

兵庫県南部地震による円形断面鋼製単柱橋脚の座屈損傷に関する一検討

阪神高速道路公団 正会員 秦 健作
(社) 鋼材倶楽部 正会員 才村幸生

九州工業大学 正会員 幸左賢二
(社) 鋼材倶楽部 正会員 中沢好夫
日本技術開発(株) 正会員 ○安木清史

1. はじめに

1995年1月17日の兵庫県南部地震では、阪神高速道路の鋼製橋脚において座屈による被害が多数発生した。鋼製単柱橋脚の座屈損傷に関しては、著者らによる座屈パラメータに着目した検討の結果、特に円形断面単柱橋脚において座屈損傷との対応がある程度認められた¹⁾。本論文では、この円形断面鋼製単柱橋脚を対象とし、特に被害が集中している阪神高速道路3号神戸線の、神 P580～神 P648 橋脚の範囲に着目した橋脚構造における座屈損傷の発生位置に関して検討を加えたものである。橋脚柱の局部座屈強度に基づく耐力に着目して座屈損傷位置を推定し、実際に生じた座屈損傷位置との比較を行った。

2. 鋼製橋脚の最大耐力震度の算出方法

橋脚の座屈損傷は局部座屈耐力が最も小さい断面位置に生じると考えられる。本論文では橋脚構造としての局部座屈耐力を評価出来る指標として最大耐力震度(最大耐力²⁾／上部構造重量として定義)に着目した。計算フローを図-1に示す。最大耐力震度は、座屈損傷が生じやすい板厚変化位置および横リブ・ダイヤフラムで囲まれるパネルの中間部分において、橋軸方向および橋軸直角方向それぞれの方向に対して算出した(図-2)。なお、対象橋脚範囲では中埋めコンクリート断面での損傷は見られなかったため、ここでは鋼断面のみを対象とした。各断面の局部座屈を考慮した基準強度 σ_{cri} の計算は、文献³⁾に基づき径厚比 R/t により許容応力度 σ_{cal} を求め、 σ_{cal} 値に安全率(1.7)を乗じることによって算出した。最大曲げ耐力 M_{mi} の算出においては、実験結果⁵⁾に基づいた提案式を用いた。これは検討対象橋脚の軸力比がその実験条件の範囲と同様であるため、実験の成果を検討に適用できると判断したことによる。

3. 座屈損傷位置に関する検討

図-3に検討対象橋脚の構造側面図と平面配置図を示す。図中の矢印は残留変位方向であり、これは橋軸方向および橋軸直角方向の残留変位の実測値に基づいて計算したものである。表-1には、座屈損傷の程度がより顕著である座屈損傷ランク⁶⁾As～Bの橋脚に着目して、各橋脚の全断面位置での最大耐力震度と径厚比パラメータを示す。また同表には座屈損傷ランクおよび損傷位置における細長比パラメータ、軸力比などの諸元

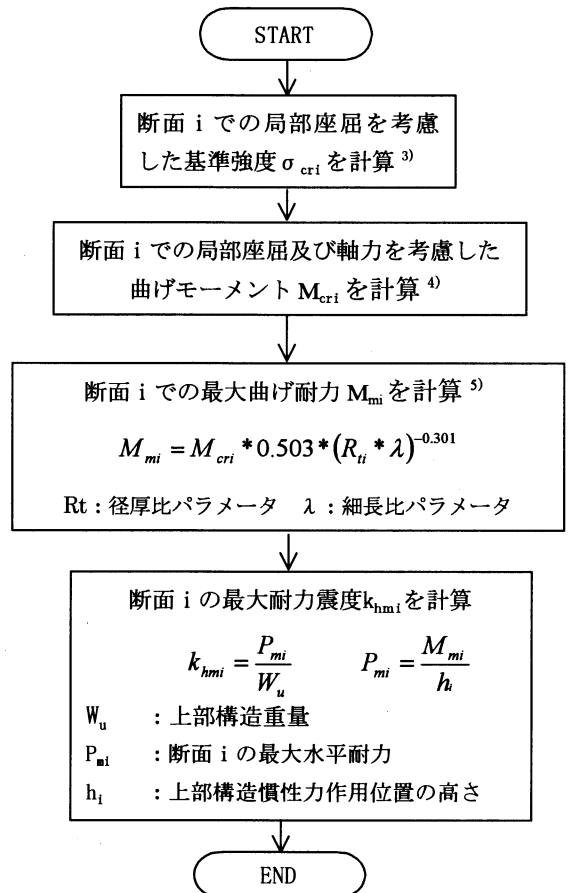


図-1 最大耐力震度の計算フロー

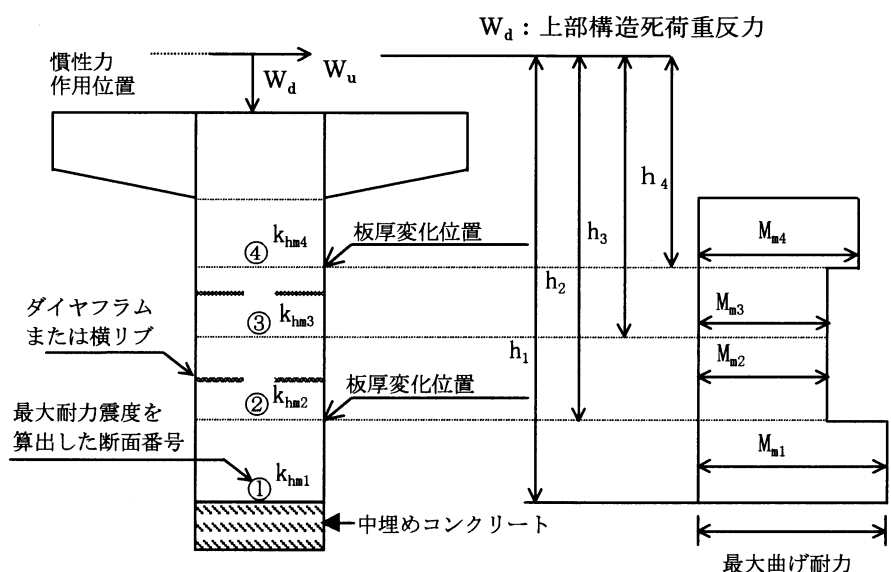


図-2 最大耐力震度の算出位置

キーワード: 兵庫県南部地震, 鋼製橋脚, 座屈損傷, 最大耐力震度, 径厚比パラメータ

連絡先: 〒164-8601 東京都中野区本町 5-33-11, TEL:03-5385-5111, FAX:03-5385-8525

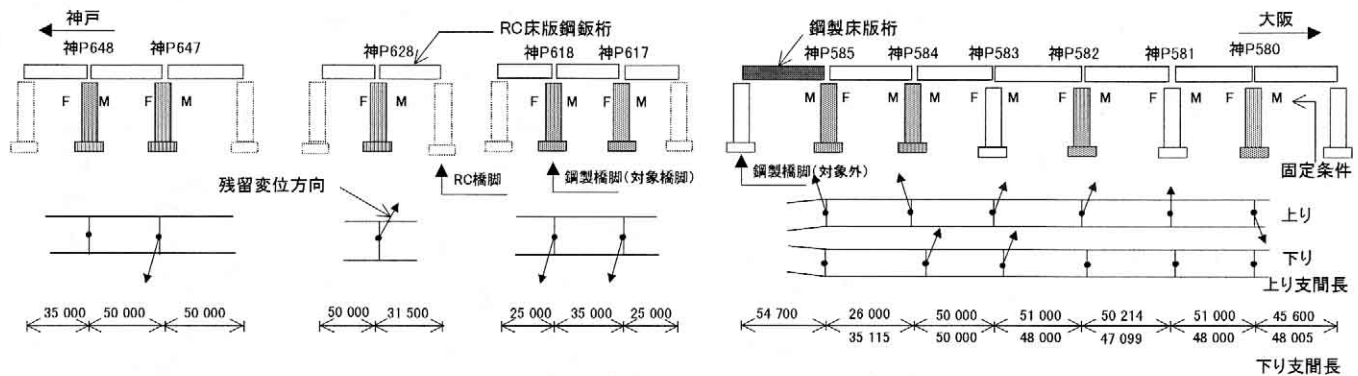


図-3 検討対象橋脚の側面図と平面配置図

表-1 径厚比パラメータと最大耐力震度

太字: 径厚比パラメータ⇒最大値
最大耐力震度: ⇒最小値
損傷位置

項目	橋脚	神P648	神P647	神P628	神P618	神P617	神P585	神P584		神P582	神P580	
							下り	上り	下り	下り	上り	下り
座屈損傷ランク		B	B	A	A	A	A	As	As	B	A	A
橋脚高さ(mm)		12 845	12 030	16 035	11 125	11 305	16 424	16 481	16 435	16 555	13 924	14 267
外径(mm)		2 000	2 000	2 000	2 500	2 500	1 800	2 200	2 200	1 800	1 800	1 800
上部工死荷重反力(kN)		8722	10329	4488	7781	7938	3185	4449	5037	5625	5841	5841
各断面の 径厚比 パラメータ	断面⑦							0.145	0.145			
	断面⑥						0.166	0.108	0.108	0.102	0.107	0.107
	断面⑤	0.105					0.166	0.108	0.098	0.076	0.080	0.080
	断面④	0.083	0.081			0.149	0.132	0.108	0.098	0.076	0.080	0.107
	断面③	0.099	0.071	0.108	0.149	0.115	0.107	0.082	0.073	0.056	0.107	0.107
	断面②	0.099	0.089	0.086	0.115	0.115	0.107	0.082	0.073	0.056	0.097	0.093
	断面①	0.099	0.089	0.104	0.115	0.115	0.097	0.11	0.098	0.065	0.097	0.083
各断面の 最大耐力 震度	断面⑦							1.111	0.958			
	断面⑥						0.580	0.654	0.572	0.533	0.657	0.648
	断面⑤	1.476					0.406	0.495	0.498	0.312	0.386	0.372
	断面④	0.873	1.299			1.650	0.413	0.398	0.399	0.242	0.293	0.346
	断面③	0.471	0.777	1.032	1.699	0.858	0.451	0.484	0.496	0.313	0.288	0.277
	断面②	0.361	0.413	0.657	0.882	0.653	0.378	0.414	0.424	0.268	0.272	0.279
	断面①	0.329	0.324	0.328	0.616	0.580	0.399	0.478	0.489	0.371	0.258	0.313
損傷位置 での諸元	板厚(mm)	25	28	24	27	27	23	19	21	22	23	21
	軸力比	0.17	0.18	0.13	0.07	0.07	0.08	0.12	0.12	0.16	0.14	0.15
	細長比	0.35	0.32	0.55	0.29	0.3	0.63	0.43	0.43	0.5	0.47	0.52

も示す。同表に示す最大耐力震度は橋軸直角方向に対して算出した。これは検討対象橋脚の残留変位の方角性より、地震動の卓越方向をおおむね橋軸直角方向と仮定したことによるものである。表中の損傷位置とは、橋脚柱部で生じた座屈損傷のうち、補剛板の面外残留変形量が最も大きい断面位置である。対象橋脚の座屈損傷位置は、神 P580 下り、神 P582 下り、神 P584 上り・下り橋脚の 4 基は、板厚変化位置での損傷となっており、その他はすべてコンクリート充填部直上で損傷していることが分かる。

座屈損傷位置と、最大耐力震度の最小値の断面位置を比較すると、表-1より神 P585 下り橋脚以外は一致していることが分かる。一致しなかった神 P585 下り橋脚については、他の橋脚にみられるような一般的な提灯座屈ではなく、凹変形が大きい特殊なケースだったことから、地震時に複雑な挙動を呈したものと考えられる。また、同様に径厚比パラメータについても最大値となる断面位置に着目して、座屈損傷位置との比較を行ったが、神 P580 下り、神 P647 橋脚以外は、一致していないことが分かる。最大耐力震度の値に着目すると、ばらつきが見られるものの、概ね 0.25 から 0.4 程度に分布していることが分かる。しかし神 P617、神 P618 橋脚は最大耐力震度が大きくなっており、これは細長比および軸力比の両方が他の橋脚に比較して小さくなっていることが影響しているものと考えられた。

4. おわりに

本論文では、最大耐力震度に着目して、座屈損傷ランク B 以上(より顕著な座屈損傷)の被害を受けた全ての円形断面単柱橋脚について座屈損傷位置を推定し、実際に生じた座屈損傷位置との比較を行った。その結果、最大耐力震度の最小値の断面位置と座屈損傷位置が概ね一致していることが確認された。

本論文は、阪神高速道路公団と(社)鋼材倶楽部との共同研究「兵庫県南部地震による鋼構造物の被災要因分析に関する研究」における成果の一部である。なお、本研究に際しては社団法人日本橋梁建設協会の近藤俊行氏と尼子元久氏より貴重な助言を頂いた。ここに記して謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 秦他: 兵庫県南部地震による鋼製橋脚の損傷と座屈パラメータの関係について, 土木学会第55回年次学術講演会, 2000. (投稿中)
- 2) 北沢他: 阪神高速道路における鋼製橋脚の耐震設計, 第1回鋼製橋脚の非線形数値解析と耐震設計に関する論文集, 1997. 5.
- 3) 日本道路協会: 道路橋示方書・解説, II 鋼橋編, 1996. 12.
- 4) 日本道路協会: 既設道路橋の耐震補強に関する参考資料, 1997. 12.
- 5) 建設省土木研究所等: 道路橋脚の地震時限界状態設計法に関する共同研究報告書 (I~VII) - 鋼製橋脚の正負交番繰返し載荷実験 -, 1997. 4
- 6) 阪神高速道路公団: 大震災を乗り越えて, (財)阪神高速道路管理技術センター, 1997. 9.