

## 首都直下地震に対する耐震性の検討

首都高速道路株式会社 正会員 ○松原 拓朗 正会員 久保田成是  
株式会社長大 正会員 鍋島 信幸

## 1. はじめに

中央防災会議は、首都直下地震に対する被害を想定するため、首都の M7 クラスの地震及び相模トラフ沿いの M8 クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等の検討結果を公開している<sup>1)</sup>。中央防災会議により公開された工学的基盤における地震動を用いて、首都高速道路にどのような損傷が生じるかを検討した。

## 2. 検討の手順

公開された首都直下地震の加速度波形は、約 1km 四方のメッシュごとの工学的基盤面における露頭基盤波である。動的解析に用いる地表面上の加速度波形を求めるために、首都高速道路が過去に実施した PS 検層や動的変形特性試験が行われた箇所の中から 6 箇所を選定し、その箇所における工学的基盤面の露頭基盤波から、地表面上の加速度波形を推定した。推定した加速度波形を 1995 年兵庫県南部地震前後の耐震設計基準で設計された図-1 に示す 2 箇所の JCT 部の解析モデルに作用させた。

## 3. 地表面上地震動の推定

首都高速道路の建設のために実施した地盤調査で、PS 検層および動的変形特性試験を実施している 18 か所の地盤から、表-1 に示す表層地盤の基本固有周期  $T_G$  が 0.2 秒～1.2 秒に分布する 6 か所の地盤を地表面上の加速度波形を求める地点とした。地表面上の加速度波形より求めた計測震度（都心南部直下地震）は、5.88～6.21 であり中央防災会議が公開している最大計測震度と同程度であり、周期 2.0 秒より短周期域の加速度応答スペクトルの地震応答レベルもほぼ同程度となることを確認している。

表-1 検討地点

No.	検討地点	$T_G$ (sec)	地盤種別
1	堀切JCT(Bor.H-No.3)	1.24	III
2	SJ51工区：新宿区中井	0.32	II
3	SJ15工区：目黒区駒場	0.42	II
4	大橋JCT(Bor.No.2)	0.20	II
5	芝浦埠頭No.2	0.99	III
6	北西線 Bor.No.5	1.17	III

検討対象とした地震動は、首都直下の M7 クラスの地震として、首都高速道路の一般的な高架橋の固有周期が存在する周期 3.0 秒よりも短周期域で道路橋示方書・同解説（以下、道示）の L2 タイプ I 地震相当である図-2 に示す都心南部直下地震とした。また、M8 クラスの海溝型地震は、推定された波形は公開されていないことから、道示の L2 地震動タイプ I 地震の I 種地盤を露頭基盤とみなし検討に用いた。表層地盤の非線形動的解析は、等価線形化手法に基づく次元の地震応答解析プログラム DYNEQ<sup>2)</sup> を用いた。等価線形化法では、地表面付近の地盤のせん断ひずみが大きく加速度応答スペクトルも小さい応答となった箇所は、逐次非線形動的解析を実施して、図-3 に示す地表面上の加速度波形を求めた。

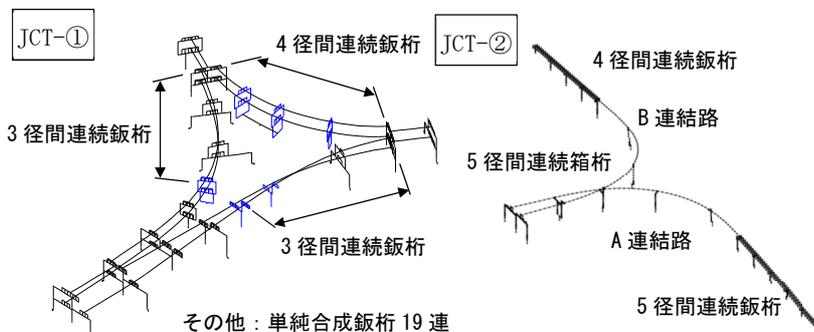


図-1 検討対象とする JCT の解析モデル

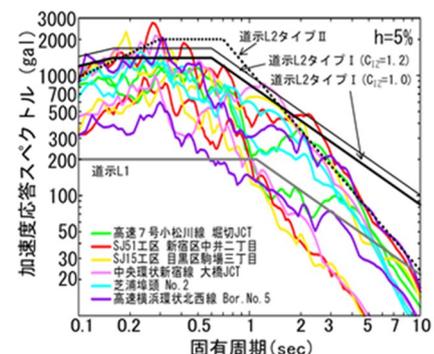


図-2 都心南部直下の露頭基盤波形の加速度応答スペクトル

キーワード 首都直下地震, 都心南部直下, 耐震性照査, 動的解析, DYNEQ

連絡先 〒100-8930 東京都千代田区霞が関 1-4-1 首都高速道路(株) 技術部 技術推進課 TEL 03-3539-9464

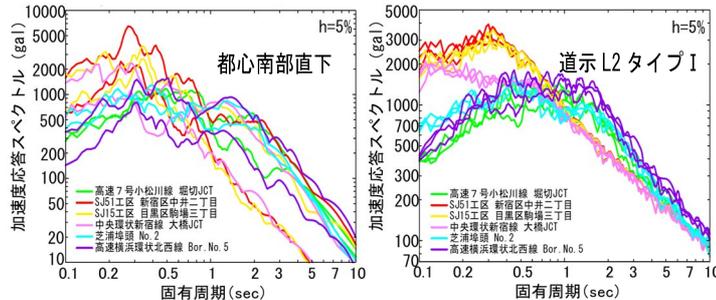


図-3 地表面地震波の加速度応答スペクトル

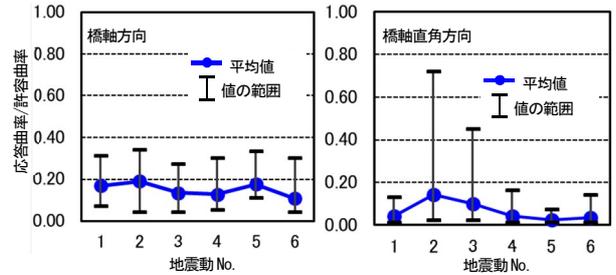


図-4 JCT-①のRC橋脚 曲げに対する照査

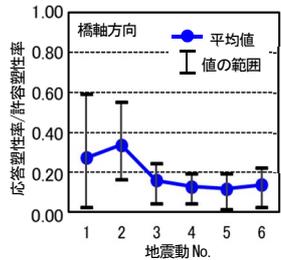


図-5 JCT-②のRC橋脚 曲げに対する照査

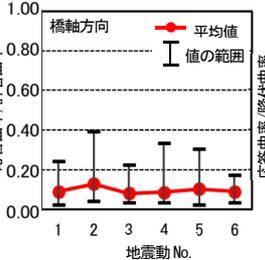


図-6 JCT-①の鋼製橋脚 に対する照査

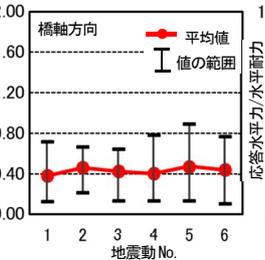


図-7 JCT-②の鋼製橋脚 に対する照査

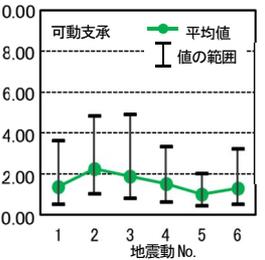


図-8 JCT-①の支承照査 (橋軸直角方向)

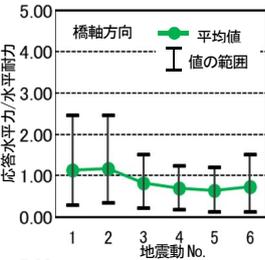


図-9 JCT-②の支承照査

4. 耐震性の検討

JCT-①は道示 (S39), JCT-②は道示 (H14) で設計されている。JCT-①の橋脚は耐震補強されており, L2 地震動を考慮した支承に交換されている。JCT-①は JCT 全体系を, JCT-②は JCT 内の連結路系をモデル化した。動的解析では, 地表面上加速度波形の NS 成分と EW 成分を同時に入力した。解析結果を図-4~図-9 に示す。

橋脚は, JCT-①では, RC 橋脚ではほとんどの地震動で降伏以上の応答 (応答塑性率  $\mu = 2 \sim 7$  程度) となるが, 許容曲率に対しては十分余裕があり, 鋼製橋脚でも許容曲率の 4 割から 7 割程度の応答となった。JCT-②では, RC 橋脚の大半は弾性範囲内の応答であり, 降伏する橋脚も許容値に対し大きな余裕がある。鋼製橋脚は, 軸力の変動量が大きいラーメン橋脚で柱基部が降伏するものの, 許容値に対しては大きな余裕がある。

JCT-①と JCT-②ともに, RC 橋脚に生じる応答せん断力がせん断耐力を超過する橋脚はなかった。

支承は, JCT-①では, 多くの箇所でも移動可能量を超える変位が生じ, 降伏耐力を超える応答が生じている。JCT-②では, 支承の移動可能量を超える変位が生じる箇所は無いが, 一部支承の降伏耐力を超過する箇所がある。これは, 橋脚柱の許容塑性率  $\mu a = 3$  とした等価水平震度から算出した水平力に基づき支承の設計を行った箇所でも, 支承の設計水平力が, 動的解析による応答水平力を下回っているためである。

5. まとめ

首都直下地震として, 都心南部直下地震と道示 L2 タイプ I 地震動に対して, 地表面の加速度波形を推定し動的解析による照査を行った。照査は, 橋脚柱の損傷は許容値に対し概ね余裕がある結果となったが, 許容塑性率  $\mu a = 3$  に基づく設計水平力を用いた支承は, 耐力が不足する可能性がある結果となった。

参考文献

- 1) 首都直下地震モデル検討会：首都直下の M7 クラスの地震及び相模トラフ沿いの M8 クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書, 2013. 12.
- 2) 吉田望：DYNEQ A computer program for DYNAMIC response analysis of level ground by EQUIVALENT linear method, 東北学院大学工学部, 2008.