

I - B411

柱状体基礎のせん断耐力に関する試算

日本技術開発(株) 東京支社 地下・構造部 正会員 金 聲 漢
日本道路公団 技術部 構造技術課 正会員 緒方 辰男

1. はじめに

大口径深礎基礎やケーソン基礎、地中連続壁基礎のような柱状体基礎の場合、基礎の深い位置において、最大せん断力が発生する荷重条件下で用いられることが多い。このような場合、一般には、地中部の最大せん断力に対して、計算上必要なせん断耐力を確保するようせん断補強筋を配置するが、かなりの量のせん断補強筋を配置しなければならないことも少なくない。しかしながら、地中部最大せん断力が生じる付近の曲げモーメントは、ひび割れモーメント以下の場合も多く、このようなクラックも生じないような小さな変形レベルにある基礎体がせん断破壊することをイメージするのはなかなか難しい。このため、設計の現場では、多量のせん断補強筋の必要性を自信を持って説明できない状況にある。そこで、曲げモーメントレベルが小さい地中部深くに最大せん断力を発生する状態における基礎のせん断破壊メカニズムおよびせん断耐力を把握することを目的として、上記の状況を再現するような条件に対して非線形 FEM 解析を実施し、基礎体のせん断メカニズムを考察したものである。

2. 検討手法および条件

図-1 に検討に用いた解析モデルの概要を示す。基礎体は、解析結果の評価を容易にするよう、部材高さ 2.5m の壁基礎（奥行き 1.96m。直径 2.5m の杭と同面積とした。）とし、これが地盤内に建設された状況をモデル化した。基礎への荷重・荷重は、地中部で最大せん断力を発生するよう、基礎頭部に水平力とともに、曲げモーメントを付与した。ここでの解析には、前川らが開発した鉄筋コンクリートの非線形解析プログラム WCOMD-SJ ver.2.01¹⁾を用い、基礎本体部分には R C 部材の各種破壊を再現できる R C 要素を、地盤には弾性体要素を、また、基礎と地盤との接触部にはすべり、はく離を表現する境界要素を用いた。また、基礎体の軸方向鉄筋は、基礎が曲げ破壊しないよう十分大きな鉄筋比を与え、コンクリートのみのせん断耐力を把握するため、帯鉄筋は考慮していない。さらに、基礎体に用いた部材に対して図-2 に示す建設省土木研究所が実施した梁のせん断破壊実験²⁾を模した解析を行い、そこで得られたせん断耐力を軸力やせん断スパンの影響を受けていない基本値として比較に用いた（ $Sc=440tf$ であった）。せん断耐力を試算したケースの一覧を表-1 に、またそれぞれの解析条件の概要を表-2、3 に示す。

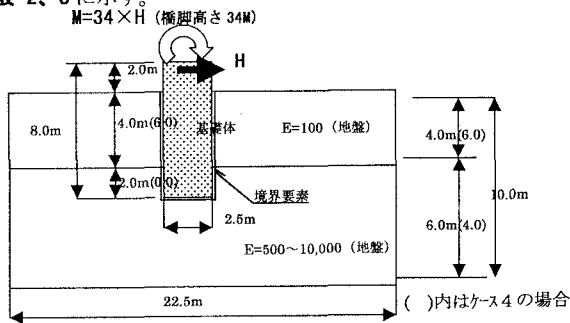


図-1 基礎のせん断耐力試算用解析モデル

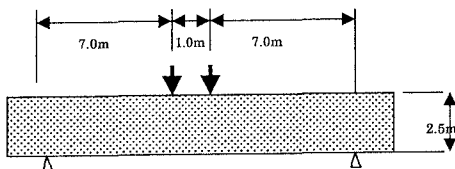


図-2 梁のせん断破壊解析モデル

表-1 解析ケース

		支持地盤の変形係数 E (kgf/cm ²)		
		500	1,000	10,000
支持層への 根入れ深さ	2m	ケース3	ケース2	ケース1
	0m	—	—	ケース4

表-2 基礎体の解析条件

		鉄筋比		軟化係数 (c)	
		x	y	x	y
軸方向 鉄筋部		0.00/ 0.009*	0.20	2.0	0.4
中央部		"	0.00	2.0	2.0

※ケース4の場合。表中のxは帯筋を、yは主筋を示す。

表-3 材料定数

		強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (kgf/cm ²)	ポアソン比
基礎 体要 素	コンクリート	圧縮 240 引張 22	2.4 × 10 ⁵	0.2
	鉄筋	3,500	2.1 × 10 ⁵	
地盤要素		—	表-1	0.4

3. 試算結果

表-3 に各ケースで得られた基礎体のせん断耐力の一覧を、また、図-3 にケース 1、ケース 3 およびケース 4 の主応力図（圧縮応力を矢示で示す）を比較して示す。

表-1 に示した各解析ケースはそれぞれ以下を比較しその影響を把握するためのものである。

ケース 1～ケース 3：基礎体のせん断耐力に与える支持地盤の剛性の影響

ケース 1 とケース 4：

〃

支持地盤への根入れ深さの影響

これら各ケースの比較により以下がまとめられる。なお、表中のせん断耐力は、解析上基礎体のある要素が破壊を生じた際に基礎体に発生したせん断力を用いており、解析上の破壊条件はプログラムの推奨値（圧縮ひずみ $\varepsilon_c=0.003$ 、引張ひずみ $\varepsilon_t=-0.01$ 、せん断相当ひずみ $\varepsilon_h=0.02$ ）を用いた。

①支持地盤の剛性の影響：得られたせん断耐力は、支持地盤の剛性が高いほど大きく、軸力やせん断スパンの影響を受けていない梁のせん断耐力の 1.5～2.4 倍程度にまで増大している。この原因としては、ケース 1 と 3 の主応力図より、基礎体内部の応力状態の差に起因することが考えられる。すなわち、支持地盤の剛性の大きいケース 1 ほど基礎先端部斜め方向に大きな圧縮応力が発生しており、これがせん断耐力を増大させていると推察される。この斜め方向の圧縮応力は、この範囲で基礎体がせん断変形を生じていること表すものであり、基礎は支持地盤への根入れ部で急激なせん断変形を生じていることがわかる。

②根入れ深さの影響：ケース 4 は支持層への根入れがない状態に対して解析を行ったものであり、結果的にせん断耐力は梁の基本値を下回る値となった。その原因としては図-3 に示す応力状態がケース 1 とは異なることが考えられる。すなわち、基礎先端付近の斜め方向の圧縮応力が発達していないためと考える。なお、せん断耐力が梁の基本値よりも小さくなったのは、基礎底面部に境界要素が弾性体要素であるが故、浮き上がりに伴う引張応力が発生していることが原因と考えられる。

以上より、剛な支持層に根入れされた基礎は、基礎先端付近の支持層への根入れ部近傍で急激なせん断変形を生じており、このため、基礎先端部にはせん断耐力を増大させる大きな圧縮応力が作用していることがわかった。すなわち、基礎先端部のコンクリートが負担するせん断耐力は、通常の棒部材のせん断耐力に比べて大きくなっており、この値を評価するためには、基礎先端付近のせん断スパンを適切に評価する必要のあることがわかった。

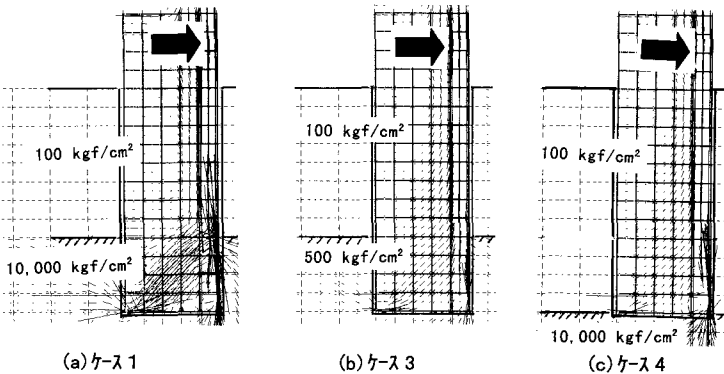


表-3 最大せん断力の計算値

ケース	支持層の剛性 kgf/cm ²	支持層への根入れ m	破壊時の最大せん断力 tf	梁の解析結果※に対する比率
1	10,000	2.0	1,041	2.37
2	1,000		854	1.94
3	500	なし	678	1.54
4	10,000		345	0.78

※梁の $Sc=440$ tf

4. おわりに

本試算により、柱状体基礎のせん断耐力は、剛な支持層に根入れされた条件下では、せん断スパンが短いことに起因する耐力の増大効果を生じている可能性が確認された。今後、柱状体基礎の設計をさらに合理化するためには、さらなる解析、実験等を行い、適切なせん断耐力評価を行えるようなデータの蓄積が必要である。

参考文献 1) たとえば、X. AN, K. MAEKAWA; SHEAR RESISTANCE AND DUCTILITY OF RC COLUMNS AFTER YIELD OF MAIN REINFORCEMENT, Journal of JSCE, V-38, No. 585, 1998-2, pp. 233-247

2) 河野、渡辺; 鉄筋コンクリート橋脚のせん断力照査におけるコンクリート負担分に関する検討, 土木技術資料 39-2, 1997, pp. 38-43