

鉄筋コンクリート橋脚の水平耐力に関するばらつきの検証について

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○石崎 寛史, 中尾 尚史, 大住 道生

1. はじめに

道路橋示方書・同解説V耐震設計編¹⁾(以下、道示V)に規定される設計地震動は、過去の地震被害の経験や調査研究を基に地震動特性等のばらつきの影響を考慮して設定されているが、それでも設計地震動を上回る地震動(以下、極大地震動)が発生する可能性は否定できない。よって、極大地震動に対しても、できるだけその機能が損なわれない、或いは仮に損われても速やかに機能回復できるように備えることが望ましい。

この課題に対し、著者らは崩壊シナリオデザイン設計法²⁾を提案している。崩壊シナリオデザイン設計法とは、極大地震動に対する橋の壊れ方、壊れる順番を耐力、変位や変形、遊間などを破壊尤度の制御によりデザインすることで、橋の供用性や復旧性に及ぼす影響まで考慮し、設計体系を実現する構造設計の方法である。文献2)では崩壊シナリオデザイン設計法の一例として、曲げ破壊型の鉄筋コンクリート橋脚(以下、RC橋脚)に生じる損傷が、極大地震動が作用した場合には支承部へ損傷を移行することで橋の致命的な被害を回避する構造を提案している。

ここで、RC橋脚では、部分係数を設定するために、限界状態2、3とみなす橋脚天端の水平変位については実験結果と計算結果を比較することで、それらの比率やばらつきの検証が行われている。一方、水平耐力については、一般的に設計時に設定した材料諸元(以下、公称値)を用いて算出した水平耐力は、実構造物が有する水平耐力よりも低くなることで、安全側となるという思想から、実験で得られた水平耐力と設計値に用いる公称値より算出した水平耐力の比率及びばらつきは明らかになっていない。しかし、筆者らが提案している崩壊シナリオデザイン設計法において、極大地震動が作用した場合に、損傷過程を制御するためには、RC橋脚の水平耐力の推定精度が設計の信頼性に大きく影響する。

そこで、本稿では、過去に行われたRC橋脚の正負交番載荷実験より得られたRC橋脚の水平耐力に対して、材料の公称値と実験時に行った材料試験結果(以下、試験値)を用いて、それぞれ道示V¹⁾に基づき水平耐力を算出した結果を比較し、水平耐力の比率及びそのばらつきを検証した。

2. 対象供試体

本検証において対象とした供試体を表-1に示す。供試体は、現行の道示V¹⁾で採用されているRC橋脚の限界状態評価手法を構築する際に対象とした実験供試体³⁾のうち、インターロッキング断面を除いた33供試体を対象とした。対象とした供試体は、軸方向鉄筋に高強度鉄筋SD490を採用した供試体12基、断面形状が円形である供試体5基を含む。対象とした供試体の詳細な構造諸元、荷重載荷方法、限界状態とみなす変位の整理手法、試験結果等については、文献3)を参照されたい。

3. 水平耐力の算出方法

道示V¹⁾において、RC橋脚は完全弾塑性型の骨格曲線にてモデル化することができ、水平耐力は限界状態2とみなす変位の水平耐力とすることが規定されている。したがって、本検証においても、

表-1 対象としたRC橋脚³⁾

No.	形状	幅×高さ (mm)	載荷高さ (mm)	軸方向鉄筋		備考
				径	段数	
1	矩形	600×600	3010	D10	1.0	
2	矩形	600×600	3010	D13	1.0	
3	矩形	600×600	3010	D13	1.0	
4	矩形	600×600	1800	D10	1.0	
5	矩形	1200×1200	4800	D13	1.0	
6	矩形	1200×1200	4800	D13	1.0	
7	矩形	1200×1200	4800	D16	1.0	
8	矩形	1200×1200	4800	D19	1.0	
9	矩形	2400×2400	9600	D35	1.0	
10	矩形	2400×2400	9600	D35	1.0	
11	矩形	600×600	2400	D10	1.0	
12	矩形	900×600	3010	D10	1.0	
13	矩形	500×500	2500	D13	1.0	
14	矩形	500×500	1750	D13	1.0	
15	矩形	400×400	1250	D13	1.0	
16	矩形	600×600	3000	D13	1.0	
17	矩形	700×513	2955	D10	1.5	SD490
18	矩形	700×513	2955	D10	1.0	SD490
19	矩形	700×513	2955	D10	2.0	SD490
20	矩形	600×600	3000	D13	2.0	SD490
21	矩形	600×600	3000	D13	1.0	SD490
22	矩形	600×600	3000	D13	2.0	SD490
23	矩形	600×600	3000	D13	2.0	SD490
24	矩形	700×513	2955	D10	1.5	SD490
25	矩形	600×600	3200	D16	2.0	SD490
26	矩形	600×600	3200	D16	2.0	SD490
27	矩形	600×600	3200	D16	2.0	SD490
28	矩形	600×600	3000	D13	1.0	SD490
29	円形	φ600	3010	D10	1.0	
30	円形	φ600	3010	D13	1.0	
31	円形	φ600	3010	D10	1.0	
32	円形	φ400	1350	D16	1.0	
33	円形	φ400	1350	D16	1.0	

キーワード 道路橋, 鉄筋コンクリート橋脚, 水平耐力

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 (国研) 土木研究所構造物メンテナンス研究センター TEL029-879-6773

RC 橋脚の実験における水平耐力は、限界状態 2 の 1 回目荷重の水平力とした。なお、実験における限界状態 2 とみなす橋脚天端の水平変位は、文献 3)において実験で観察された供試体の損傷状況や正負交番荷重試験の荷重履歴曲線等を基に設定されている。したがって、本検証において、RC 橋脚の実験における水平耐力を算出する際には、文献 3)で定めた限界状態 2 とみなす変位を用いた。

公称値、試験値を用いて算出する RC 橋脚の水平耐力は、道示 V¹⁾に従い、橋脚基部に限界状態 2 とみなす鉄筋ひずみ又はコンクリートの限界ひずみが生じるいずれか先に達するときの曲げモーメントを算出し、実験の荷重載荷高さで割り戻すことで算出した。水平耐力の算出に用いる対象供試体材料の公称値は、実験供試体製作時に設定した材料諸元、試験値は文献 3) に示される材料諸元を用いた。

4. 水平耐力のばらつき検証結果

前章にて算出した RC 橋脚の実験で得られた水平耐力と公称値を用いて算出した水平耐力の比較結果を示す。

図-1 は RC 橋脚の実験で得られた水平耐力と算出した水平耐力の比率の頻度分布と対数正規分布の確率頻度分布を示す。左縦軸が個数、右縦軸が対数正規分布の確率であり、横軸が比率である。比率の頻度分布は 0.1 刻みとした。

(a) は、水平耐力の算出に公称値を用いてばらつきを検証した結果である。比率の平均値は $\mu=1.24$ となる。(b) は、水平耐力の算出に試験値を用いてばらつきを検証した結果である。比率の平均値は $\mu=1.06$ となる。変動係数は公称値を用いた場合と試験値を用いた場合の両者ともに約 7%となる。よって、材料試験値がない、設計段階の公称値を用いても試験値と同等の信頼性が確保できると考えられる。

5. まとめ

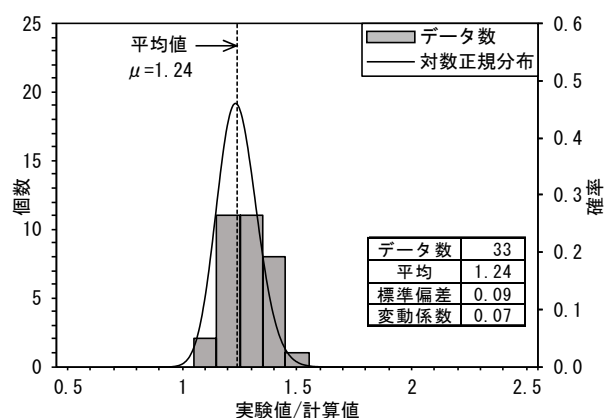
本稿では、RC 橋脚の実験において計測された水平耐力に対する、公称値と試験値を用いて道示 V に従い算出した水平耐力について、耐力の比率やばらつきの検証を行った。その結果、今回検証対象とした 33 供試体では、RC 橋脚の実験における水平耐力に対する、公称値と試験値を用いて算出した水平耐力の変動係数は、どちらも 7%となった。

本稿で得られた結果は、崩壊シナリオデザイン設計法において、十分な信頼性を持った RC 橋脚の損傷制御を行うための基礎資料となる。したがって、RC 橋脚の水平耐力と損傷を誘導する部材強度の平均値及びばらつきを用いることで、設定した超過確率を満足する各部材の耐力を設定することが可能となる。

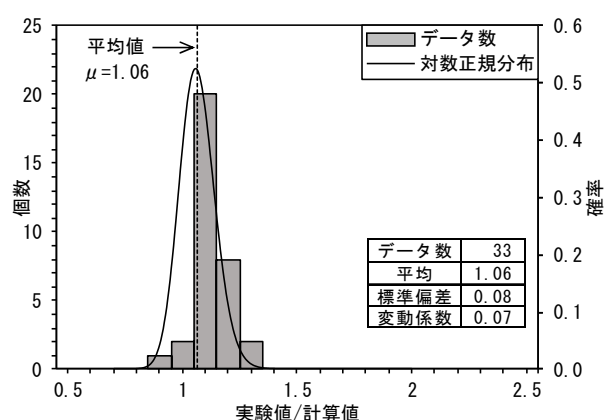
今後の課題として、崩壊シナリオデザイン設計法を適用するにあたり、未検証である他の部材強度の平均値やばらつきについても、検証する必要がある。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2017。
- 2) 大住道生，中尾尚史，石崎覚史，庄司学：破壊尤度の制御による道路橋の崩壊シナリオデザイン設計法の提案，土木学会論文集 A1 (構造・地震工学)，Vol.77，2021。（掲載決定）
- 3) 星隈順一，堺淳一，小森暢行，坂柳皓文：鉄筋コンクリート橋脚の地震時限界状態の評価手法に関する研究，土木研究所資料，No.4262，2013。



(a) 公称値を用いた検証結果



(b) 試験値を用いた検証結果

図-1 実験で得られた水平耐力と算出した水平耐力の比率の確率頻度分布