

大阪大学大学院 学生員○隅谷 亮 大阪大学大学院 学生員 権 映録
大阪大学大学院 学生員 大澤和也 大阪大学工学部 正会員 西村宣男

1. まえがき 都市における鋼製橋脚では立地スペースの制約などにより、単柱形式が用いられることが多い。このような形式の高架橋では特に頂部に上部構造の大きな質量を有するため、終局強度設計の立場から巨大地震の際の動的応答特性が特に問題となる。兵庫県南部地震においても、多くの鋼管橋脚に大きな被害が生じた。そこで本研究では、実際被害を受けた鋼管橋脚に対して局部座屈以前の塑性化の影響のみを考慮した地震時の挙動を正確に把握するため、弾塑性解析を行い鋼管橋脚の地震応答特性を明らかにする。なお鋼材の構成則として本研究室で開発された繰り返し塑性履歴を受ける鋼材の構成式¹⁾を用いた。

2. 入力地震波 構造物の地震応答特性は入力地震波に大きく依存する。今回は3種類の地震波をそれぞれ定数倍し13通りの地震波を考えた。3種類の地震波は、兵庫県南部地震においてJR鷹取駅、神戸海洋気象台で観測された地震波(NS成分)、道路橋示方書に示されているLevel2地震波である。

3. 実橋脚の応答解析

3. 1. 解析モデル 本研究の対象とする解析モデルは、阪神高速神戸線松原交差点付近の3本の橋脚である。今回はその解析の一例として主に橋脚NP-584についての解析結果を報告する。解析モデルの諸元を表-1に、また橋脚の詳細図・モデル図を図-1に示す。いずれの橋脚もセグメントごとに板厚または鋼材が変化している。橋脚の張り出し部は剛棒とみなした。充填コンクリートは板厚換算し、断面は36の細要素に分割し、それぞれの細要素で弾塑性の判定を行っている。

表-1 解析モデル諸元

モデル	要素	断面寸法 (mm)	材質	要素高 (m)	橋脚高 (m)	降伏変位 (cm)	固有周期 (s)
NP-584	①	φ 2200×t51	SM490	2.63	15.71	8.24	0.93
	②	φ 2200×t25	SM490	0.63			
	③	φ 2200×t25	SS400	4.00			
	④	φ 2200×t19	SS400	6.00			
	⑤	φ 2200×t19	SM490	1.28			

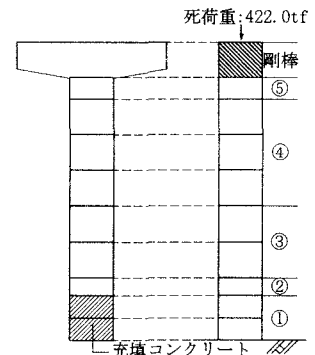


図-1 詳細図・モデル図

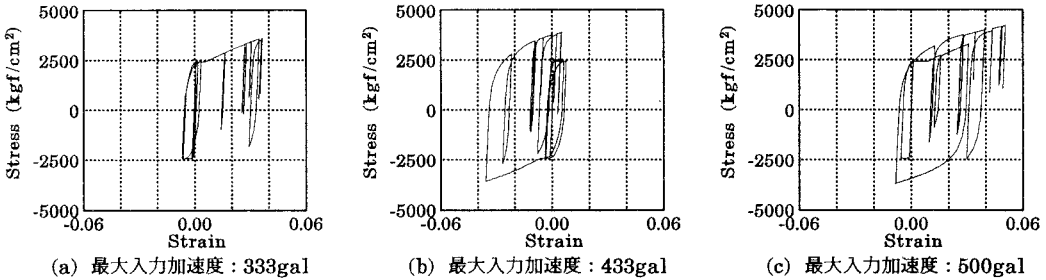
3. 2. 解析結果 橋脚NP-584にJR鷹取駅のNS成分を入力した場合の解析結果をもとに、入力地震波の大きさ、種類、及び橋脚の種類による応答特性の違いをみる。

①入力地震波の大きさによる応答特性の比較 橋脚NP-584にJR鷹取駅のNS成分を入力した時の応答値を表-2に、最も大きな挙動を示したセグメント(要素③での下部)に関する応力-ひずみ関係の一例を図-2に示す。解析結果より、最大入力加速度が200galを越えるあたりより塑性化が始まり残留変位も生ずるが、最大加速度が300galまでは残留変位も小さく機能上は問題ないといえる。しかし最大入力加速度が333galを上回ると最大ひずみも増大し、それにとともに最大変位も増大する。残留変位においても333galの時で橋脚高の2.51%と許容範囲である1%を大きく上回る。その後はいったん変位が増大するが、400galで変位は減少している。図-2より最大入力加速度が300galの時より433galの方が応力-ひずみ関係のループは小さくなっている。しかし再び466galより最大変位、残留変位ともに増大している。このような挙動は、解析開始後の約5秒付近のひずみ履歴により決定されている。他の地震波及び橋脚に対しても、同様の傾向がみられた。このように橋脚の応答特性は、入力加速度の大きさのみに影響しない。

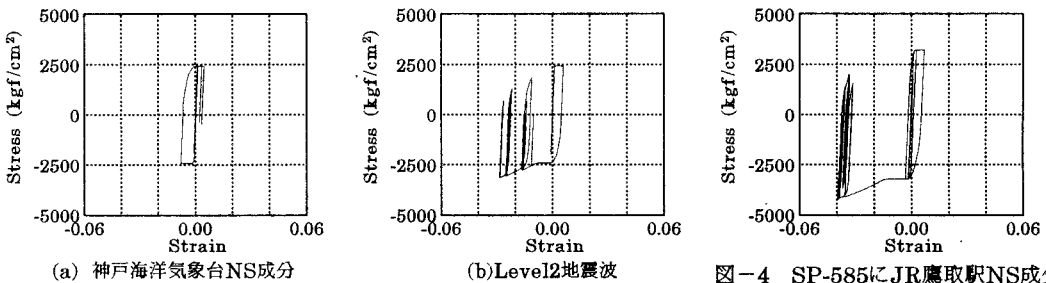
表－2 橋脚NP-584にJR鷹取駅NS成分を入力した時の応答値

最大入力加速度(gal)	100	133	166	200	233	266	300	333	366	400	433	466	500
最大応答変位(cm)	5.0	6.6	8.2	9.9	11.6	13.3	14.9	16.0	24.6	32.9	45.0	31.2	16.3
	-4.9	-6.4	-8.0	-9.6	-10.3	-10.4	-19.4	-45.2	-52.5	-31.2	-15.3	-24.8	-60.2
残留変位(cm)	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	-1.2	-10.8	-39.5	-46.6	-25.1	-4.6	-18.4	-55.0
δ_{max}/δ_y	0.61	0.80	1.00	1.20	1.41	1.61	2.35	5.49	6.37	3.99	5.46	3.79	6.63
$\delta_r/H(\%)$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.08	0.69	2.51	2.97	1.60	0.29	1.17	3.50
細要素の塑性率(%)	0	0	0	39	61	83	94	94	94	94	94	94	94

(δ_{max} : 最大応答変位、 δ_y : 降伏変位、 δ_r : 残留変位、H : 橋脚高)



図－2 NP-584にJR鷹取駅NS成分入力時の応力－ひずみ関係



図－3 NP-584の応力－ひずみ関係
(最大入力加速度：300gal)

図－4 SP-585にJR鷹取駅NS成分
入力時の応力－ひずみ関係
(最大入力加速度：300gal)

②入力地震波の種類による応答特性の比較 橋脚NP-584に3種類の地震波を入力した時の応答を比較する。一例として橋脚NP-584に神戸海洋気象台NS成分及びLevel2地震波を入力した時の応力－ひずみ関係を図－3に示す。図－2(a)と図－3で示されるようにそれぞれの応答特性には大きな違いがみられ、応答特性は地震波の最大値だけでなくその地震波の最大加速度応答スペクトル、継続時間などにも影響する。

③橋脚の違いによる応答特性の比較 一例として橋脚SP-585にJR鷹取駅NS成分を入力した時の応力－ひずみ関係を図－4に示す。図－2(a)と図－4で示されるように同じ地震波で同じ入力加速度でも橋脚により大きな違いがみられる。これは橋脚の固有周期の違いなどによるものと思われる。

4. まとめ 今回の解析結果より鋼製高橋脚橋梁の地震応答特性は、地震波の種類・大きさ及び橋脚等により大きく異なってくることが確かめられた。ある地震波で、耐震設計の目安の一つである最大変位・残留変位が小さくなったとしても、それよりも小さな地震波でより大きな変位を引き起こす可能性も考えられ、橋脚の動的解析の際には出来るだけ多くのパターンを調べる必要がある。今後は、鋼製橋脚の応答特性を更に正確に把握するために全体解析を、また地震波の多成分同時入力の影響も調べる予定である。

【参考文献】

- 1) 西村宣男・小野潔・池内智行：単調載荷曲線を基にした繰返し塑性履歴を受ける鋼材の構成式、土木学会論文集、No. 513/I-31, pp. 27-38, 1995年4月