

急曲線桁を有する鉄道3径間断続合成桁橋梁の耐震解析検討

復建エンジニアリング ○正会員 桒山 剛 正会員 井口 光雄
京浜急行電鉄(株) 小林 壮至 吉住 陽行

1. 概要

本検討の対象構造物は、図1に示すように $R = 100\text{m}$ の曲線桁を上下2層に有する鉄道3径間断続合成桁橋梁である。非常に特殊な構造形態から大規模地震発生時には複雑な応答を示すと予想されるため、適切な構造解析モデルの構築及びラケット型をしたP2橋脚の耐震性能確保が重要な課題となる。本報告は弾塑性時刻歴応答解析の手法を用いた設計概要及び耐震性能結果について報告するものである。

2. 検討対象構造物

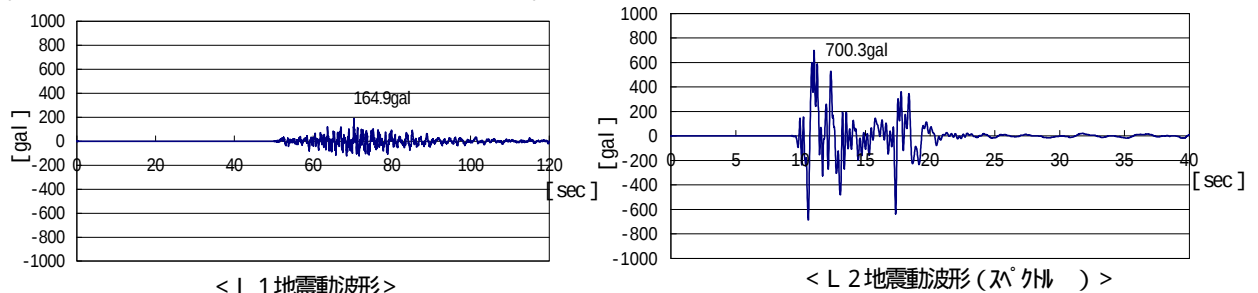
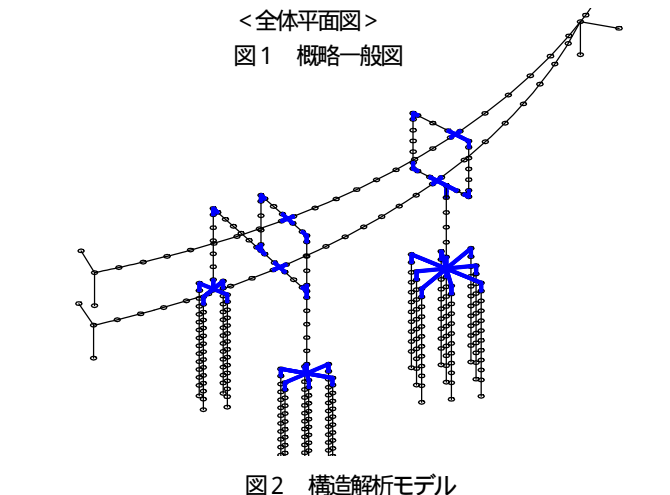
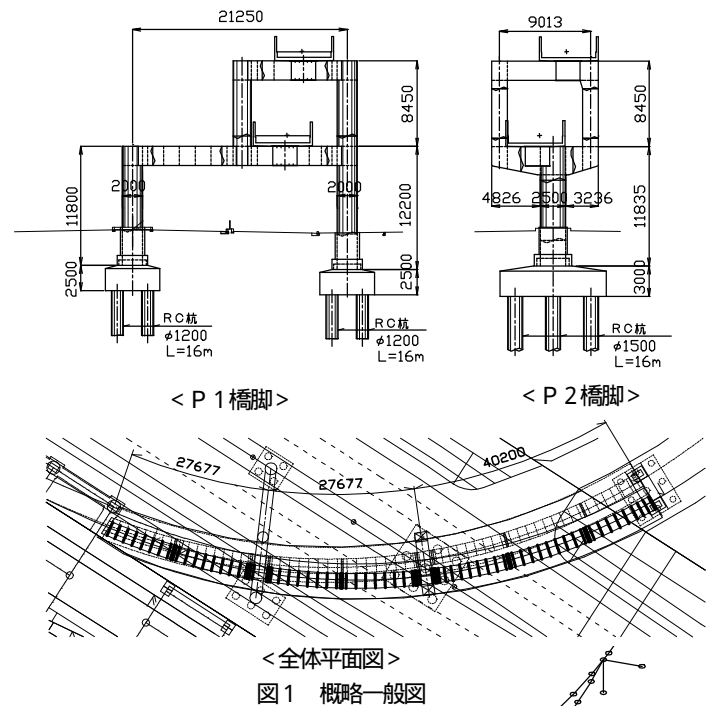
本橋梁の上部工は、最大支間 40.2m 、全長 95.6m の上路型式3径間連続桁である。下部工は、起点方端支点部が鋼ラーメン高架橋、終点方端支点部が鋼製ラーメン橋脚で支持されており、中間支点となるP1、P2橋脚は基礎型式が場所打ちRC杭の2層鋼製橋脚である。発生するねじり・揚力の影響も非常に大きいと予想されるため、主桁とP1・P2橋脚は剛結構造とし、端支点の支承にBPシューを採用した。コンクリートスラブと鋼桁の接続は断続合成桁として考慮し、支間中央の正曲げモーメント部には剛な馬蹄形ジベル、中間支点付近の負曲げモーメント及び正負交番部にはずれを許容した柔ジベルを設置した。柱部材は鋼管構造とし、局部座屈による急激な耐力減少の防止及び塑性ヒンジにおける変形性能向上のためコンクリートを充填してCFT構造とした。

3. 解析条件

1) 構造解析モデル及び、部材、地盤のモデル化

解析モデルは、地盤—基礎—構造系一体の3次元骨組モデルとした。(図2参照)

部材のモデル化について、上部構造は塑性ヒンジ発生箇所はP1、P2橋脚柱基部とし、モデル化はトリリニアのM- ϕ 関係で行った。等価塑性ヒンジ長は死荷重時の軸力より算出した値で行い、軸力による耐力の変動も考慮した。他の上部構造部材については線形部材とした。



キーワード：鋼鉄道橋、損傷レベル、塑性ヒンジ、時刻歴応答解析、部材非線形

連絡先：(株)復建エンジニアリング 〒103-0012 東京都中央区日本橋1-11-12 TK 掘留ビル TEL 03-5652-8563 FAX 03-3660-9374

基礎構造は、フーチングは剛域として考慮し、RC 杭についてはトリリニアのM - φ関係で行った。節点は1Dで分割し、柱部材同様軸力による耐力の変動を考慮した。杭頭部については鉄筋の抜け出しの影響を考慮した。

地盤パネのモデル化は、杭部材について先端鉛直バネ、周面鉛直バネ、周面水平バネを考慮し、それぞれ支持力及び有効抵抗土圧を上限値(αf=2.0)としたバイリニアモデルとした。

2) 地盤種別、入力地震波形

当該地盤の固有周期は0.6(sec)程度であるため、入力地震波はL1地震、L2地震とも鉄道総研作成のG4地盤用地表面波形を用いた。(図3参照)

3) 加振方向

図4に示す全8ケースとした。

4. 解析結果

P2橋脚柱基部の断面諸元及び、L2地震解析における照査結果を表1に示す。図5、6には加振方向2のケースにおけるL1地震、L2地震でのP2橋脚天端水平変位履歴の結果を示している。

L1地震動解析の結果、全部材の最大応答値が降伏耐力以内となっており、耐震性能を満足することが確認できた。

L2地震に対する解析では、P2橋脚基部及びP1橋脚の右側柱基部が損傷レベル2、左側柱基部が損傷レベル1という結果であった。基礎については部分的に軸力の影響から損傷する箇所はあるものの、群杭基礎としての降伏には至っておらず、安定レベル1とゆう結果となった。また、非線形を考慮していない部材についても全て弾性範囲の応答結果であった。

5. 考察とまとめ

3次元解析モデルを構築し、部材・地盤の非線形を考慮した解析検討の結果、L1地震については耐震性能、L2地震動については耐震性能を確保していることが確認できた。

また、比較検討の結果から加振方向2のケースがP2橋脚にとって最も不利な加振ケースであることがわかった。加振方向2のケースはP1橋脚梁と直行する方向であり、P1橋脚のラーメン構造が橋梁全体系の安定に大きく関与しているものと推測できる。

6. おわりに

一般的に、地震時の検討は水平方向に対して行うことが多く、本橋においても水平方向についての検討を行った。本来、このような複雑な構造物においては鉛直方向の地震力も無視できないと考えられるが、鉄道構造物の設計に関して地震動の鉛直成分に関する設計法は未だ確立されていないのが現状である。現在、本橋梁全体系に及ぼす影響の大きかった加振方向2のケースに鉛直地震動を組み合わせた解析を検討中であり、その検討結果についても報告することを考えている。

参考文献：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計 (H11)

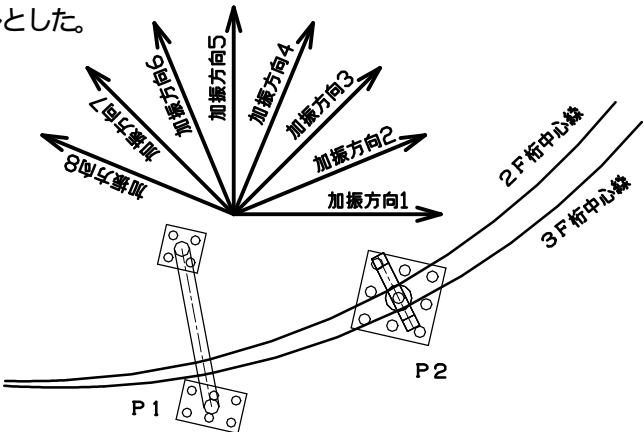


図4 加速度加振方向

表1 P2橋脚断面諸元及びL2地震照査結果

断面諸元	P2橋脚基部		加振方向							
	部材位置	鋼管径	加振方向1	加振方向2	加振方向3	加振方向4	加振方向5	加振方向6	加振方向7	加振方向8
	鋼管径	D=2500 (mm)	11.40	11.44	11.43	11.39	11.32	11.30	11.31	11.34
	鋼材材質	SM570								
	鋼管厚	t=50 (mm)								
	充填コンクリート強度	35 (N/mm ²)								
照査	時刻	t	sec	11.40	11.44	11.43	11.39	11.32	11.30	11.34
	最大応答曲げモーメント	Md	kN-m	131355.9	134743.5	132209.4	131405.0	131414.8	130875.2	131503.1
	最大応答部材角	θd	rad	0.00599	0.00748	0.00656	0.00553	0.00449	0.00382	0.00391
	曲げ最大軸力	Nd	kN-m	11526.8	12191.9	12439.1	13341.6	16043.3	19637.7	22793.5
	曲げ降伏耐力	Myd	kN-m	127902	128200	128310	128711	129859	131279	132428
	損傷レベル2制限値	θmd	rad	0.01543	0.01536	0.01533	0.01524	0.01499	0.01468	0.01444
	y i・Md / Myd			1.03	1.05	1.03	1.02	1.01	1.00	0.99
	y i・θ d / θ md			0.39	0.49	0.43	0.36	0.30	0.26	0.27
	損傷レベル結果			2	2	2	2	2	1	1

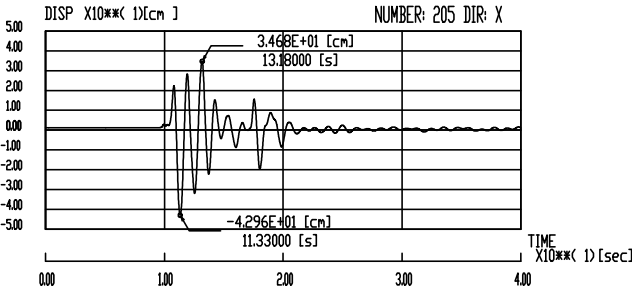


図5 P2橋脚天端水平変位履歴 (L2地震)

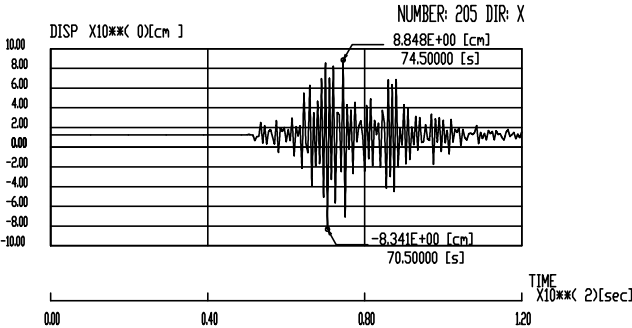


図6 P2橋脚天端水平変位履歴 (L1地震)

