

せん断スパン比の小さい壁式橋脚橋軸直角方向の繰返し載荷実験

独立行政法人土木研究所 正会員 ○小林 寛

独立行政法人土木研究所 正会員 運上 茂樹

1. 目的

橋脚幅に比較して橋脚高さの低い壁式の鉄筋コンクリート橋脚などでは、ディープビームの効果により、一般にせん断支間比の減少に応じてコンクリートの負担するせん断力が大きくなることが知られている。既往の地震による被災事例においても、壁式橋脚全体が橋軸直角方向に対してせん断破壊したという事例はほとんど見られないことからせん断耐力の評価方法について合理化の余地があると考えられる。本文は、せん断支間比が小さい壁式橋脚が、面内方向に交番載荷を受ける場合にせん断耐力に及ぼすせん断スパン比や正負交番載荷の影響を明らかにすることを目的に実施した模型載荷実験について報告するものである。

2. 実験概要

実験は同一の供試体2体を用いて載荷方法を変えて行った。本実験に用いた供試体および実験状況を写真-1に示す。柱基部から載荷中心までは1.2m、柱断面寸法は0.9m×0.4m、有効高は0.8m、せん断スパン比は1.5である。引張鉄筋比約1%、せん断補強筋比約0.4%とした。

供試体は、写真-1に示すように柱を水平にして据え付け、水平力を加振機により柱頭部に加力した。なお、軸力は加えていない。

2体の供試体は、交番載荷の影響を検討する目的で一方は正方向のみの繰返し載荷、もう一方は正負交番載荷にて載荷した。ここでは前者を供試体No1、後者を供試体No2と呼ぶこととする。載荷方法としては三角波の3回繰返しとし、変位制御で供試体の挙動を観察しながら1mm～4mmステップで行った。

計測については荷重および鉄筋ひずみ、変位をリアルタイムに測定し、ひび割れや破壊状況を各変位ステップ終了時に観察した。



写真-1 試験実施状況

3. 実験結果

3.1 供試体No1

図-1に供試体No1, No2の各載荷ステップにおける水平荷重と載荷位置における最大水平変位を示す。ここでNo2負側載荷時は軸を反転させて示している。また図中には帯鉄筋降伏時、主鉄筋降伏時についても示した。これよりいずれの供試体も先に帯鉄筋(せん断補強筋)に降伏を生じ、その後曲げ降伏に至るせん断破壊先行型であることが分かる。

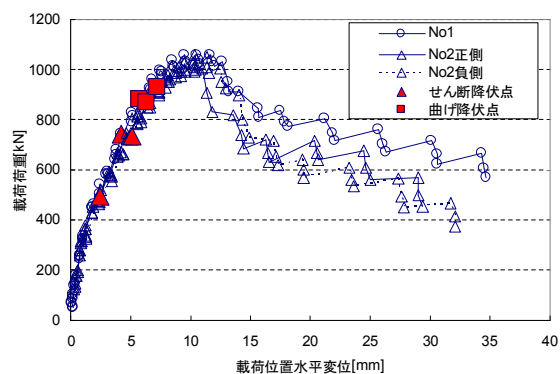


図-1 載荷位置における水平変位量の比較

キーワード 壁式橋脚, ディープビーム, せん断, 繰返し載荷実験

連絡先 〒305-8516 つくば市南原1-6 独立行政法人土木研究所耐震研究グループ(耐震) TEL029-879-6773

本供試体の破壊モードはせん断型であるが、主鉄筋降伏後も耐力の上昇が見られた。供試体No1の場合、主鉄筋降伏時の載荷荷重を P_{y0} 、水平変位を δ_{y0} とすると、最大耐力時の載荷荷重は $1.2P_{y0}$ 、水平変位は $2.1\delta_{y0}$ となり、再度 P_{y0} を下回るときの水平変位は $2.7\delta_{y0}$ であった。

供試体No2においては最大耐力時の載荷荷重および水平変位は、正側で $1.2P_{y0}$ および $1.6\delta_{y0}$ 、負側で $1.1P_{y0}$ および $1.7\delta_{y0}$ 、また再度 P_{y0} を下回るときの水平変位は正側、負側とも $1.8\delta_{y0}$ であった。

最大耐力はいずれの載荷においてもほぼ同じとなった。
また耐力低下の度合いは正負交番載荷のNo2供試体の方が若干大きい結果となった。

3. 2載荷方法の違いによる影響

図-2に両供試体の曲げ降伏時および最大耐力時における帯鉄筋ひずみの状況を示す。図中の★印は主鉄筋降伏時において帯鉄筋ひずみが降伏を超えた位置、●印が最大耐力時において帯鉄筋ひずみが降伏を超えた位置を示す。図よりNo2供試体の方が主鉄筋降伏時、最大耐力時とも広い範囲で帯鉄筋が降伏していることがわかる。これより正負交番載荷をした場合には片方向載荷時に比べてせん断破壊が進展するものの、図-1より最大耐力および最大耐力時の水平変位には大きく影響を及ぼしていないことが明らかとなった。

3. 3設計式との比較

今回の供試体について、曲げ耐力及びせん断耐力を道路橋示方書¹⁾²⁾により算定した結果を表-1に示す。耐力算定には材料の実強度を用い、設計式のコンクリート分担せん断耐力を1.3倍して実験値と比較した。

道路橋示方書V編による計算結果では計算値 P_{y0} と実験における主鉄筋降伏時荷重、計算値 P_y と実験時最大荷重は良く一致しているものの、計算値 P_s については実験時帯鉄筋降伏時荷重に比べて多少低めに算定されることが分かる。これは、ディープビームの効果を道路橋示方書V編では考慮していないことが一因として考えられる。そこでそれを考慮した道路橋示方書IV編に示されるせん断スパン比による補正係数をコンクリートおよびせん断補強鉄筋にそれぞれ適用したところ実験に近い値を示すことがわかる。

表-1 道路橋示方書との比較

計算手法等	耐力・荷重	供試体No1		供試体No2	
		タイプ I	タイプ II	タイプ I	タイプ II
道路橋示方書 V 編	初降伏耐力 (P_{y0}) [kN]	803		809	
	降伏耐力 (P_y) [kN]	1062	1064	1067	1071
	せん断耐力 (P_s) × 1.3 [kN]	621.4 (せん断先行)	668.2 (せん断先行)	625.3 (せん断先行)	673.4 (せん断先行)
	〃 (P_{so}) × 1.3 [kN]	715		721.5	
道路橋示方書 IV 編	せん断耐力 (P_s) × 1.3 [kN]	639.6 (せん断先行)	757.9 (せん断先行)	650 (せん断先行)	770.9 (せん断先行)
	〃 (P_{so}) × 1.3 [kN]	874.9		891.8	
道路橋示方書 IV 編 (斜引張筋の低減係数非考慮)	せん断耐力 (P_s) × 1.3 [kN]	832 (せん断先行)	950.3 (せん断先行)	842.4 (せん断先行)	963.3 (せん断先行)
	〃 (P_{so}) × 1.3 [kN]	1067.3		1084.2	
実験値	載荷方向	正側		正側	負側
	帯鉄筋降伏時 [kN]	743		-747	
	主鉄筋降伏時 [kN]	881		868	-928
	最大耐力時 [kN]	1060		1029	-1056

4. まとめ

せん断支間比1.5程度のRC壁式橋脚の面内方向については、正負交番繰り返し荷重を受ける場合においても、塑性変形が大きく進展しない範囲においてはコンクリートの負担するせん断耐力の算定の際にはせん断スパン比の影響を考慮することが可能であることがわかった。

参考文献 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説V編，2002.3, 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説IV編，2002.3