

南海トラフ巨大地震を想定した長大斜張橋の地震応答解析

九州大学大学院 学生会員 ○小林 智宏 九州大学大学院 正会員 梶田 幸秀
 阪神高速道路株式会社 正会員 八ツ元 仁 九州大学大学院 正会員 崔 準祐

1. はじめに

2011年(平成23年)8月、内閣府に南海トラフの巨大地震モデル検討会が発足し、南海トラフでの地震想定の見直しが行われ、2012年(平成24年)8月の第二次報告では、2003年中央防災会議で報告された3連動型に日向灘が追加された4連動型強震断層モデルが報告された¹⁾。この想定地震(以下、南海トラフ巨大地震)では、震源から遠く離れた地域でも、長周期地震動が観測されるという予測があり、長周期地震動が発生した際、長大橋への被害が予想され、早急な対策が必要とされている。そこで本研究では、4連動型強震断層モデルにより作成された工学的基盤面の強震動波形を基に、長大斜張橋の地震応答解析を実施することを目的とした。

2. 地震動の作成

2.1 対象とした地震動

本研究では、南海トラフ巨大地震が発生した際の兵庫県神戸市での地震動を想定した検討を行った。長大斜張橋の地震応答解析で用いる強震動波形は、内閣府の南海トラフの巨大地震モデル検討会で作成された兵庫県神戸市で予測されている工学的基盤面の地震動を参考に、地表面での地震動の算出を行いその波形を使用することとした。工学的基盤面の強震動波形は、基本ケースと陸側ケース(基本ケースの強震動生成域を可能性のある範囲内で陸側に設定したケース)、それぞれの南北方向と東西方向の波形の計4波である。なお、本強震動波形は、周期3秒程度より短い地震動を対象にしており、長周期成分は過小評価されている。

2.2 解析条件

地盤モデルは、兵庫県神戸市での地盤情報を参考に作成した。また、解析手法は、重複反射理論に基づいた等価線形化法を用い、作成した地盤モデルの基盤面に地震動を入力し、地表面での地震動の作成を行った。

2.3 解析結果

図-1に基本ケースの基盤面と地表面での加速度時刻歴波形を、表-1に各地震動の最大加速度を示す。地表面の加速度時刻歴波形は、どの波形でも基盤面の時刻歴波形よりも振幅が増幅された形状となった。また、最大加速度も基盤面に比べ大きくなっている。

図-2に各地震動の基盤面と地表面の加速度応答スペクトルを示す。図-2より各地震動のスペクトルの卓越周期は、1.0~1.5秒付近にあることが分かる。また、

南北方向での波形を比べると、加速度応答スペクトル

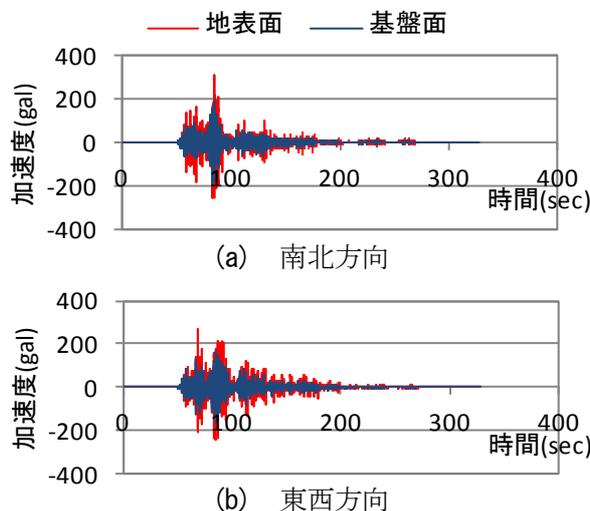


図-1 基本ケースの地表面の時刻歴波形

表-1 地表面の最大加速度(単位:gal)

検討ケース	方向	
	南北方向 (NS)	東西方向 (EW)
基本	314.39	263.78
陸側	386.53	344.49

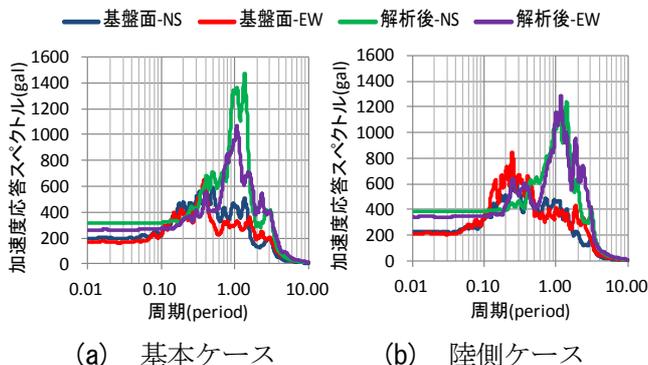


図-2 加速度応答スペクトル

の最大値は、最大加速度が大きい陸側ケースではなく、基本ケースの方が大きくなる結果となった。

3. 地震応答解析

3.1 対象橋梁および解析モデル

図-3に解析に用いた長大斜張橋の概略図を示す。本橋は、橋長885m、中央径間485mの3径間連続鋼斜張橋である。主桁、主塔は線形梁要素、ケーブルは軸力のみ受け持つ線形トラス要素でモデル化した。橋軸方向の支持条件としては主桁がすべての支点で可動とな

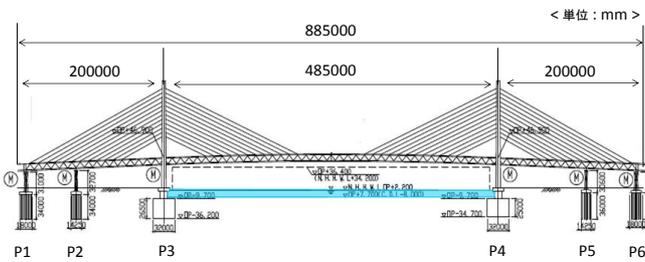


図-3 解析対象橋梁の概略図

表-2 長大斜張橋の固有値解析の結果

モード次数 n	振動数 f Hz	周期 T sec	有効質量比		
			X (橋軸)	Y (橋軸直角)	Z (鉛直)
1	0.2132	4.6906	0%	5%	0%
2	0.3873	2.5818	0%	0%	4%
3	0.5257	1.9024	14%	0%	0%
4	0.5296	1.8882	0%	0%	0%
5	0.5761	1.7358	0%	5%	0%
6	0.6046	1.6541	0%	0%	0%
7	0.6458	1.5484	4%	0%	0%
8	0.6903	1.4487	0%	0%	0%
9	0.6945	1.4400	0%	0%	0%
10	0.9167	1.0909	0%	0%	0%
11	0.9188	1.0883	0%	5%	0%
12	0.9601	1.0415	0%	1%	0%
13	1.0385	0.9630	0%	3%	0%
14	1.2029	0.8314	0%	0%	0%
15	1.2645	0.7908	0%	0%	0%
16	1.3293	0.7523	0%	0%	0%
17	1.4195	0.7045	0%	0%	5%
18	1.4236	0.7025	0%	0%	0%
19	1.4663	0.6820	0%	1%	0%
20	1.5913	0.6284	0%	0%	0%

るオールフリー形式、橋軸直角方向に対しては全て固定としている。

3. 2 解析条件

解析プログラムは、非線形時刻歴応答解析プログラム TDAP-III を使用した。解析手法は、Newmark β 法 ($\beta = 0.25$) を用いた。減衰は、Rayleigh 減衰とし、固有値解析で得られた卓越するモードでの減衰率を用いた。地震動の入力方向は、橋軸直角方向に単独加震とした。

3. 3 固有値解析結果

表-2 に長大斜張橋の固有値解析の結果を示す。同表から、各方向の卓越モードは、橋軸方向では 1.90 秒で有効質量比は 14%、橋軸直角方向では、4.69 秒で有効質量比は 5% となった。全体 5 次および全体 11, 13 次で橋軸直角方向に卓越するモードが現れており、全体 11, 13 次では周期が 1.0 秒付近であった。

3. 4 地震応答解析結果

図-4 に各橋脚基部の曲げモーメントを、図-5 に橋桁と各橋脚間の橋軸直角方向に対する支承部の水平方向の最大反力を示す。図-4 より、最も曲げモーメントが大きくなったのは、P4 橋脚での陸側ケースの東西方向の地震動であった。また、南北方向の波形に着目すると、P4 橋脚以外の橋脚では陸側ケースよりも基本ケースの方で曲げモーメントが大きくなる結果となった。

図-5 より、支承部の水平方向の最大反力は、橋脚によっては、陸側ケースよりも基本ケースの方が大きくなることを確認された。これは、図-2 より周期 1 秒付近の加速度応答スペクトルの値が陸側ケースよりも基本ケースの方が大きかったためと考えられる。

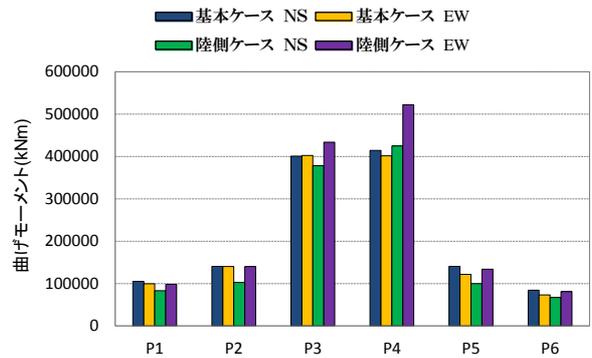


図-4 橋脚基部の最大曲げモーメント

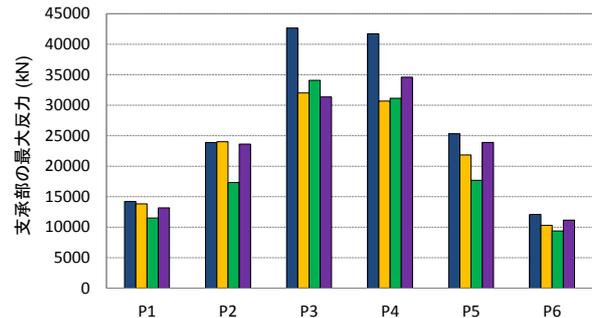


図-5 支承部の最大反力

4. 結論

本研究では、南海トラフの巨大地震を想定した強震動波形を作成し、固有周期が長い長大斜張橋をモデルとした地震応答解析を実施した。本検討により得られた知見を以下に示す。

- ・想定地震動の作成では、作成した波形は基盤面の波形に比べ振幅が大きくなるものとなった。また、加速度応答スペクトルの卓越周期の最大値は、最大加速度の大きい基本ケースよりも陸側ケースの方が大きい。
- ・地震応答解析では、橋脚基部の曲げモーメントが最も大きくなったのは P4 橋脚、陸側ケースの東西方向の波形である。
- ・南北方向の波形に着目すると、橋脚基部の曲げモーメント、支承部反力共に、橋脚によっては陸側ケースよりも基本ケースの方が、大きくなることを確認された。これは、周期 1 秒付近の地震動の加速度応答スペクトルの値が陸側ケースよりも基本ケースの方が大きかったためと考えられる。

以上を踏まえ、今後は長周期成分を考慮した地震動を用いて検討を続けていく予定である。

謝辞

本研究を行うにあたり、内閣府の「南海トラフの巨大地震モデル検討会」のデータを使用させていただきました。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 内閣府防災情報ホームページ：南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）、強震断層モデル編—強震断層モデルと震度分布について—、<http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/>