

大阪大学工学部 正員 伊藤 富雄
同 同 松井 保
同 大学院 学生員 〇 洪 元杓

1 まえがき

筆者らは、受働杭に作用する側方土圧のメカニズムを究明することも目的として、列杭の杭間隔及び杭周辺地盤の塑性状態をより現実に近い形で考慮することに重点をおいて誘導した塑性変形地盤中の列杭に作用する側方土圧の算定理論式を、若干の実測データ及び粘土地盤を対象とした模型実験結果に対して検証してきた。その結果、受働杭に作用する側方土圧力は杭径、杭間隔及び地盤強度によりかなり大きい影響を受けることが確認され、上記の算定理論式の信頼性は極めて高いことが検証された。本報告においては、砂地盤を対象に、この算定理論式の信頼性を検討するため、すでに報告した模型実験装置を用いて実験を行い、その結果及び理論との比較について考察したのでここに報告する。

2 実験結果及び実験方法

模型地盤の砂試料としては、豊浦標準砂が用いられる。三軸圧縮試験から得られた乾燥標準砂の内部摩擦角 ϕ と間隙比 e との関係は図-1に示す通りである。本実験に用いられた模型砂地盤の平均間隙比は0.87であるので、その内部摩擦角は図-1より0.62 rad (35.3°)と推定される。表-1に示すように、杭径 d として2cm, 3cm及び4cmの3種類の模型鋼杭が用いられ、杭中心間隔 D_1 が7.5cm, 15cm及び30cmの3種のいずれかになるよう配置される。その結果、杭間隔比 D_2/D_1 が0.73から0.93までの範囲の7ケースの実験が行われた。実験方法は、まず所定の列杭を土槽に設置し、砂試料を漏斗で土槽に均一に入れた後、地盤側方より両載荷板を通して10kPaの圧力を加え、模型地盤を作成する。空気圧制御装置を調整し片方の載荷板を通して一定圧力を段階的に増加させ、地盤を側方に変形させる。その他の詳細は前報告を参照されたい。

3 実験結果

(1) 杭の側方土圧力と地盤の変形量との関係

図-2は、杭に作用する側方土圧力 P を縦軸に、地盤の変形量 δ を横軸にとり、No.3, No.5及びNo.7の実験結果を併示したものである。この図より、杭の側方土圧力は地盤の変形量の増加とともに増加し、最大値を示した後減少することが判る。また、地盤の変形量に対する杭の側方土圧力の増加率 P/δ は、杭の側方土圧力の最大値が大きい場合ほど大きい。

図-3は、No.7ケースの杭の側方土圧力と地盤の変形量との関係を両対数紙上に再プロットしたものである。この図から判るように、側方土圧力と地盤の変形量との関係は、粘土試料の場合と同様に、両対数紙上で2つの変曲点を有する直線関係で近似できる。 $P-\delta$ 関係における両変曲点の位置が図-2に矢印で示されており、第一変曲点は地盤の変形量 δ が約2mmのときに生じることが判る。図-3の縦軸上の〇印は算定

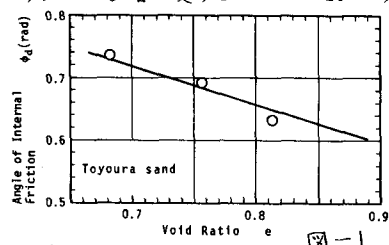


表-1

No.	Sample	ϕ_d (rad)	d (cm)	D_1 (cm)	D_2/D_1
1	Toyouura Sand	0.62	2	7.5	0.73
2		0.62	2	15.0	0.87
3		0.62	2	30.0	0.93
4		0.62	3	15.0	0.80
5		0.62	3	30.0	0.90
6		0.62	4	15.0	0.73
7		0.62	4	30.0	0.87

($D_2=D_1-d$)

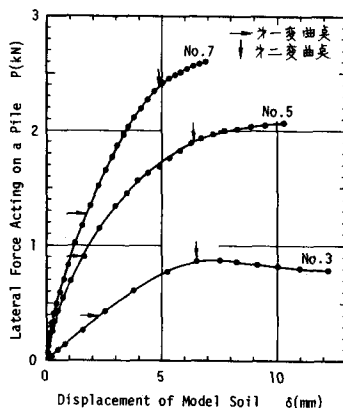


図-2-2

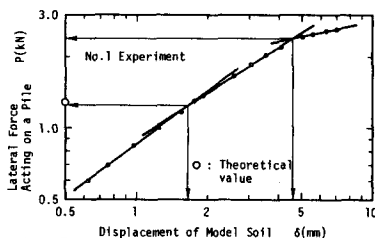


図-3

理論から得た側方土圧力の理論値を示すが、砂地盤においても理論値はカーブ点における側方土圧力に近いことが判る。

図-4は、カーブ点における側方土圧力 P_L と地盤の変形量に対する側方土圧力の増加率 P_L/δ_1 との関係を示したものである。ただし、この増加率は杭間隔の影響を考慮して $P_L(1-D_2/D_1)/\delta_1$ で表わされている。この図から、カーブ点までの側方土圧力増加率はカーブ点の側方土圧力の増加とともにほぼ比例的に増加することが判る。

(2) 側方土圧力と杭間隔比の関係

図-5は、杭間隔及び杭径の影響を検討するため、杭径 d をパラメータとして、側方土圧力 P と杭間隔比 D_2/D_1 との関係を示している。図中の実線は算定理論式から得た理論曲線であり、丸印はカーブ点における側方土圧力の実験値を示す。砂地盤の実験結果も粘土地盤の実験結果と同様に、杭径が一定のとき、 D_2/D_1 が小さくなる（杭間隔が狭くなる）とともに、側方土圧力が増加する傾向が見られる。これらの実験値は、3種の杭径及び種類の杭間隔に対して、理論値と良好一致を示している。ただし、杭間隔が非常に大きくなる $D_2/D_1=0.93$ の場合には、実験値が理論値より多少小さくなる傾向を示している。また、側方土圧力は杭径の増大とともに増加し、この関係は杭間隔比 D_2/D_1 が一定の場合線形的である。

4 考察

図-6は、側方土圧力と杭中心間隔との比 P/D_1 と杭間隔比 D_2/D_1 との関係を示している。図中の実線は著者らによるオリジナル理論から得た理論曲線であり、破線はDe Beerらのディスカッション⁴⁾による算定理論から得た理論曲線である。また、図中の丸印は表-1に示す7ケースの全実験データをプロットしたものである。この図から、実験値は種類の杭径に対してオリジナル理論曲線により一致を示すのに対し、De Beerらの理論曲線は大幅に小さく見られる傾向があることが確認できる。特に、杭間隔が狭くなるにしたがって、実験値とDe Beerらの理論値との差は大きくなる。

以上の検討及び前報までの検討により、地盤の側方変形が原因となつて地盤中に設置された列杭に作用する側方土圧の算定において、受働杭の設計に用いることが可能な最大側方土圧力は著者らの算定理論式により正確に算定することが可能である。

最後に、昭和54年度特別研究として本実験に協力された小沢暢夫君（現三井共合建設コンサルタント）及び本学院生松田賢二君に謝意を表す。

<参考文献>

- 1) Ito T. and T. Matsui ; 「Methods to estimate lateral force acting on stabilizing piles」, Soils and Foundations, Vol.15, No.4, 1975.
- 2) 伊藤・松井・洪 ; 「受働杭に作用する側方土圧に関する実験的研究」, 土木学会第34回年講発表会, 1979.
- 3) 伊藤・松井・洪 ; 「受働杭に作用する側方土圧の研究」, 第15回土質工学研究発表会, 1980.
- 4) De Beer E. and R. Carpentier ; Discussion, Soils and Foundations, Vol.17, No.1, 1977.

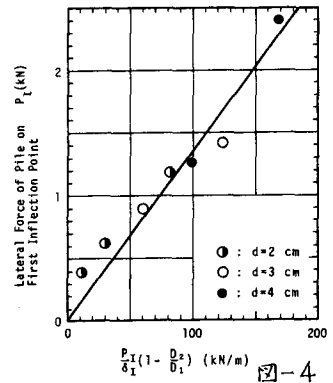


図-4

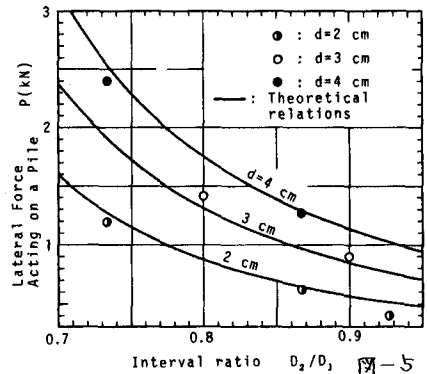


図-5

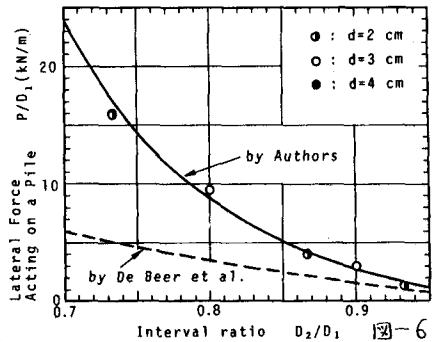


図-6