

地層構成が変化する橋梁の非線形動的解析に対する考察

(株)日本構造橋梁研究所 正会員○青木 優馬 西日本高速道路(株) 非会員 中村 繁貴

1. はじめに

本稿は、地盤種別が変化する地盤に架橋される橋梁の非線形動的解析結果を考察したものである。本橋は、橋梁縦断方向の地層構成の変化が大きく、地盤種別がⅠ～Ⅲ種まで変化しているため、各地盤種別の地震波を用いて動的解析を実施した。また将来、上部工完成形幅員とした場合を踏まえ、橋梁幅員の拡幅を想定した動的解析も実施し、その応答値を整理し、最も構造物に影響を与えるケースの予測の可否を検証し、考察した。

2. 橋梁概要

橋梁形式は、上下線ともにランプや道路を横過する鋼3径間連続箱桁橋である(図-1)。一方、下部構造は箱式橋台1基(上下線一体A1)、逆T式橋台2基(上下線A2)、柱式橋脚4基(上下線P1、P2)で構成されている。

3. 解析条件

本橋周辺の地質状況は、架橋位置の基盤には超丹波帯の砂岩が分布し、表層には砂岩角礫からなる崖錘堆積物が薄く被覆しており、起点側橋台背面部は急傾斜面を有している。

支承条件および地盤条件は、表-1に示すとおりであり、上り線がⅠ・Ⅱ種地盤、下り線がⅠ・Ⅱ・Ⅲ種地盤の混在地盤となる特徴を有する。

4. 振動特性と加速度応答スペクトルの関係

本橋の固有周期一覧を表-2に、固有周期に応じた加速度応答スペクトルを表-3、図-2、図-3に示す。上部工の総幅員は、ケース1が16.9m、ケース2が10.7mである。直角方向の固有周期は加速度応答スペクトルが最大区間に位置し、橋軸方向は下降領域に位置するため、応答が大きくなり、さらに幅員が狭く、固有周期が短いケース2の方が加速度応答スペクトルが22~38%大きくなる。

5. 非線形動的解析結果の推測方法

橋軸方向の解析では、可動支承である橋台部の地盤種別を無視し、上り線はⅠ種地盤のみ、下り線はⅠ・Ⅱ地盤の2ケースの地震波を用いて実施した。

直角方向の解析は支承条件が全て固定のため、上り線はⅠ・Ⅱ地盤の2ケース、下り線はⅠ~Ⅲ種地盤の3ケースで実施した。それぞれの橋脚・橋台が属する地盤種別の結果で比較

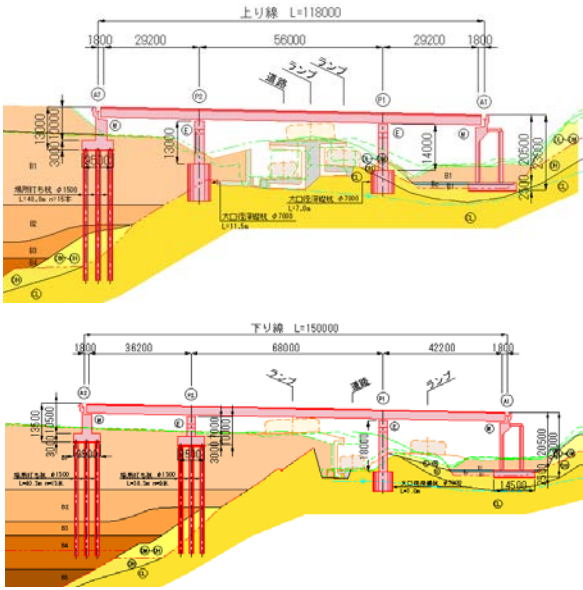


図-1 全体一般図

表-1 支承条件および地盤種別

		A2	P2	P1	A1
支承条件	橋軸方向	M(可動)	E(免震)	E(免震)	M(可動)
	橋軸直角方向	F(固定)	F(固定)	F(固定)	F(固定)
上り線	TG(s)	0.565	0.136	-	0.096
	地盤種別	Ⅲ種地盤	Ⅰ種地盤	Ⅰ種地盤	Ⅰ種地盤
下り線	TG(s)	0.706	0.556	0.060	0.096
	地盤種別	Ⅲ種地盤	Ⅱ種地盤	Ⅰ種地盤	Ⅰ種地盤

表-2 固有周期一覧 単位: sec

	地盤 種別	幅員 ケース	橋軸方向		直角方向	
			タイプⅠ	タイプⅡ	タイプⅠ	タイプⅡ
上り線	Ⅰ種	ケース1	1.41	1.41	0.43	0.43
		ケース2	1.15	1.18	0.41	0.41
下り線	Ⅰ種	ケース1	2.11	1.92	0.54	0.54
		ケース2	1.72	1.58	0.51	0.51
	Ⅱ種	ケース1	2.37	2.41	0.54	0.54
		ケース2	1.94	2.03	0.51	0.51

表-3 加速度応答スペクトルの最大値と比率

		単位: gal								
	地盤種別	幅員ケース	橋軸方向(比率=ケース2/ケース1)		直角方向(比率=ケース2/ケース1)					
			タイプⅠ	タイプⅡ	タイプⅠ	タイプⅡ				
上り線	Ⅰ種	ケース1	596	(1.23)	626	(1.35)	1,400	(1.00)	2,000	(1.00)
		ケース2	732		844		1,400		2,000	
下り線	Ⅰ種	ケース1	398	(1.23)	374	(1.38)	1,400	(1.00)	2,000	(1.00)
		ケース2	489		517		1,400		2,000	
	Ⅱ種	ケース1	493	(1.22)	546	(1.34)	1,300	(1.00)	1,750	(1.00)
		ケース2	602		730		1,300		1,750	

表-4 解析ケース一覧

		Ⅰ種地盤	Ⅱ種地盤	Ⅲ種地盤
		○	—	—
上り線	橋軸方向	○	—	—
	橋軸直角方向	○	—	○
下り線	橋軸方向	○	○	—
	橋軸直角方向	○	○	○

キーワード 非線形動的解析, 固有周期, 加速度スペクトル, 地盤種別

連絡先 〒101-0032 東京都千代田区岩本町 3-8-16 NMF 神田岩本ビル 3 階 (株)日本構造橋梁研究所 設計部 TEL 03-5825-5031

を行う。

地盤種別毎の解析ケース一覧は表-4のとおりとなる。これに幅員変化を考慮したケースを加えると合計16ケースの動的解析の実施が必要となり、多くの時間を要した。今後、同様に、同一橋梁で荷重条件のみ変化させる場合、効率的に業務を履行するために、加速度応答スペクトルを用いて橋梁の応答に最も影響を与えるケースの推定の可否を検討した。検討対象は、下り線とした。

確認方法は、静的な慣性力（以下、静的慣性力と云う）と、動的解析の発生せん断力（以下、動的せん断力と云う）との比較を行い、整合性を確認する。なお、比較は下り線の橋軸方向を対象として、ケース1とケース2、Ⅰ種地盤とⅡ種地盤に対して行った。

6. 橋梁幅員の違いによる最大応答値比率に関する考察

下り線のケース1（広幅員）、ケース2（狭幅員）の上部工全重量の比較一覧（表-5）、静的慣性力の比率一覧（表-6）、動的せん断力の比率一覧（表-7）に示す。なお、一覧表の数値はケース1／ケース2である。

静的慣性力ではケース1が大きくなる結果であるのに対し、動的せん断力では一部でケース2が大きくなる結果となった。静的と動的の個別応答の比較では傾向が一致しないが、動的の橋梁全体応答としての平均的な応答比でみると概ね傾向は一致することが確認できた。

7. Ⅰ・Ⅱ種地盤における最大応答値比率に関する考察

下り線のⅠ・Ⅱ種地盤の静的慣性力の比率一覧表（表-8）、動的せん断力の比率一覧表（表-9）に示す。なお、一覧表の値は全てⅠ種地盤／Ⅱ種地盤である。

静的慣性力・動的せん断力ともにⅡ種地盤が大きくなる傾向であることが確認できた。

8. まとめ

6、7の比較結果から、上部工重量や地盤種別が異なる動的解析結果は、加速度応答スペクトルによる静的慣性力を確認することにより、ある程度構造物に影響を与えるケースを推測できることが分かった。しかし、一部で静的と動的の傾向が異なる箇所も確認された。これは、固有値解析は柱剛性をひび割れ剛性とした線形解析であるのに対し、動的解析では柱が塑性化することによる長周期化の影響で、静的に算出した加速度と動的解析の応答加速度に乖離が生じたためであると考えられる。

以上より、検討レベルでは加速度応答スペクトルの結果から最も構造物に影響を与えるケースを推定し計算ができるため、業務の効率化を図ることができる。

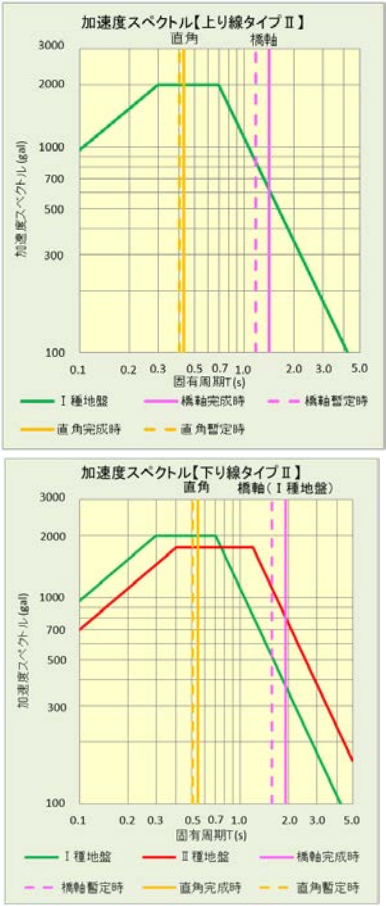


図-3 加速度応答スペクトル図

表-5 下り線の上部工重量の比較一覧表

		下り線
①ケース1	kN	35,400
②ケース2	kN	25,200
比率(①/②)	-	1.40

表-6 ケース1・2の静的慣性力の比率一覧表

方向		橋軸方向	
地震タイプ		タイプⅠ	タイプⅡ
ケース1/ケース2	Ⅰ種	1.14	1.02
	Ⅱ種	1.15	1.05

表-7 ケース1・2の動的せん断力の比率一覧表

方向		橋軸方向					
地震タイプ		タイプⅠ			タイプⅡ		
橋脚		P1	P2	平均	P1	P2	平均
ケース1/ケース2	Ⅰ種	0.97	1.08	1.03	1.06	1.13	1.10
	Ⅱ種	1.04	1.14	1.09	0.89	0.95	0.92

表-8 Ⅰ・Ⅱ種地盤の静的慣性力の比率一覧表

方向		橋軸方向	
地震タイプ		タイプⅠ	タイプⅡ
Ⅰ種/Ⅱ種	ケース1	0.81	0.68
	ケース2	0.81	0.71

表-9 Ⅰ・Ⅱ種地盤の動的せん断力の比率一覧表

橋脚		橋軸方向			
方向		タイプⅠ		タイプⅡ	
地震タイプ		P1	P2	P1	P2
Ⅰ種/Ⅱ種	ケース1	0.77	0.91	0.73	0.75
	ケース2	0.82	0.97	0.61	0.63