

フーチングの押し抜きせん断耐力式の検討

九州工業大学 学生会員 里道喜義 建設省土木研究所 正会員 白戸真大

九州工業大学 正会員 幸左賢二 阪神高速道路公団 正会員 水谷治弘

1. はじめに

平成8年道路橋示方書の保耐法による杭基礎フーチングの耐震設計では、梁としてのせん断に対する照査に加え、版としてのせん断つまり押し抜きせん断についても照査を行うようになっている。その結果、押し抜きせん断の照査により部材断面が決定されることもあり、フーチングの押し抜きせん断耐力を適切に推定することは設計上重要な課題となっている。そこで、本研究では、既往の押し抜きせん断耐力式の適応性の検討を行うため、杭基礎フーチングをモデル化した供試体による鉛直載荷実験を行った。

2. 実験概要

供試体形状を図-1に、構造諸元を表-1に示す。供試体は矩形フーチングと幅200mm、高さ220mmの杭部を有する構造とし、コンクリート強度、鉄筋量、せん断スパン比 a/d をパラメータとした7体について実験を行った。載荷は、1000kN正負交番載荷試験装置を使用し、静的一方向単調載荷で行った。載荷ステップは最大荷重に達するまでは荷重制御で行い、それ以降は変位制御で載荷した。また、荷重制御時の荷重ステップ増加量は50kNを基本とし、ステップ毎に荷重を0kNまで除荷し、ひび割れ状況を観察した。実験中の測定項目は載荷荷重、供試体変位、鉄筋ひずみ、ひび割れ状況とした。

3. 実験結果および考察

代表例としてNo.5供試体について考察する。供試体は最大荷重までは荷重の増加に伴い下面中心変位も緩やかに増加したが、最大荷重以降は急激に荷重が減少した。図-2に最終状態でのひび割れ状況を示す。終局を支配するひび割れは、最大荷重付近で側面に載荷板から杭部方向に発生し、このひび割れが急激に進展して終局に至った。また、上面では、最大荷重付近までひび割れは発生しておらず、終局と同時に載荷板まわりを押し抜くようなひび割れが生じた。以上より、供試体は押し抜きせん断により破壊したものと考えられる。損傷の進展状況は、No.1～7の供試体ともほぼ同様の進展を示した。

4. 道示式の適応性検討

図-3に道路橋示方書式(以下道示式)と他の既往式(二羽式、土木学会式)の計算値の比較を示す。図より、二羽式、土木学会式では実験値/計算値の平均が1.68、1.29、1.31であるのに対し、道示式は1.90と式の中で最も実験値の下限値を与え、安全側に設定されているのがわかる。

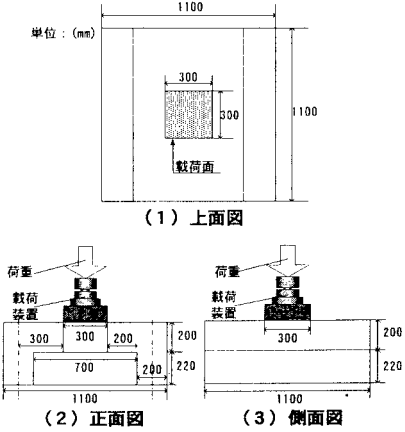


図-1 供試体形状

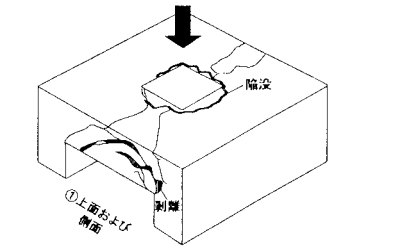


図-2 最終ひび割れ状況(No.5)

表-1 供試体諸元と実験結果

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7
有効高さ d (mm)	170	170	170	170	170	170	170
せん断スパン a (mm)	300	300	300	300	300	270	235
せん断スパン比 a/d	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.59	1.38
引張鉄筋比 (%)	D13-9本	D13-9本	D13-9本	D13-7本	D13-9本	D13-11本	D13-8本
	0.61	0.61	0.61	0.47	0.61	0.75	0.57
圧縮鉄筋比 (%)				D13-6本	D13-4本		
				0.41	0.27		
コンクリート圧縮強度 σ_{ck} (N/mm ²)	42.9	26.0	26.0	26.5	26.5	27.8	27.8
最大荷重(kN)	696.0	608.6	646.8	617.4	716.4	698.9	768.3

また、複数の文献^{1),2)}よりフーチングのデータ16個を追加し、道示式のパラメータの適応性について検討した結果、コンクリート強度、引張鉄筋比については、パラメータの違いによる増加量は比較的实验値と一致しており、その評価式は妥当であった。しかし、せん断スパン比については、図-4に示すようにa/dが大きくなるに従い過小な計算値を与える傾向にあり、傾きも0.7957と強い相関関係が見られる。

そこで、せん断スパン比の評価式についてフーチングデータ23個および道示式の元となったデータなど計200個のディープビームデータを用いて、それぞれ適応性の比較検討を行った。その結果を図-5,6に示す。図より、道示式でのせん断スパン比の評価式はフーチングとディープビームのどちらにおいても実験値の下限値を与えている。しかしながら、明らかにその傾向は異なり、フーチングでは近似曲線の傾きが1.00であるのに対し、ディープビームでは3.00と、フーチングに比べ、ディープビームではa/dが小さくなるに従い大きく耐力が増加している。

そこで、フーチングのデータを用いて平均的な押し抜きせん断耐力を求める式を以下のような方法により提案した。提案にあたっては、道示式および土木学会式(ディープビーム)のせん断スパン比の評価式の係数を以下のようにA, B, C, Dと設定し、収集した実験データをもとに最小2乗法により求めた。

$$Cdc = \frac{A}{B + C(a/d)^2} \quad (1) \quad Cdc = \frac{D}{1 + (a/d)^2} \quad (2)$$

その結果、A=1.0, B=0.238, C=0.026, D=8.9となった。式(1)および式(2)を図-5に追加する。実験値と式(1)および式(2)による計算値の比較を図-4に示す。図より、式(1)により計算すると実験値/計算値が平均1.00、標準偏差0.16と比較的实验値との適合性が良いことがわかる。また、式(1)では近似曲線の傾きが0.02と強い相関関係は見られず、a/dの違いによる耐力の増加量も比較的实验値と一致している。

5. まとめ

道示の押し抜きせん断耐力式は、コンクリート強度、引張鉄筋比の評価式については、比較的妥当であるといえるが、せん断スパン比の評価式については、a/dが大きくなるに従い過小な計算値を与える傾向にあった。また、フーチングとディープビームのa/dの違いによる増加量の比較検討を行ったところ、フーチングではa/dの小さい領域においてディープビームほどの耐力の増加は見られなかった。なお、せん断スパン比の評価式を式(1)として算定すると、a/dの違いによる耐力の増加量を妥当に評価し、実験値との適合性も良かった。

参考文献：

- 1) 建設省土木研究所構造橋梁部基礎研究室：橋梁基礎のフーチングおよび頂版の耐力に関する実験的研究，土木研究所資料第3483号，1997。
- 2) 建設省土木研究所構造橋梁部基礎研究室：フーチングの設計および補強方法に関する実験的研究，土木研究所資料第3550号，1998。

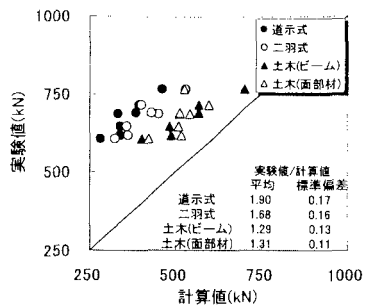


図-3 計算値と実験値の比較

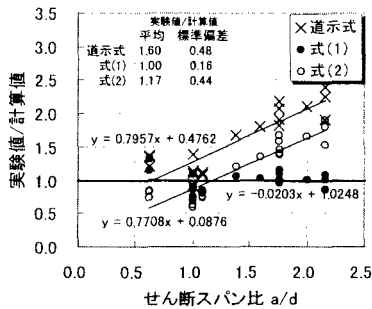


図-4 a/dと実験値/計算値の関係

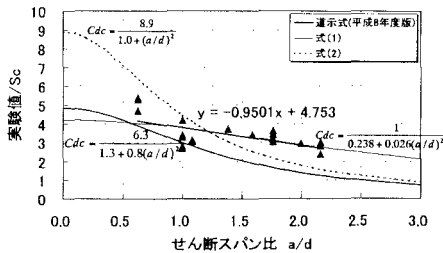


図-5 実験値/Scとa/dの関係(フーチング)

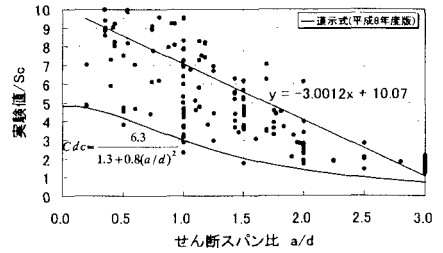


図-6 実験値/Scとa/dの関係(ディープビーム)