

技術紹介

長周期地震動による長大橋梁の応答について

～想定東海地震によるベイエリアへの影響～

Seismic Response Analysis of Long-span Bridge under the Long-period Earthquake

石井 喜代志 *1

菅野 晃生 *2

畠中 真一 *3

Kiyosi ISHII

Akio SUGANO

Shinichi HATAKENAKA

はじめに

最近、海溝型巨大地震に伴う長周期地震動による構造物への影響が懸念されています。現実には、長周期地震動による災害として、大型オイルタンクのスロッシング現象により火災が発生したり¹⁾、超高層ビルのエレベーターロープが破断するなどの被害が報告されており²⁾、これらの分野では多くの研究がなされています。

同様に、固有周期の大きい長大橋梁にも影響があるのではと懸念されていますが、長周期地震動による応答を検討したという報告はみかけません。そこで、想定東海地震³⁾による東京湾岸近辺における長周期地震動を用いて、中規模の斜張橋モデルの固有周期を変えてその応答を検討してみました。

地震動の特性

参考文献³⁾では、南海トラフ沿いを震源とする東海地震について、震源断層を特定した強震動予測手法(レシピ)にもとづき震源モデルを設定して、関東から近畿地方にいたる地域での長周期地震動を予測しています。この中から東京湾岸近辺の地震動波形を入手し、中規模斜張橋の応答計算を実施してみました。その波形を図1に示します。また、この地震動の加速度応答スペクトルを

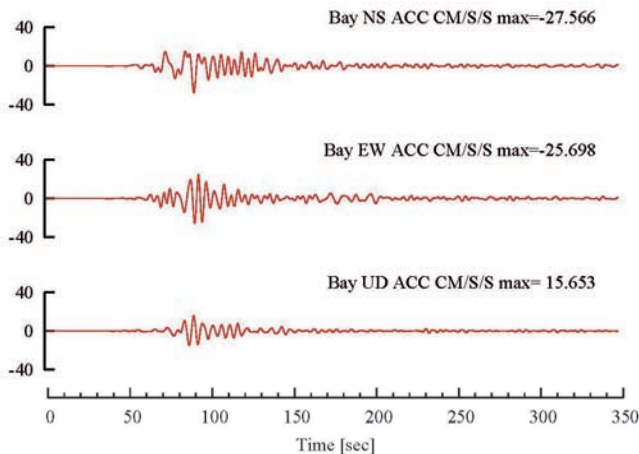


図1 想定東海地震による東京湾近辺における地震動

減衰定数 h を変化させて図2に示します。図中には比較のために道路橋示方書にあるタイプII/III種地盤/2波目(ポートアイランド内地盤上のNS成分)(以下、道示II-III-2)の加速度応答スペクトルも合わせて示してあります。なお、ここでは地震動の3成分のうち最も振幅の大きいNS成分のみを対象としています。

これによれば、想定東海地震の東京湾岸における影響は、短周期での応答レベルは小さいものの、周期10秒前後の長周期領域では直下型地震を想定したタイプII地震とほぼ同等であることがわかります。

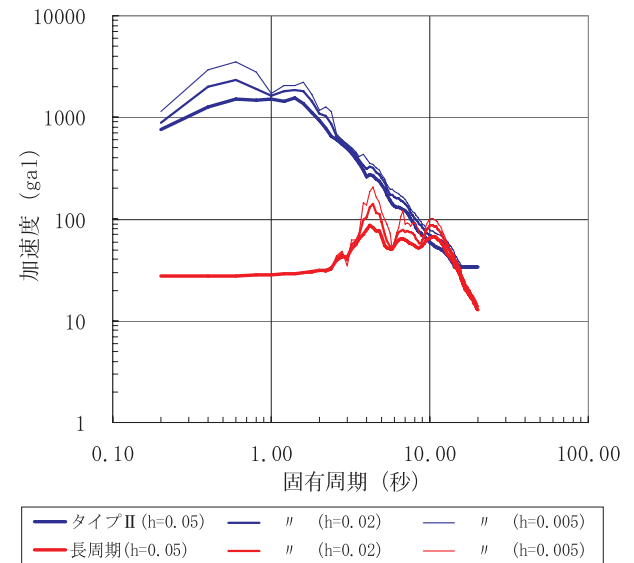


図2 加速度応答スペクトルの比較(NS成分)

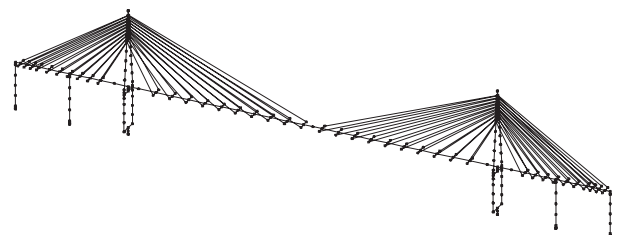


図3 応答計算に用いたモデル橋骨組図

*1 元川田テクノシステム㈱設計部

*2 元川田テクノシステム㈱設計部

*3 川田工業㈱技術研究所 係長

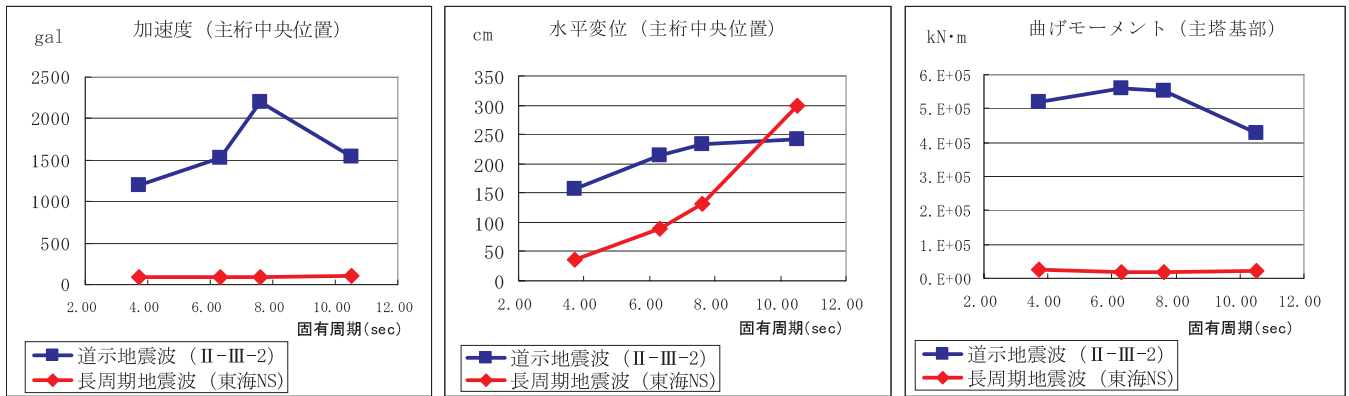


図4 応答計算結果の例

また、ここには示していませんが、速度応答スペクトルについても同様なことがいえます。

応答計算

このように長周期成分が卓越するような地震動による構造物の応答を確認するために、モデル橋として図3に示すような中規模の斜張橋を想定し応答計算を試みました。計算にあたっては、斜張橋の支承バネ、主桁剛性、主塔剛性を恣意的に調整することで3~10秒程度の構造全体の固有周期を作り出し、それぞれのモデルに対して、長周期地震動を与えてその応答を求めました。比較のために道示II-III-2の地震動に対する応答も求めました。なお、モデル橋の規模は橋長580m、支間割53+57+360+57+53m、主塔高128mであり、解析コードには富士通エフ・アイ・ピー(株)のEarmest ver6.6Aを使用しました。

結果の考察

結果の例として、主桁剛性を操作して固有周期を変化させた場合の応答結果を図4に示します。図中には、加速度、変位、断面力(曲げモーメント)について、それぞれ最大の応答を示した箇所の値を取り上げています。

これらをみると、道示と長周期地震動による応答結果では、変位の一部を除き全般的に道示の方が大きいことがわかります。これは使用したタイプII地震動の振動エネルギーが圧倒的に大きいため、図2の加速度応答スペクトルからもうかがえます。ただし、固有周期が大きくなると応答変位は長周期地震動による方が急激に大きくなり、振動エネルギーが小さいにもかかわらず長周期成分が卓越していることの影響が大きく現れています。

おわりに

東京湾近辺にはケーブル構造の長大橋梁があり、それらの固有振動周期の最大値は、レインボーブリッジで8.6秒(主桁面外たわみ対称1次)、横浜ベイブリッジ

で7.8秒(主桁橋軸方向Sway)、鶴見つばさ橋で4.0秒(主桁面外たわみ対称1次)と報告されています⁴⁾。これらについては、それぞれの架設地点について独自に想定された数種類の地震動を用いて綿密に検討がなされており⁴⁾、一部の橋梁については既に補強工事も行われています⁵⁾。この時使用された地震動の応答スペクトルは、文献4)によれば長周期領域では図2に示した道示や想定東海地震によるものとほぼ同じレベルであり、このことから実質的には想定東海地震による長周期地震動に対する首都圏の長大橋の安全性は確認されているということが出来ます。

しかしながら、構造物によってはその固有周期との組み合わせに応じて長周期地震の応答が大きくなる可能性があることも今回のモデル解析の結果から示唆されました。今後も十分な検討が必要と思われます。

なお、想定東海地震による東京湾岸近辺における長周期地震動データを入手するにあたりお世話になりました東京大学社会基盤学科の藤野陽三先生およびデータを提供頂きました東京大学地震研究所の瀬瀬先生には、ここに御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 太田, 座間: 巨大地震と大規模構造物—長周期地震による被害と対策—, 協立出版, 2005.9
- 2) 武村雅之: 地震と防災—“揺れ”の解明から耐震設計まで, 中公新書, 2008.8
- 3) 地震研究推進本部地震調査委員会: 「長周期地震動予測地図」2009年試作版, 2009年
- 4) 小森, 吉川, 他: 首都高速道路における長大橋耐震補強の基本方針と入力地震動, 土木学会論文集, No.794/I-72, 2005.7
- 5) 湯本, 段下, 他: 長大橋耐震補強の設計・施工~横浜ベイブリッジ耐震性向上工事~, 川田技報, Vol.18, 2009.1