

基礎及び敷地に関する基準の整備における技術的検討 (その3) 地盤調査: N値とEの関係

正会員 ○菅谷 憲一^{1*} 正会員 井上 波彦^{2*}
 正会員 加倉井正昭^{3*} 正会員 桑原 文夫^{4*}
 正会員 田部井哲夫^{5*}

杭の水平載荷試験 孔内水平載荷試験 N値

1. はじめに

吉中⁽¹⁾は、孔内水平載荷試験から求めた地盤の変形係数とN値の関係を調べ、ばらつきがあることを前提に最小二乗法により $E = 700N$ の関係を示した。また、使用した試料のほとんどが砂質土であることと、粘性土の強度をN値から判定することは適当でないとの立場から、この関係式は粘性土以外に適用すべきとした。

その後、豊岡⁽²⁾らによって実測値が追加され、この関係式には 1/4~4 倍のばらつきがあり適用には十分な注意が必要であるとされた。

しかし、建築基礎設計では、地盤を様な弾性体とし **chang** 式を適用して杭の水平抵抗を算定する場合に、ばらつきや適用範囲を意識せずに $E = 700N$ の相関式を用いている可能性がある。

筆者らは、最近の地盤調査資料と既往の杭水平載荷試験資料を用いて、 $E = 700N$ のばらつきや地盤の適用性、およびこの相関式を用いた設計の安全性について検討する機会を得たので、ここに報告する。

2. 最近の地盤調査資料を用いた $E=700N$ の検証

図1は、首都圏の約700試料について、孔内水平載荷

試験から求めた変形係数 (E_b) とN値との関係を土質別・堆積年代別に整理したものである。孔内水平載荷試験はプレボーリング方式であり、試験機は1室型を用いた。標準貫入試験はすべて半自動落下装置を用いており、エネルギーロスを極力排除している。なお、孔内水平載荷試験実施深度ではN値を測定していないため、図1のN値は、その上下で測定したN値と土質状況を考慮して推定した値である。また、N値0のデータは、N値0.1の位置にプロットした。

N値4以上の領域において、変形係数と吉中式 ($E = 700N$) との比率 m を調べると、概ね表1の値となる。

表1 比率 m の値 ($m = E_b / 700N$, $N \geq 4$)

	埋土層	沖積層	洪積層
砂質土	0.5~1	0.5~2	0.5~4
粘性土	0.5~2	1~3	1~5

砂質土のうち、埋土層はほとんどのデータが $E = 700N$ を下回る。沖積・洪積層では、 $E = 700N$ の 2~4 倍の変形係数を示すものが多いが、下回るものも存在する。

粘性土のうち、埋土層では、 $E = 700N$ の 0.5~2 倍の範

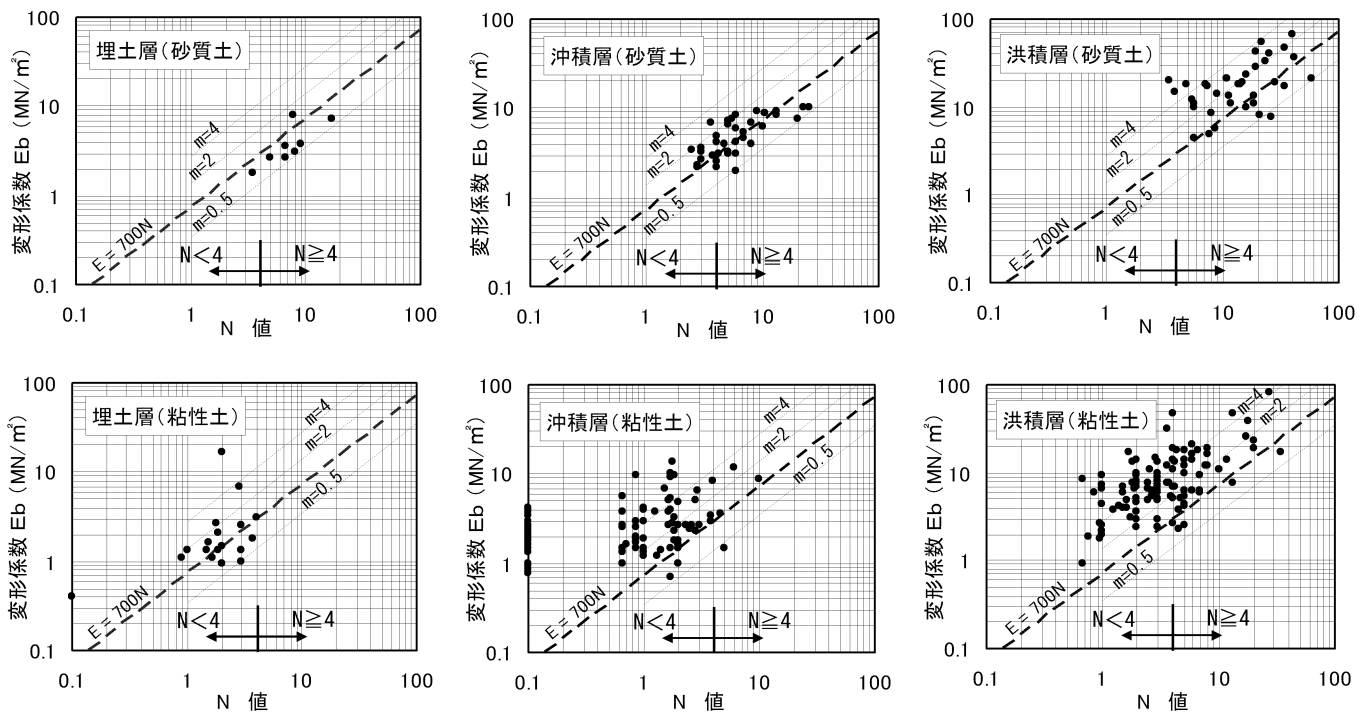


図1 孔内水平載荷試験から求めた変形係数とN値の関係

囲にあり、約半数は $E = 700 N$ を下回る。沖積層・洪積層では、 $E = 700 N$ の1~5倍の値を示し、 $E = 700 N$ は下限値である。

なお、 N 値4以下の領域では、 $E = 700 N$ に対して5倍以上の値を示すものが多いが、これは、 N 値4未満の領域では、両者の相関が薄れることが要因と考えられる。

3. 既存の杭載荷試験資料を用いた $E = 700 N$ の検証

既往の杭の水平載荷試験結果³⁾⁴⁾から地盤条件が明確になっている26資料を選んで、 $E = 700 N$ の検証を行った。なお、本資料は、実務において杭の水平抵抗を確認するために実施されたもので、杭種、施工法、杭径は様々である。また、標準貫入試験はほぼすべての資料で実施されているが、孔内水平載荷試験の記録はなかった。

図2は、既往の杭の水平載荷試験結果から逆算した変形係数(E_{LT})と $E = 700 N$ で推定した変形係数との関係を調べたものである。ここで、 E_{LT} と N 値は次のように定義した。

E_{LT} ：杭の水平載荷試験で実測した杭頭荷重～地表面変位量関係から、地盤を一樣な弾性体としchang式を適用して $Kh = \alpha E_o B^{-3/4}$ から逆算した見掛けの変形係数。変形係数はひずみ依存性があるため、地表面変位量1cmの時の値とした。

N 値：地表面変位量1cmの時の地盤の変形係数(E_{LT})を用いて求めた特性長($1/\beta$)区間の平均 N 値。

図2によると、堆積年代・土質別の $E = 700 N$ との比率 n は概ね表2のとおりである。

表2 比率 n の値 ($n = E_{LT}/700 N$)

	沖積層	洪積層
礫質土	0.2~0.4	—
砂質土	1~2	—
粘性土	1~5	1~7

沖積砂礫グループでは、杭の水平載荷試験で実測した変形係数は、 $E = 700 N$ で推定した変形係数の0.2~0.4倍とかなり小さな値を示している。

沖積砂質土グループでは、実測した変形係数は、 $E = 700 N$ で推定した変形係数と比べて0.9~1.8倍大きい。

沖積粘性土グループでは、杭の水平載荷試験で実測した変形係数は、 N 値から $E = 700 N$ で推定した変形係数比べて1.2~4.7倍大きな値を示している。

洪積粘性土グループでは、1.0~6.6倍となった。

4. まとめ

① 最近の地盤調査資料より、 $E = 700 N$ による変形係数

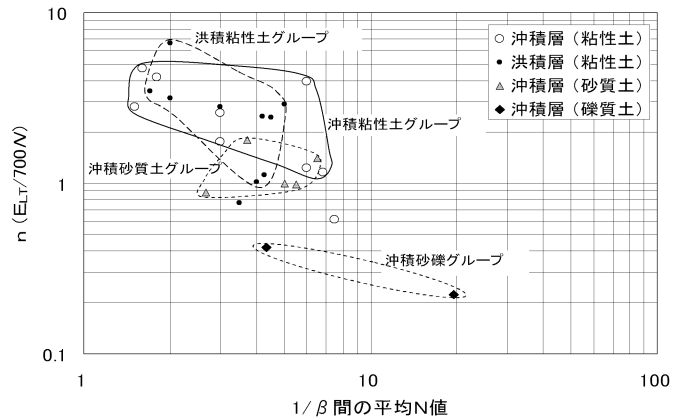


図2 N 値～実測変形係数と推定変形係数の比の関係

の推定には大きなばらつきを伴うことを再確認した。

② 堆積年代・土質別に整理したところ、埋土砂層では孔内水平載荷試験で実測した変形係数は $700 N$ を下回った。沖積砂層・洪積砂層でも $700 N$ を下回ることがある。粘性土は堆積年代に関わらず $700 N$ を数倍上回ることが多い。

③ 埋土砂層・沖積砂層で変形係数が $700 N$ を下回ることが多いが、これは孔壁の健全性維持が難しい緩い砂層における孔内水平載荷試験の適用性の問題が関係する可能性がある。

④ 既存の杭載荷試験資料を用いて試験結果から逆算した変形係数と $E = 700 N$ の比較を行ったところ、砂礫層では逆算した変形係数が $700 N$ を下回った。沖積砂層は $700 N$ とほぼ等しいか若干大きめ、沖積・洪積粘性土では、 $700 N$ より数倍大きな変形係数を示した。

⑤ 表1と表2に示す比率 m 、 n がほぼ同じ傾向を示したことから、孔内水平載荷試験の変形係数と杭載荷試験から逆算した変形係数がほぼ一致するといえそうである。

⑥ $E = 700 N$ は沖積・洪積粘性土では変形係数を小さめに評価するため、 $E = 700 N$ を使った杭の水平抵抗の設計(地盤を一樣な弾性体としchang式を適用した場合)は安全側である。砂質土層、埋土粘性土層については、変形係数を過大に評価する時があり注意が必要である。

なお、これらの検討は、国土交通省「建築基準整備促進事業」の一環として実施したものである。

【参考文献】

- 1) 吉中竜之進：地盤反力係数とその載荷幅による補正、土木研究所資料(第299号)、1967
- 2) 土谷尚、豊岡義則「SPTの N 値とプレシオメーターの測定値(Pf、Ep)の関係について」
- 3) 財団法人建築業協会基礎部会・杭の水平耐力分科会：杭の水平載荷試験結果に関する調査報告書、1979
- 4) 社団法人コンクリートパイル建設技術協会より提供を受けた杭載荷試験資料

*1 (財) ベターリビング

*2 国土交通省 国土技術政策総合研究所

*3 (株) パイルフォーラム

*4 日本工業大学

*5 (株) 東京ソイルリサーチ

*1 Tsukuba Building Test Laboratory Center for Better Living

*2 National Institute for Land and Infrastructure Management

*3 Pile Forum Corporation

*4 Nippon Institute of Technology

*5 Tokyo Soil Research Co., Ltd.