

Ⅲ－B42 場所打ち杭のせん断耐力評価法に関する載荷試験

建設省土木研究所 正会員 木村嘉富 正会員 大越盛幸
同 上 正会員 阪野 彰 正会員 福井次郎

1. まえがき

巨大地震に対する構造物の設計においては、耐力だけでなく十分な変形性能を持たせることが重要である。そのためには、部材をせん断破壊させないのが望ましい。しかし、場所打ち杭のような円形断面の鉄筋コンクリート部材のせん断耐力については実験による検証が十分には行われていないため、通常の矩形断面の梁部材におけるせん断耐力算定式を準用している。そこで、場所打ち杭を模した円形はり部材について、帯鉄筋の量および軸力を変化させてせん断試験を行い、設計で用いているせん断耐力評価法との比較を行った。

2. 杭のせん断試験

(1) 試験方法

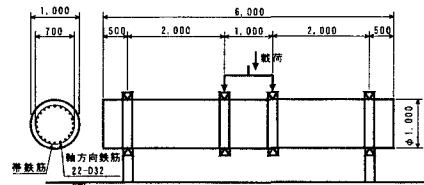
場所打ち杭を模した直径1 m長さ6 mの円柱に対し、図－1 に示すせん断試験を行った。試験ケースおよび杭体の配筋諸元を表－1 に示す。ケース1 はせん断補強筋を配置していない杭で、コンクリートのみのせん断耐力の基準とする。ケース2 からケース4 は帯鉄筋量を変化させたもので、ケース3 が道路橋示方書で規定された杭頭部付近の最小帯鉄筋量に相当するものである。ケース5 は軸方向力による影響を把握するためのもので、ケース3 と同じ杭体に、一般的な橋脚の場所打ち杭基礎の死荷重載荷時に相当する軸力として150tfを作用させている。軸力は杭の中心部に孔をあけてP C鋼材を挿入し、杭の端部に設置したセンターホールジャッキにより一定の軸力を保持している。なお、材料試験の結果、コンクリートの圧縮強度は平均27.3N/mm²、鉄筋の降伏点の平均は軸方向鉄筋で371N/mm²、帯鉄筋で350N/mm²であった。

本試験は杭体のせん断耐力の把握を主目的としているため、載荷は荷重制御方式による正負交番載荷とした。荷重の繰返し回数は1回である。

(2) 試験結果

試験結果の1例として、ケース1 における荷重～変位の履歴曲線を図－2 に示す。図中、荷重が0 tf付近で不連続となっているが、これは載荷装置の制約から荷重を下方にしか載荷できないため、負載荷時には杭体を反転させて上下を逆としたためである。ケース1 においては載荷荷重30tfにおいて2カ所の載荷点の間（以下「曲げスパン」と呼ぶ）で杭体に曲げひび割れが発生し、その後支点と載荷点の間（以下「せん断スパン」とよぶ）で杭の中心軸付近にせん断ひび割れが発生した。荷重の増加とともにこのせん断ひび割れが載荷点および支点の方向に進展し、杭体のせん断破壊に至った。

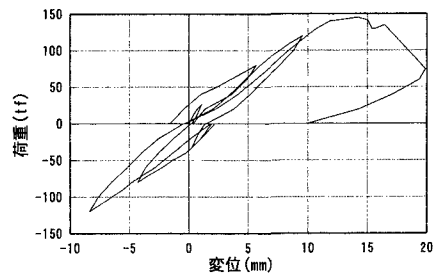
各ケースにおける最大荷重および最終破壊形態を表－2 に



図－1 せん断試験の概要

表－1 試験ケースおよび杭体の配筋諸元

ケース	軸方向鉄筋 (SD295)	帯鉄筋 (SD295)	軸力 (tf)
1	D 32-22本	配置せず*	0
2		D 16@300	
3		D 16@150	
4		D 22@125	
5		D 16@150	150



図－2 荷重～変位曲線（ケース1）

キーワード：場所打ち杭，載荷試験，せん断耐力

連絡先（茨城県つくば市旭1番地・Tel 0298-64-4916・Fax 0298-64-0565）

表－2 杭体の耐力の試験結果および計算結果

ケース	試験結果			計算結果					
	最大荷重 P_{max} (tf)	$\Delta P_{max}^{1)}$ (tf)	最終 破壊形態	曲げ破壊		せん断破壊 (tf)			
				曲げモーメント M_u (tfm)	載荷荷重 P_u (tf) ²⁾	コンクリート $P_{sc}^{2)}$	帯鉄筋 P_{ss}	載荷荷重 $P_{sc}+P_{ss}$	載荷荷重 $P_{sc}'+P_{ss}^{3)}$
1	145	—	せん断	199	193	73	0	73	145
2	196	51	せん断	225	219		63	136	208
3	230	85	曲げ	234	228		125	198	270
4	230	85	曲げ	246	240		292	365	437
5	260	115	曲げ	275	269	79 ($G_n=1.07$)	125	204	280

1) ΔP_{max} = (各ケースの最大荷重) - (ケース1の最大荷重), 2) 杭体の自重の影響を補正している。

3) コンクリートの負担する載荷荷重 P_{sc}' として、ケース1の P_{max} である145tfを使用して計算。

示す。せん断補強筋を配置していないケース1では145tf、帯鉄筋としてD16を300mm間隔で配置したケース2では196tfでせん断破壊が生じた。それに対し、帯鉄筋をさらに増加させたケース3～ケース5では、上記ケースと同様、曲げスパンで曲げ亀裂が最初に発生した後、せん断スパンで杭体中央付近にせん断ひび割れが発生するが、最終的には曲げスパン部においてコンクリートが圧壊した。

3. 杭のせん断耐力評価法

道路橋示方書に規定される方法により杭体の曲げ耐力およびせん断耐力をそれぞれ算出し、上記載荷試験結果と比較する。ここで、杭体の材料強度としては上述の試験結果を用いている。また、試験結果の荷重には杭体の自重が含まれていないため、計算における載荷荷重ではその影響を補正している。

杭体の最終破壊形態が曲げ破壊となったケース3～ケース5においては、最大で4%程度の誤差はあるが、試験結果と計算結果はよく一致している。一方、せん断耐力についてはコンクリートのせん断耐力から決まる載荷荷重 P_{sc} の計算値はケース1～ケース4では73tfであるのに対し、帯鉄筋を配置していないケース1の試験値が145tfと大きく異なっている。これは、道路橋示方書のせん断耐力の推定式が安全側の耐力を与えることが一因であるが、矩形断面への換算が必ずしも精度が高くないことを示していると考えられる。

このため、コンクリートのせん断耐力から決まる載荷荷重 P_{sc}' としてケース1の最大荷重145tfを用い、これに道路橋示方書の方法により計算される帯鉄筋のせん断耐力 S_s による載荷荷重 P_{ss} を加えて載荷荷重を計算した。その結果、ケース2の試験では試験結果196tfに対して、計算結果が208tfと6%大きい値となり、当初の計算値136tfと比較して試験結果に近い値となっている。また、帯鉄筋をさらに増加させたケース3～ケース5では、せん断破壊する場合の載荷荷重の計算値 $P_{sc}' + P_{ss}$ はいずれも曲げ破壊する場合の載荷荷重の計算値 P_u を上回っており、試験における破壊形態を再現することができた。

今回の載荷試験では、ケース3～ケース5は曲げ破壊となったため、帯鉄筋の増加および作用軸力の増加によるせん断耐力の増加分については直接的には計測されていない。しかし、コンクリートの負担するせん断耐力として試験結果の値を用い、これに帯鉄筋および作用軸力の影響を考慮して載荷荷重を計算した結果、試験における破壊形態を説明できた。また、載荷荷重の計算値は試験結果の最大荷重を、最大で6%の誤差で推定していた。

4. あとがき

場所打ち杭を模した円形断面の鉄筋コンクリートはり部材について載荷試験を行い、それらの結果と道路橋示方書における杭体の耐力評価法とを比較した。その結果、せん断耐力、特にコンクリートの負担するせん断耐力は試験値に対し十分安全側の値であった。また、せん断支間比が2の場合には帯鉄筋を増加させたことによるせん断耐力の増加が確認された。