

卓越周期が長い地震動によるモデル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

九州大学大学院

フェロー

大塚久哲

1.はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震での観測地震動の特徴としては、地表面加速度が非常に大きいこと、断層破壊面が大きいこと、継続時間が長いこと、観測地点によっては地表面加速度の極値が2回現れたことや長周期成分が卓越する地震動が観測されたことなどがあげられる。本論文では、モデル斜張橋を用いて、2011 年東北地方太平洋沖地震の観測地震動が構造物にどのような影響を及ぼすのかの考察を行った。

2.地震動の選定

本論文で、解析に用いた観測地点の南北方向の加速度波形の最大加速度・卓越周期を表-1に示す。表の卓越周期とは図-1に示すフーリエスペクトルにおいて、フーリエ振幅が最大となるときの周期である。図-1(a)に示す仙台市観測点(mgy013)のようにフーリエ振幅の最大値が大きい地震動から4つ、また、図-1(b)に示す猪苗代観測点(fks020)のように卓越周期が2.0秒以上のものから8つを選出し、観測地震動からは計12ヶ所の観測地点のデータを用いた。道路橋示方書に示されている設計地震動¹⁾からは、2012年改正後のプレート境界型のもの9波を使用した。

3. モデル斜張橋における応答解析

3.1 モデル概要解析条件

図-2に今回の解析に用いたモデル斜張橋の全体図を示す。本論文で扱う免震斜張橋は、3径間連続複合斜張橋で橋長412.0m、幅14.0m(有効幅員11.0m)の3径間連続複合斜張橋である。主桁は箱断面であり、桁高は2.0mとした。床版は、鋼・コンクリート合成床版とし、主桁間に縦桁1本を配置し、床版支間を5.55mとした。横桁は10m間隔とし、ケーブル定着間隔と等しくした。桁併合後、一括コンクリート打設することにより、床版の打ち継ぎ目を無くした。主桁・横梁・ケーブルは線形で、RC主塔・RC橋脚は非線形である。支承条件は、全支点

に免震支承とした。

解析条件は以下のとおりとする。

- ・解析ソフト：TDAP-III
- ・解析方法：直接積分法
- ・数値積分法：newmark β 法
- ・減衰定数：Rayleigh減衰
- ・積分間隔：0.01秒

P1の桁端部とP2の塔頂部の応答変位に着目して解析を行った。

加震方向は、

- 橋軸方向にns方向の加速度波形・設計地震動の波形を入力
- 橋軸直角方向にns方向の加速度波形・設計地震動の波形を入力
- 観測地震動では、橋軸方向にns方向・橋軸直角方向にns方向・上下方向にud方向の加速度波形を入力
設計地震動では、橋軸方向・橋軸直角方向それぞれに同じ加速度波形を入力（上下方向には入力なし）とした。

3.2 固有周期

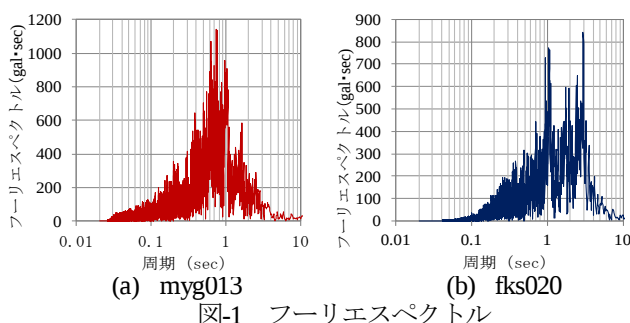
表-2にモデル斜張橋の固有周期の有効質量比を示す。同表から、有効質量比が大きくなるのが橋軸方向では1.43秒で有効質量比は53%、橋軸直角方向では、5.55秒で有効質量比は22%となった。

3.3 解析結果

図-3にモデル斜張橋での最大応答値を示す。a)では橋軸方向に加震した際の、桁端部と塔頂部の応答変位を、b)では橋軸直角方向に加震した際の、塔頂部と桁中央部の応答変位を、c)では3軸方向に加震した際の、桁端部と塔頂部、桁中央部の応答変位を示している。3軸に加震したときは、方向に依存しない最大の移動量である。図は左から卓越周期が短い順に並べている。橋軸方向の応答値では、橋軸方向の固有周期が一致する1.43秒前後で卓越周期を持つ地震の応答値が大きくなっていることが分かる。3軸に加震した場合の応答値では、すべてに地震動において桁端部の最大応答値は橋軸方向に加震し

表-1 地震動一覧

観測地点	コード	最大加速度	卓越周期	地盤種別	コード	最大加速度	卓越周期
宮城	築館 myg004	2699.89	0.17	I 種地盤	I-I-1	537.82	0.92
	塩釜 myg012	1969.18	0.36		I-I-2	794.79	0.59
	仙台 myg013	1517.16	0.73		I-I-3	692.87	0.45
岩手	北上 iwt012	590.72	0.43	II 種地盤	I-II-1	619.14	0.86
	松戸 chb002	284.00	6.83		I-II-2	674.90	1.00
	佐原 chb004	277.48	4.43		I-II-3	509.20	1.15
福島	猪苗代 chb024	232.14	4.43	III 種地盤	I-III-1	506.02	1.08
	猪苗代 fks020	241.48	2.95		I-III-2	574.18	1.35
	下館 ibr008	258.76	2.36		I-III-3	690.62	2.48
宮城	岩井 ibr015	321.05	4.43				
	鳴子 myg005	254.25	3.31				
山形	米沢 ymt015	192.70	2.13				



キーワード モデル斜張橋 長周期地震動 地震継続時間

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地 092-802-3377

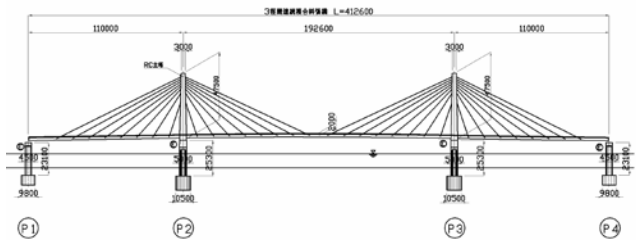


図-2 モデル斜張橋 全体図
表-2 モデル斜張橋 固有周期

次数	固有周期(s)	有効質量比(%)		
		橋軸	橋軸直角	鉛直
1	9.73	0	5	0
2	6.30	0	0	0
3	5.55	0	22	0
4	4.23	0	0	0
5	2.80	0	0	0
6	2.43	0	3	0
7	2.09	0	0	0
8	2.02	0	0	0
9	1.95	0	0	0
10	1.95	0	11	0
11	1.85	0	0	0
12	1.76	0	1	0
13	1.43	53	0	0
14	1.41	0	0	0
15	1.16	0	0	0
16	1.16	0	0	0
17	1.15	0	0	16
18	1.06	0	0	0
19	1.03	0	0	0
20	0.97	0	0	0

た場合の値に近くなっていることから、3 方向に加震しても影響は少なかったといえる。

橋軸直角方向の応答値では、設計地震動の応答値が大きくなっているが、観測された地震動のみを見ると橋軸方向の時と比べ、fks020 や myg005 の塔頂部の応答値が大きくなっている。また、観測地震動において桁中央部の応答変位を見ると、chb002、chb024、ibr015 では桁中央部の変位が塔頂部より大きくなっている。このことより、長周期成分が卓越する地震動では、桁中央部の変位が大きくなることが考えられる。表-1 に示した通り、加速度を見ると myg012 や iwt012 の方が明らかに大きいのだが fks020 や myg005 といった卓越周期が長い地震動の方が、応答値は大きくなっている。長周期構造物に対しては、長周期成分が卓越する地震動による応答変位にも注意が必要だといえる。

4. まとめ

本論文では、2011 年東北地方太平洋沖地震動の地震動の特徴として見られた地震動の最大加速度が大きく、卓越周期が長い地震動による応答の影響を調べるため、モデル斜張橋での解析を行った。解析の結果、得られた知見を以下に示す。

- ・橋軸方向・橋軸直角方向の応答でも、それぞれの有効質量比が大きくなる固有周期帯の成分が卓越する地震動による応答値が大きくなる結果が得られた。
- ・3 軸に加震した場合の応答値では、最大応答値は桁端部の最大応答値は橋軸方向に加震した場合の値に、塔頂部の最大応答値は橋軸直角方向に加震した場合の値に近いとなっていることから、最大応答変位について

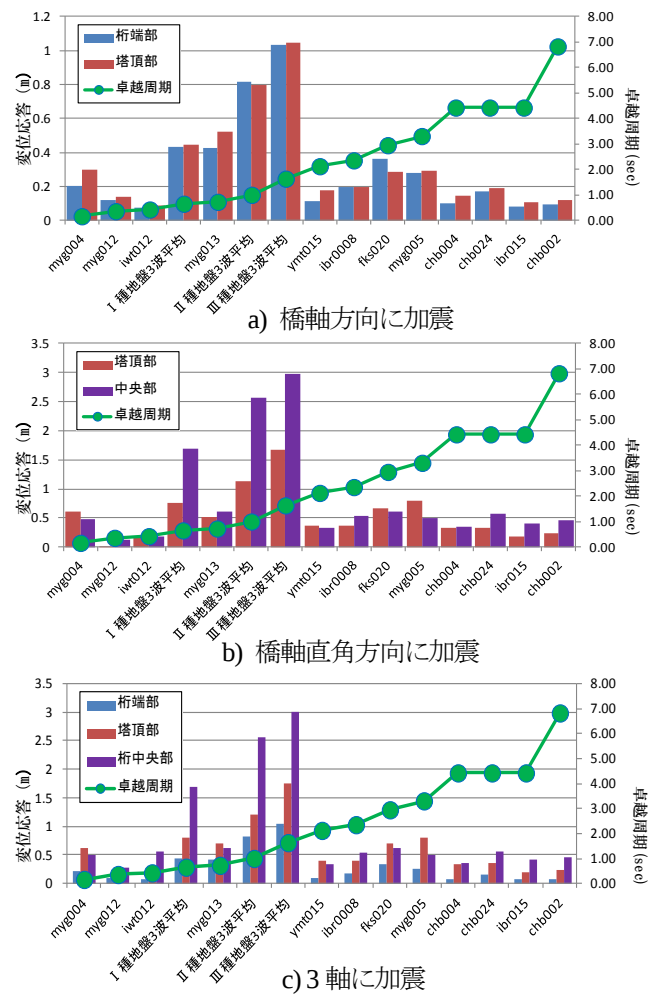


図-3 モデル斜張橋 応答値

- では、3 方向に加震しても影響は少なかったといえる。
- ・観測地震動において橋軸直角方向における桁中央部の応答変位を見ると、chb002、chb024、ibr015 では桁中央部の変位が塔頂部より大きくなっている。このことより、長周期成分が卓越する地震動では、桁中央部の変位が大きくなることが考えられる。
 - ・橋軸直角方向では、最大加速度が 200gal~300gal 程度でも長周期成分が卓越すればモデル斜張橋の応答値が大きくなった、すなわち、長周期構造物に対しては、長周期成分が卓越する地震動による応答変位にも注意が必要であることが確認された。

謝辞

本研究を行うにあたり、防災科学技術研究所の強震観測網 (K-net) のデータを使用させていただいた。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 平成 24 年 3 月