

a/d が押し抜きせん断に及ぼす影響の検討

九州工業大学

学生会員 ○中越亮太

九州工業大学

正会員

幸左賢二

独立行政法人土木研究所 正会員 白戸真大

阪神高速道路公団

正会員

足立幸郎

1. はじめに

平成8年道路橋示方書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、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であると考えられる。そこで、本研究では、フーチングの押し抜きせん断耐力式の確立のため、様々な文献より実験データを集め、道路橋示方書に示される押し抜きせん断耐力式(以下、道式)の a/d の効果の再評価を行った。また、せん断スパン比をパラメータとした押し抜きせん断破壊の実験3体を対象として2次元弾塑性FEM解析を行い提案式の妥当性を検討した。

2. 道式の適応性検討

道式では、a/d(a:せん断スパン、d:有効高さ)の効果に関する係数を、押し抜きせん断及びせん断照査において同じ係数を用いることになっている。そこで、複数の文献より集めた実験データを用いて、フーチングの押し抜きせん断特有の a/d の効果を表す式を提案することとした。図-1 に、道式でのフーチングとディープビームのせん断スパン比 a/d と実験値/Sc(実験値を a/d を考慮しない計算値で除した値)の関係を示す。ここでは、せん断抵抗幅に a/2 を用いた。図-1 より、道式(ディープビーム)でのせん断スパン比の評価式は、フーチング特有の a/d の効果を考慮できていないことが分かる。そこで、平均的な押し抜きせん断耐力を求めるための $Cdc(a/d)$ の影響による補正係数)をフーチングの実験データを用いて以下のように提案する。提案に当たっては、道式のせん断スパン比の評価式の係数を以下のように 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、D を求めた¹⁾。結果、フーチングでは $D \div 10$ 、ディープビームでは $D \div 14$ となった。式(1)より得られたフーチング及びディープビームの a/d の効果を示す近似曲線を図-1 に追加した。また、以上のようにして求めたフーチングの提案式は、荷重のバラツキや構造物としての目標信頼性を考慮していない平均式であるので、信頼性解析に基づく安全係数²⁾を求め、安全率としては5%超過式を採用した。その結果、せん断抵抗幅を a/2 とした時は $\gamma_{5\%} \div 0.67$ となり、5%超過式は提案式の係数Dに $\gamma_{5\%}$ を考慮すると、 $D \div 7$ となる。

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

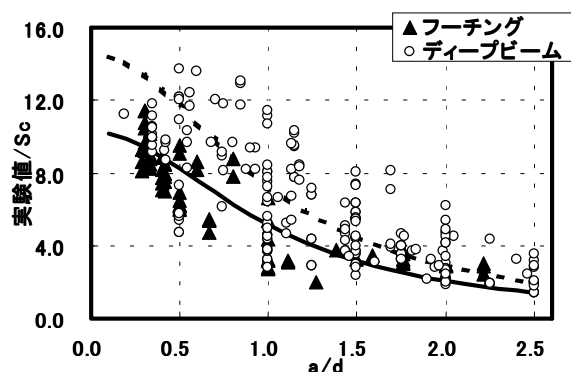


図-1 道式による比較(a/d ≤ 2.5)

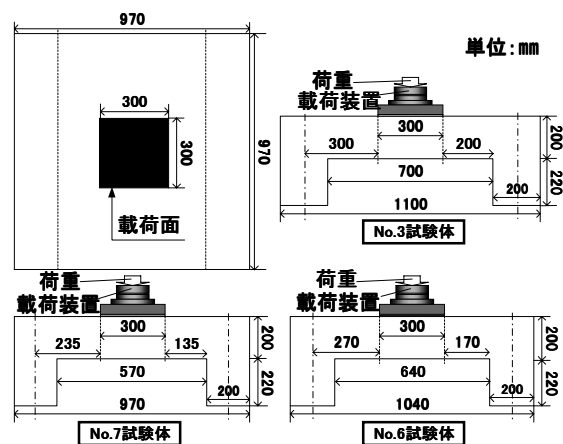


図-2 実験試験体構造図

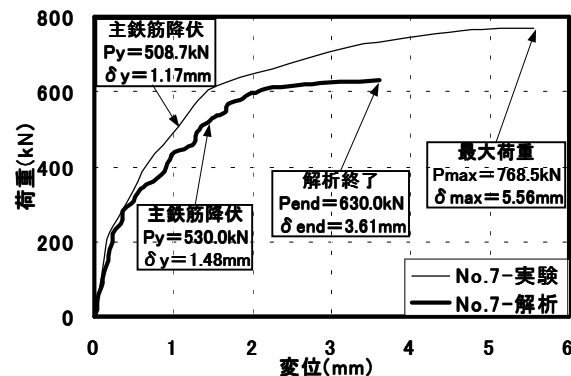


図-3 荷重-鉛直変位曲線(No.7)

キーワード せん断スパン比、押し抜きせん断破壊、フーチング、FEM 解析

連絡先

〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 建設社会工学棟 3F

Tel/Fax 093-884-3123

3. 解析手法と解析結果

図-2に試験体構造図を示す。載荷条件としては載荷板位置に鉛直方向に等分布荷重を与え、境界条件は杭下端を鉛直方向固定とした。奥行き幅は、せん断照査断面を $a/2$ と考え、載荷板長さ+(せん断スパン) $\times 2$ とした。図-3に No.7 試験体のフーチング下部中央での荷重-鉛直変位関係を示す。解析においても主鉄筋降伏は見られ、実験・解析において同様な挙動が得られていることが分かる。実験では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ように、解析においても最大主ひずみ分布よりこれに近いひび割れが確認できた。これより、解析においても供試体は曲げ先行型押し抜きせん断により破壊したものと考えられ、実験を再現しているものと思われる。しかし、実験での最大荷重以降の急激な荷重の減少については、解析でこれを再現することは出来なかった。以上のような結果は No.3,6 試験体とも同様な結果が得られた。

4. 提案式の妥当性評価

図-4に3体の実験の提案式(平均)妥当性を示す。これより、3体の実験は提案式を満足している。図-5に No.7 試験体の最大荷重の8割におけるせん断力レベルの最小主応力分布を示す。これより、載荷板端部または杭端部からそれぞれへ、大きな最小主応力の分布が確認できる。せん断耐力に影響するのは応力分布の大きさと広がりと考えられるため、この最小主応力に着目する。図-6に最大荷重の8割レベルでの主鉄筋より上の杭から載荷板端部の最小主応力の値を示す。 a/d が大きくなるに連れ、値が小さくなるのが分かる。これを、コンクリートが負担できる平均せん断力 τ_c と、式(1)に示すような $1+(a/d)^2$ で除すと、図-7のようにほぼ同様な分布系が見られた。よって、式(1)は押し抜きせん断耐力を精度よく算定できるといえる。

5. まとめ

フーチングの押し抜きせん断耐力式は、せん断抵抗幅を $a/2$ とし、 Cdc を式(1)として提案式を算定すると、 a/d の効果が妥当に評価できた。また、2次元 FEM 解析の結果においても、 a/d の効果は確認でき、最小主応力の比較から、 a/d の影響を $1+(a/d)^2$ で除すことで考慮することは妥当であることが分かった。

参考文献：

- 1) 二羽淳一郎：FEM 解析に基づくディーブビームのせん断耐力算定式，第2回 RC 構造のせん断問題に対する解析的研究に関するコロキウム論文集，pp.119-126，1983
- 2) 白戸真大，福井次郎，幸左賢二，梅原剛：ディーブビーム・フーチングのせん断耐力算定法に関する研究，構造工学論文集 Vol.47A，2001

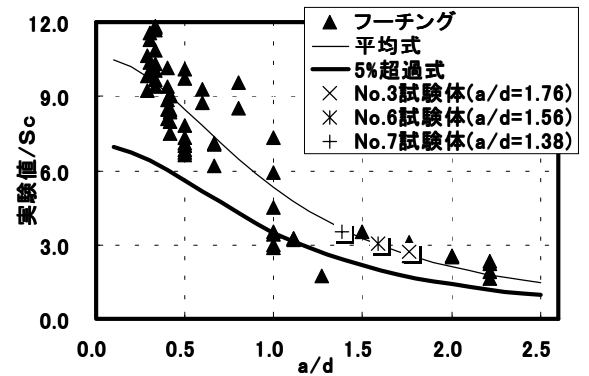


図-4 実験の提案式妥当性

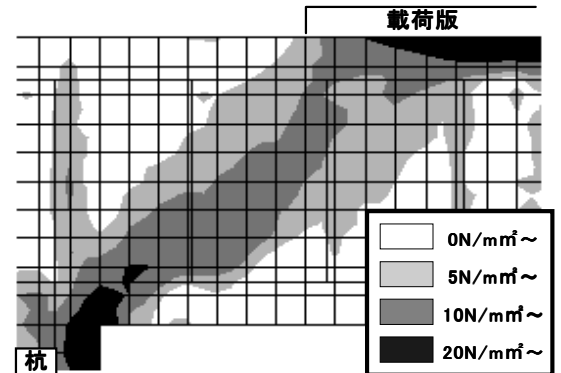


図-5 最小主応力分布 (No. 7)

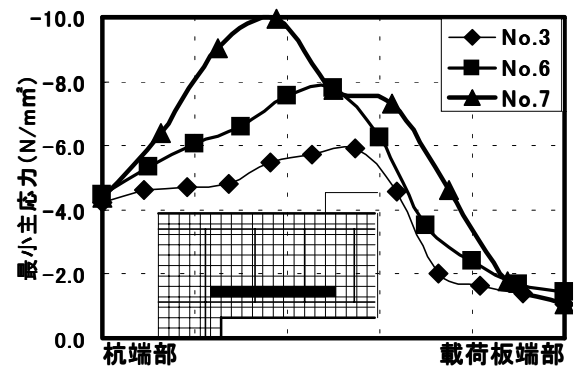


図-6 最小主応力の a/d の影響

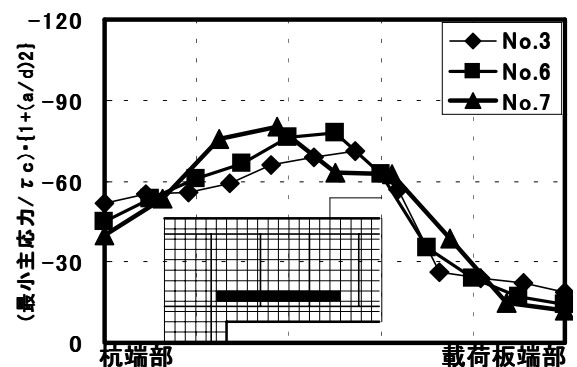


図-7 最小主応力/ $\tau_c \cdot \{1+(a/d)^2\}$