株）研究開発センター 正会員 小林 薫

1. はじめに

鉄道RC構造物の耐震設計は、「鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計¹⁾」(以下、「鉄道耐震標準」という)により行われている。この鉄道耐震標準では、静的非線形解析および動的非線形解析を用いて構造物の耐震性能を照査する設計法を採用している。しかしながら、鉄道耐震標準による耐震性能照査を構造物の設計に適用する場合、断面諸元を仮定した後に非線形解析による照査を行うことから、最適な諸元を得るまでのトライアル数の増加が見込まれ、設計期間の長期化や設計費の増大が予想される。さらに、設計者の相違により構造物諸元に大きな差異が生じることが予想される。

そこで今回、鉄道耐震標準で定められた耐震性能を満足し、従来の震度法レベルで簡易に設計を行うことができる耐震設計法の確立を目指し、1質点系構造物に置換が可能なRC構造物を対象とした解析的検討を行った。本文は、鉄道RC構造物を対象とした簡易耐震設計法の検討概要について報告するものである。

2. 簡易耐震設計手順

本手法を用いたL2地震動に対する耐震設計フローを図-1に示す。設計では、次章に示す簡易所要降伏震度スペクトルを用いて設計水平震度を設定し、線形解析による断面力を算定後、耐震性能の検討を行う。

耐震性能の検討では、まず、部材に所要の降伏耐力を与えることを目的に曲げモーメントに対する安全性の検討を行い、次に、柱部材の場合は部材接合部から2D(D:断面高さ)区間以外の区間において、せん断力に対する安全性の検討を行う。さらに、構造上塑性ヒンジ領域となる部材接合部から2D区間において、所要の変形性能を付与するために耐力比(V_{yd}/V_{mu})が2.0以上となるように帯鉄筋量を定め設計が終了する。

3. 簡易所要降伏震度スペクトルの検討

3-1 検討概要

簡易所要降伏震度スペクトルとは、縦軸の所要降伏震度と、横軸の等価固有周期との関係を図示したものであり、構造物の等価固有周期を算出することで、その構造物に要求される所要降伏震度が簡易に求められるものである。

簡易所要降伏震度スペクトルの検討は、各地盤種別においてく体断面、く体高さ、軸方向鉄筋および帯鉄筋等を変化させ、すなわち等価固有周期と降伏震度を変化させて静的非線形解析を実施し、鉄道耐震標準に定められている非線形スペクトル法を用いた性能照査を行い、性能を満足する範囲でスペクトルを定めることとした。

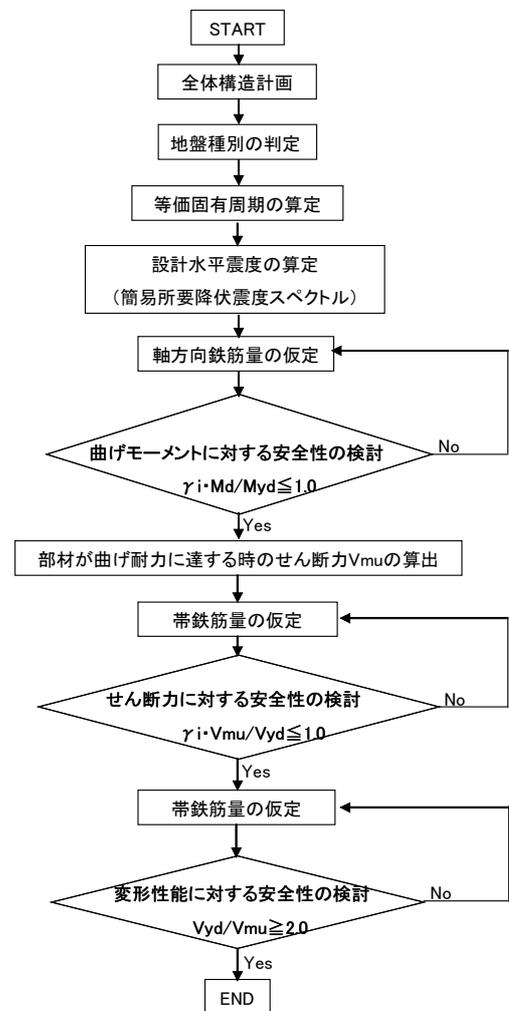


図-1 耐震設計フロー

キーワード：鉄道RC構造物，簡易所要降伏震度スペクトル，簡易耐震設計

連絡先：〒151-8578 東京都渋谷区代々木2-2-2 東日本旅客鉄道（株） TEL03-5334-1288 FAX03-5334-1289

3-2 解析条件

簡易耐震設計法の適用範囲は、図-2に示す一般的なRCラーメン高架橋とRC橋脚を対象とすることとし、それ以外の構造物は鉄道耐震標準によることとした。

静的非線形解析に用いた部材の非線形特性は、テトラリニア型の骨格曲線を持つ耐力低下型モデルとした。ここで、部材の終局点は、降伏荷重 M_y を下回らない最大変位点とした。また、簡易耐震設計法では、塑性ヒンジ領域において部材に所要の変形性能を付与するために帯鉄筋量を構造細目的に定めることとし、帯鉄筋量は既往の文献²⁾を参考に部材の耐力比が2.0以上となるよう配置することとした。このため、解析時には柱部材の耐力比の値を2.0で一定とした。

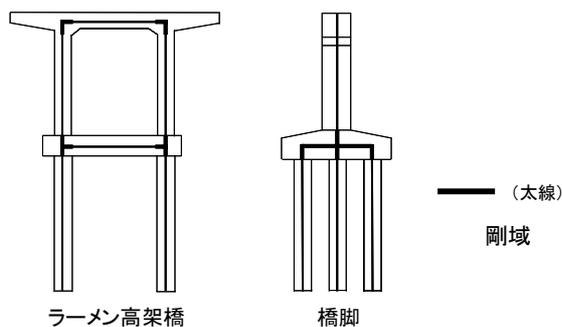


図-2 解析モデル

3-3 検討結果

簡易所要降伏震度スペクトルは、各地盤種別毎に静的非線形解析により構造物全体系のじん性を求め、さらに、非線形スペクトル法により応答塑性率を算出し、構造物全体系のじん性が応答塑性率を上回る降伏震度に設定した。ここで、構造物全体系のじん性は、構造物全体系の終局変位を構造物全体系の降伏変位で除した値とした。

解析結果の一例として、図-3に種地盤（固有周期：0.25～0.5秒）の結果を示す。凡例中の「OK」とは、構造物全体系のじん性が応答塑性率を上回っていることを意味し、鉄道耐震標準による耐震性能照査を満足していることを示す。すなわち、構造物の各部材が耐震性能における損傷レベルの制限値以下の状態である。また、凡例中の「OUT」は、応答塑性率が構造物全体系のじん性を上回っていることを意味し、耐震性能照査を満足していないことを示している。

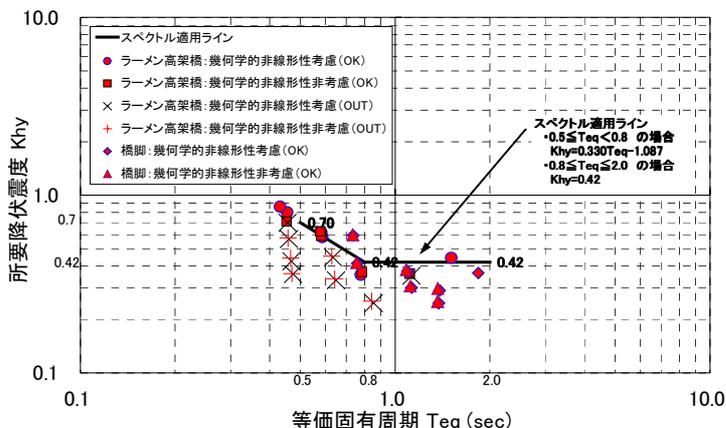


図-3 II種地盤用簡易所要降伏震度スペクトル

種地盤における解析結果では、等価固有周期が0.5秒程度の場合、耐震性能照査を満足する所要降伏震度は、0.7程度と比較的高い値となった。一方、等価固有周期が0.8秒以上においては、所要降伏震度は0.4程度で耐震性能照査を満足できる結果となった。なお、図中にはRCラーメン高架橋およびRC橋脚の解析結果を併記しているが、両者は今回検討した周期の範囲ではほぼ同様の傾向を示した。

これらの解析結果をもとに定めた簡易所要降伏震度スペクトルを図中を実線で示す。スペクトルは、構造物に要求される降伏震度が各周期帯で可能な限りフラットとなるよう設定した。このようなスペクトルとするメリットとしては、実設計時に仮に部材断面の変更が生じて降伏震度に変化がなければ設計作業の手戻りが少なく簡便に耐震設計を行うことができることや、線状鉄道構造物の降伏震度を統一できることで地震後の応急復旧の効率化を図ることができるためである。

4. まとめ

非線形解析を前提とした鉄道耐震標準の諸問題を解消し設計の合理化を図ることを目的に、RC構造物を対象に簡易耐震設計法について検討を行った。その結果、標準的なRC構造物に対して、鉄道耐震標準による耐震性能照査を満足し、かつ従来の震度法レベルで設計可能な簡易耐震設計法を確立できた。

【参考文献】1) 運輸省鉄道局監修 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，丸善，1999.10，2) 土木学会：コンクリート標準示方書 耐震設計編，1996.7