

ケーソン基礎の頂版及び杭基礎のフーチングの せん断耐力推定式の検討

東北大学 学生員 ○長谷川 央
東北大学 学生員 石川 哲哉
東北大学 正会員 藤原 稔

1. まえがき

ケーソン基礎の頂版や杭基礎のフーチングは上部構造や橋台、橋脚からの荷重をケーソン本体や杭に伝達するためのものであり、せん断スパン比が小さく有効高さの大きなスラブである。しかし、これらの部材の設計法は計算の簡単な梁部材と同様に扱っており、スラブのもつ2方向性が考慮されていないのが現状である。そこで、本研究ではコンクリート標準示方書¹⁾のディープビームのせん断耐力式を基に、スラブの2方向性を考慮することによって、ケーソン基礎の頂版及び杭基礎のフーチングのせん断耐力を推定する方法を提案することを目的とした。このため、弾塑性FEM解析で得られた荷重、反力分布の結果を取り入れることによって、せん断耐力推定式の精度の向上を図った。さらに、既往の実験結果との比較、検討を行った。

2. ケーソン基礎の頂版のせん断耐力の推定

(1) せん断耐力推定手法

頂版のせん断耐力推定式として、式(1)のように土木学会コンクリート標準示方書¹⁾のディープビームのせん断耐力式における、幅 b を2方向性を考慮した有効幅 u に代えることによってモデル化した。

$$V = \frac{3.0\sqrt{f'_c}^3\sqrt{p_w}^4\sqrt{100/d}}{1 + (a_v/d)^2} u d \dots\dots\dots (1)$$

f'_c : コンクリート圧縮強度 (kgf/cm²)、 p_w : 引張鉄筋比 (%)、 d : 有効高さ (cm)、 a_v : せん断スパン (cm)、 a_v/d : せん断スパン比、 u : 2方向性を考慮した有効幅 (cm)

式(1)における u の取り方について、弾塑性FEM解析により検討する。

(2) 弾塑性FEM解析の概要

解析供試体諸元を表-1に、解析モデルを図-1に示した。解析モデルは材質がコンクリートと鉄筋の複合構造であり、載荷版には剛性の大きい鋼版を用いた。なお、せん断補強鉄筋は配置していない。ここで、載荷版幅 R は有効高さ d と等しくし、支承版幅 r は d の1/5とした。なお、載荷版の荷重分布および支承版の反力分布は終局荷重付近では端部前面に集中することから、せん断スパン a_v を載荷版前面から支承版前面までとした。

(3) 解析結果

a) 荷重、反力分布

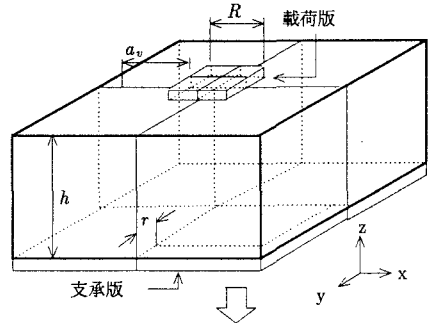
終局荷重付近では、コーナー部分の浮き上がり(コーナーリフト)が確認された。これは、図-2 (b) に示されるよう

に、支承版の鉛直方向反力 Rf は端部に近づくにつれ減少することからも確認できる。この反力分布に基づき、図-2 (b) のように矩形の均一な仮想反力ブロックを考え、有効支承長さ l を式(2) で表した。 l の位置を図-2 (a) に示した。

$$l = R/2 + 0.38a_v \dots\dots\dots (2)$$

表-1 供試体諸元

形状	矩形、円形
a_v/d	0.3、0.6、1.0、1.5
d	20、40、100、300 (cm)
p_w	1.0 (%)
f'_c	240 (kgf/cm ²)



この1/4の部分をモデル化

図-1 解析モデル

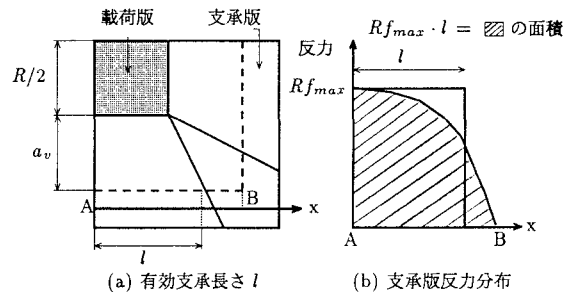


図-2 l の位置と支承版反力

b) 有効幅 u

2方向性とコーナーリフトを考慮した有効幅 u は、図-3に示すようにせん断スパン中央位置での各領域の幅とし、式(2)より式(3)のようになった。なお、円形供試体はせん断スパン中央位置の円周を u とした。

$$u = 4(R + 0.38a_v) \dots\dots\dots (3)$$

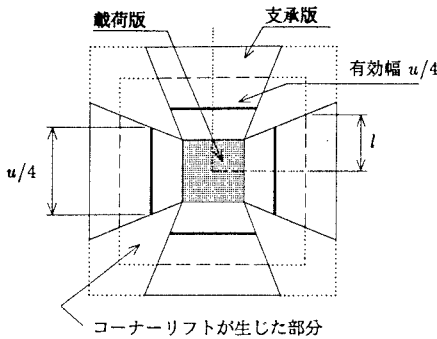


図-3 有効幅 u

(4) 実験結果との比較

式 (1) と式 (3) を用いて、鉄道総合技術研究所²⁾で行われた 4 体および建設省土木研究所³⁾で行われた 9 体の実験結果との比較を行い、その結果を図-4に示した。

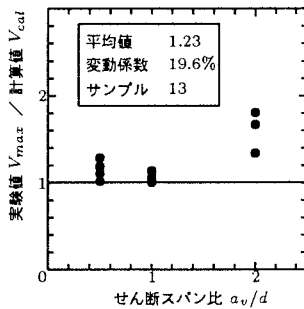


図-4 実験値／計算値と a_v/d の関係

実験値／計算値の値は多少のばらつきは残るものの、計算値は安全側の値となった。

3. 杭基礎のフーチングのせん断耐力

(1) 弾塑性 FEM 解析の概要

解析供試体諸元を表-2に、解析モデルを図-5に示す。材料モデルは全てケーソン基礎の頂版と同様とした。ここで、4 本杭、8 本杭の 1 本の杭頭反力をそれぞれ Rf_4 、 Rf_8 とし、図-5の杭 A、B、C、D の杭頭反力をそれぞれ Rf_{4a} 、 Rf_{4b} 、 Rf_{8a} 、 Rf_{8b} とした。ここで、せん断スパン a_v は、載荷版前面から杭の中心までの距離とした。

表-2 供試体諸元

種類	8 本杭、4 本杭
形状	矩形
a_v/d	0.3、0.6、0.8、1.0、1.5
d	20、40 (cm)

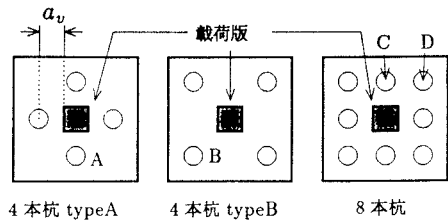


図-5 解析モデル (杭の配列)

(2) 解析結果

各供試体において、 Rf_{4a} 、 Rf_{4b} 、 Rf_{8a} 、 Rf_{8b} を検証した結果、杭頭反力は支持条件によって異なる値を示した。その結果を図-6に示す。杭頭反力 Rf_{8a} と Rf_{4a} は杭本数に関わらずほぼ同じ値を示したのに対し、 Rf_{8b} は a_v/d が増加するにつれて反力の分担が少なくなることが判明した。

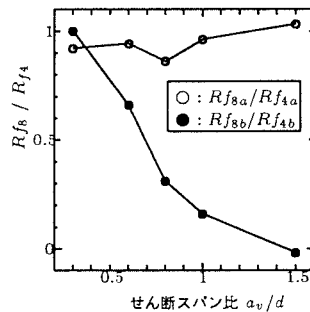


図-6 Rf_8/Rf_4 と a_v/d の関係

4. 結論

- ケーソン基礎の頂版のせん断耐力の推定に関しては、ディープビームのせん断耐力式を基に、コーナー部分の浮き上がりを考慮した有効支承長さを取り入れることによって、安全側でばらつき約 20% の精度で推定することができた。
- 杭基礎のフーチングでは、せん断耐力の推定までは至らなかったが、8 本杭の場合、杭に作用する反力分布は必ずしも均等ではないことが判明した。今後、フーチングのせん断耐力を推定するために、内部応力や内部ひずみを把握し、せん断スパンおよびせん断有効幅を定義する必要がある。

参考文献

- 土木学会：コンクリート標準示方書〔設計編〕、平成 8 年制定
- 渡辺・棚村・下村・西村：ケーソン基礎スラブのせん断耐力について、土木学会第 49 回年次学術講演会、1994.9
- 七沢・中野・加藤・増井・岡田：ケーソン基礎頂版に関する実験的研究、土木学会第 50 回年次学術講演会、1995.9