

杭の鉛直及び水平支持力の限界状態設計法に関する部分係数の決定

岐阜大学工学部都市工学研究室

正員 本城勇介 学生 村田知恵
堀中敏弘
松原 剛

1 はじめに

現在、土木構造物の設計コードが、限界状態設計法に基づくコードへと改訂作業が進行中である。そこで本研究では、現行の設計法で設計された杭基礎について信頼性解析に基づくコードキャリブレーションにより部分係数を決定する。昨年度までの研究では、杭基礎全体についての信頼性解析に基づきキャリブレーションしようとしたため、計算が複雑で結果も不安定であった。そのため、今年度の杭基礎では単杭に分解し、その鉛直支持力と水平支持力についてそれぞれ考えた。

2 研究方法

研究方法は次の様な手順に従う。

- Step1：杭基礎の限界状態の定義。
- Step2：使用されている杭基礎の頻度調査。
- Step3：代表的な杭基礎を選定し、それぞれの杭に作用する荷重の範囲を把握する。
- Step4：荷重に関する不確実性を把握する。
- Step5：抵抗側の不確実性を把握する。
- Step6：最終的に用いる、単杭の鉛直抵抗と水平抵抗の照査式を確定する。
- Step7：杭の鉛直抵抗と水平抵抗に分けて信頼性解析に基づくコードキャリブレーションを行う。

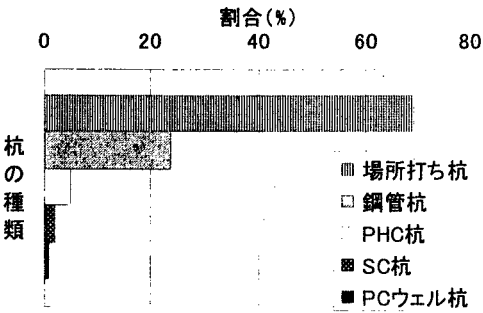
信頼性解析手法は、FORM を用いる。杭の鉛直抵抗については、周面と先端の分担方法が問題となる。杭の水平抵抗では、地盤と杭体の破壊の少なくとも 2 つの破壊モードが考えられる。

Step8：総合的な考察により、部分係数を決定。

3 杭基礎の頻度調査

本研究で、コードキャリブレーションを行う杭基礎の選定のために、現在使用されている各種の杭基礎の使用頻度調査（土木研究資料、第 3500 号、1996）を行った。図－1 に杭の種類別の割合を示す。場所打ち杭が約 7 割を占め、次に鋼管杭が 2 割強使用されている。また、場所打ち杭における杭径は 100cm,120cm 杭長は 6m から 30m が多く使用され、鋼管杭では、杭径 60cm,80cm 杭長 6m から 40m が多く使用されている。

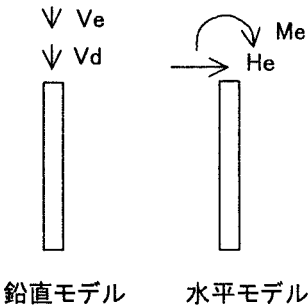
図－1



図－2

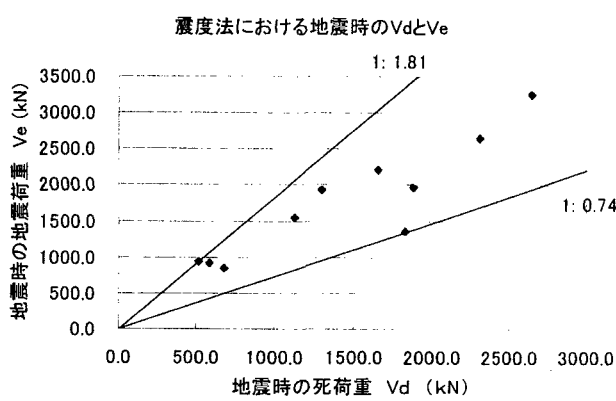
4 杭基礎の選定と荷重の範囲の把握

杭基礎の頻度調査の結果から、場所打ち杭・鋼管杭で使用頻度の高い杭径、杭長の杭を 10 基選定した。この 10 基の資料から図－2 の鉛直・水平モデルの常時・地震時の、組み合わせ荷重を多数決定し、これをキャリブレーションに用いた。



図－3

図－3 は鉛直モデルの例で、震度法（浮力考慮）における地震時の死荷重 V_d 、地震荷重 V_e を表した。この図より、震度法時の V_d と V_e の組み合わせ割り合いと荷重の程度の範囲が分かる。この図を元に30 ケースの V_d と V_e の組み合わせと重み付けを決定した。これと同様に水平方向の地震時の荷重 H_e 、 M_e も決定した。



5 荷重に関する不確実性

荷重側の基本変数として、死荷重・活荷重は、文献（日本建築学会 1999）より、表－1 のように設定した。地震荷重としては、（日本建築学会「建築物の限界状態設計指針 第2版 2000」）より表－2 のように設定した。

表－1

	平均値/公称値	変動係数	分布系
死荷重	1.00	0.015	正規
活荷重	0.50	0.20	対数正規

表－2

	確率モデル	平均値/基本値	変動係数	分布系	統計的に扱った物理量	荷重基本値
地震荷重	確率過程	0.16	0.8	フレッシュ分布	年最大地動加速度 (gal) 東京	100年再現期待値 (180gal)

6 抵抗側の不確実性

抵抗側の基本変数として、 N 値から水平・鉛直方向地盤反力係数を設定した。また支持力の上限值算定に関する不確実性の推定は、全面的に岡原ら（1991）によっている。これを表－3 に表す。

7 あとがき

ここでは、限界状態の定義の把握、杭基礎の頻度調査、杭に作用する荷重の組み合わせと範囲の把握、荷重抵抗側の不確実性の把握（Step 5 まで）について述べた。計算結果についての詳細については、発表時に述べる。

表－3

抵抗側の基本係数				
変数記号	変数の説明	平均値	変動係数	備考
δ_{kv}	杭先端の鉛直方向バネ係数の推定値の不確実性	0.71	0.59	岡原ら 1991 pp.94 表－4.6 1/D 法の値の“全データ”を選択
		0.81	0.81	
δ_{kh}	N 値より推定された水平地盤反力係数の誤差	0.91	0.32	岡原ら 1991 pp.110 図－5.13
δ_f	砂 $f=0.4N (<20)$ 粘性土 $f=N (<15)$ より推定された、周面摩擦力の不確実性	1.07	0.46	岡原ら 1991 pp.57 表－3.10
		1.17	0.36	
δ_{qd}	$q_d=10N (<300)$ による杭先端支持力の推定値の不確実性	1.12	0.63	岡原ら 1991 pp.57 表－3.10
		1.03	0.53	
δ_{PHU}	受動土圧係数の不確実性	1.0	0.1	現在のところ根拠となる資料がないため、著者の直感的な判断である。
		1.0	0.1	
σ_N	杭長について平均化された N 値の空間的ばらつき	1.0	0.05	Vanmarcke(1997)の提案した方法により、空間平均による分散の低減を考慮している。 ^{注1}
		1.0	0.05	

※平均値、変動係数の値について、上段：CCP（場所打ち杭）、下段：SPP（鋼管杭）

参考文献

日本建築学会・1999、日本建築学会「建築物の限界状態設計指針 第2版 2000」
岡原美知夫他：単杭の支持力と柱状態基礎の設計法に関する研究・土木研究資料・第 2919 号・1991
福井次郎他：橋梁基礎形式の選定手法調査・土木研究資料・第 3500 号・1996