

Ⅲ - B17

地盤抵抗特性のばらつきが杭基礎の耐力へ及ぼす影響に関する試算

建設省土木研究所 正会員 木村嘉富 正会員 福井次郎
同 上 正会員 阪野 彰
建設技術研究所 正会員 松井謙二 正会員 友永則雄

1. まえがき

近年、各種構造物の設計法が限界状態設計法に移行しつつある。この設計法は設計において照査すべき状態を限界状態として明確に設定し、また、設計における不確実性をその要因毎に評価できることから、合理的な設計が可能になるといわれている。一方、道路橋示方書では地盤抵抗や基礎本体の剛性の非線形性を考慮した解析による基礎の耐力および変形性能の評価法が提案されており、耐震設計における具体的な限界状態を意識した設計法といえる。そこでは従来の線形解析に用いた地盤反力係数に加え、地盤のせん断強度や極限支持力を評価して基礎の挙動を算定しているが、これらの定数のばらつきの影響をどのように評価するかについては各設計者の判断にゆだねられている。本論文では、杭基礎における各種の地盤抵抗要素のばらつきを評価し、それが杭基礎の耐力へ及ぼす影響について試算を行った。

2. 杭基礎の地盤抵抗のばらつき

杭の載荷試験結果の整理¹⁾や既往の研究を基に、杭基礎の地盤抵抗のばらつきを次のように設定する。

(1) 杭軸直角方向の抵抗特性

杭軸直角方向の地盤抵抗は、水平方向地盤反力係数 k_h および水平地盤反力度の上限値により評価される。鋼管杭、場所打ち杭の水平載荷試験より水平方向地盤反力係数を逆算し、道路橋示方書の方法により得られる計算値と比較した。逆算値と計算値の比の変動係数は鋼管杭で0.778、場所打ち杭で0.685となっており、ばらつきはかなり大きな値となっている。ここでは0.75として計算した。水平地盤反力度の上限値は地盤のせん断抵抗角 ϕ 、粘着力 c を用い、クーロンの受働土圧強度を基に算定している。三軸圧縮試験によりこれらの値を求める場合には既往の研究より、変動係数は ϕ で0.15、 c で0.30とした。

(2) 杭軸方向の抵抗特性

杭軸方向の抵抗特性は、軸方向バネ定数 K_v および極限支持力 R_u により評価される。各種の杭の鉛直載荷試験結果より求めた K_v と道路橋示方書の方法により計算される K_v とを比較した結果、その比の変動係数は場所打ち杭で0.65と大きく、他の杭では0.24~0.4の範囲であった。一方、極限支持力の変動係数は0.3~0.5となっており、ここでは0.4として試算した。

3. 杭基礎の挙動へ及ぼす影響

2. で整理した杭基礎の地盤抵抗のばらつきが基礎の全体挙動へ及ぼす影響について把握するため、モデル基礎について試算を行う。

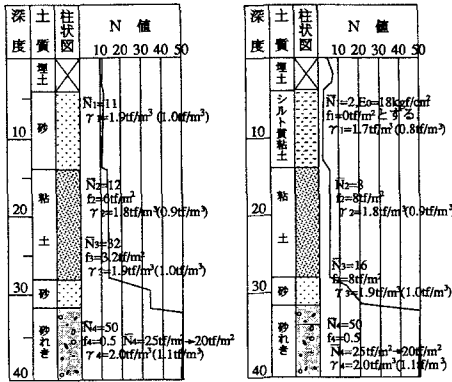
(1) 試算条件

道路橋示方書では杭基礎の降伏は、①全ての杭において杭体が降伏するか、②一列の杭の杭頭反力が極限支持力に達するときとして定義されている。試算における基本ケースとしては①により降伏が決まる場合と②により決まる場合とを設定するのが望ましく、図-1に示す2種類の地盤に対してモデル基礎を設定した。杭の種類としては実績の多い場所打ち杭とし、ケース1では杭径1.2mの杭を3×3本、ケース2では4×3本となっている。ここで、砂質土地盤であるケース1においては支持力により、粘性土地盤であるケース2においては杭体の降伏により基礎の降伏が決まっている。

ケース2の解析モデルを図-2に示す。杭基礎の抵抗特性は道路橋示方書によることとした。ただし、解

キーワード：杭基礎、試算、ばらつき、耐力

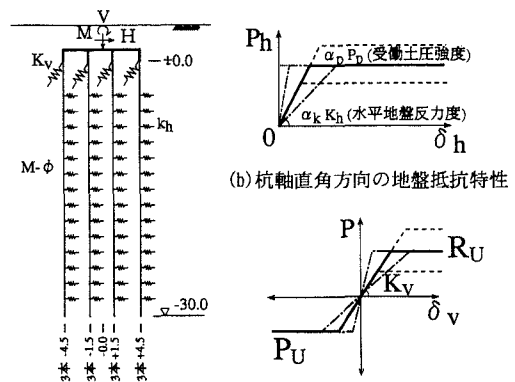
連絡先(茨城県つくば市旭1番地・Tel 0298(64)2211・Fax 0298(64)0565)



(a) ケース 1

(b) ケース 2

図-1 地盤条件



(a) 構造モデル

(c) 杭軸方向の地盤抵抗特性

図-2 杭基礎の解析モデル（ケース2）

析結果の解釈を容易にするために橋脚は弾性応答とし、フーチングの慣性力およびその前面抵抗は無視している。また、杭体の曲げモーメントM～曲率 ϕ の関係は、軸力変動の影響を逐次考慮して設定している。

(2) 試算結果

試算は地盤条件より道路橋示方書により求められる抵抗特性を用いて算定したものを基本ケースとし、各抵抗要素毎に2. で整理した変動係数分変化させ（図-2 (b) (c)中の破線および一点鎖線）杭基礎の挙動を算定した。その結果の例として、地盤のせん断強度のばらつきによる影響を図-3および図-4に示す。ここで、横軸の水平変位量は、フーチング下面における値である。図-3に示したケース1では、基本ケースが支持力により基礎の降伏が定まっていたため、地盤のせん断強度が変化し水平方向地盤反力度の上限値が変化しても基礎の降伏震度へ及ぼす影響はほとんど認められない。これに対し、図-4のケース2では基礎の降伏は杭体の降伏により決まっているため、地盤反力度の上限値の変化により杭体の曲げモーメントの値が変化し、基礎の降伏震度も変化している。ただその変動の比率は4%であり、粘着力の30%と比較して小さい値である。

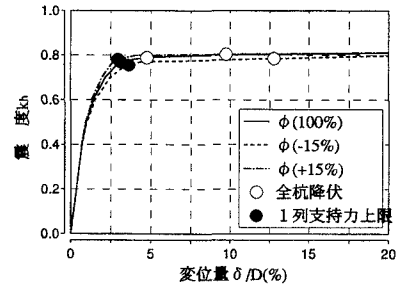


図-3 せん断抵抗角の影響(ケース1)

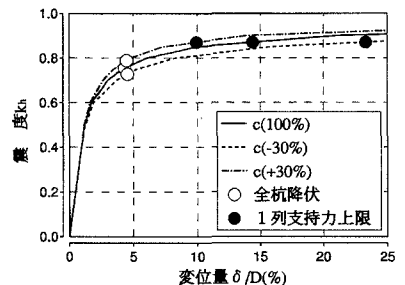


図-4 粘着力の影響(ケース2)

その他の抵抗要素も含め、基礎の降伏へ及ぼす影響を整理すると表-1となる。各抵抗要素のばらつきは相当大きい、杭基礎全体の降伏震度のばらつきは比較的小さい値となっている。ただし、杭の極限支持力が低下した場合の影響は大きく、設計における設定法および施工管理が重要であるといえる。

4. あとがき

杭基礎の地盤抵抗のばらつきが基礎の耐力に及ぼす影響について、試算により把握した。

今後は、このような試算をとおり、設計における信頼性の評価法を確立する必要がある。

参考文献：1) 岡原他：単杭の支持力と柱状体基礎の設計法に関する研究，土木研究所資料第2919号，1991。

表-1 地盤抵抗のばらつきが杭基礎の降伏点に及ぼす影響

抵抗要素		ケース1 (砂質土地盤)			ケース2 (粘性土地盤)			
		降伏震度 k_{NVP}	降伏変位 δ_{rv}/D (%)	要 因	降伏震度 k_{NVP}	降伏変位 δ_{rv}/D (%)	要 因	
k_h	175%	0.77(100)	2.9 (94)	支持力	175%	0.76(100)	4.3(100)	杭 体
	100%	0.77(100)	3.1(100)	支持力	100%	0.76(100)	4.3(100)	杭 体
	25%	0.75(97)	3.6(116)	支持力	25%	0.74(97)	5.0(116)	杭 体
ϕ, c	115%	0.78(101)	3.0 (97)	支持力	130%	0.79(104)	4.5(105)	杭 体
	100%	0.77(100)	3.1(100)	支持力	100%	0.76(100)	4.3(100)	杭 体
	85%	0.76(99)	3.6(116)	支持力	70%	0.73(96)	4.5(105)	杭 体
K_v	165%	0.77(100)	2.4 (77)	支持力	165%	0.74(97)	3.7 (86)	杭 体
	100%	0.77(100)	3.1(100)	支持力	100%	0.76(100)	4.3(100)	杭 体
	35%	0.66(86)	3.8(123)	杭 体	35%	0.60(105)	8.1(188)	杭 体
R_u	140%	0.82(106)	5.4(174)	杭 体	140%	0.76(100)	4.3(100)	杭 体
	100%	0.77(100)	3.1(100)	支持力	100%	0.76(100)	4.3(100)	杭 体
	60%	0.53(69)	1.1(35)	支持力	60%	0.50(66)	1.2(28)	支持力