

(III-11) 剛体棒の土中への動的貫入に対する土被り圧の影響

東海大学大学院 ○学生員 山下 寿也
東海大学工学部 正会員 杉山 太宏
東海大学工学部 正会員 赤石 勝

1. まえがき

砂地盤の相対密度、支持力係数、せん断抵抗角そして粘土地盤のコンシステンシーや一軸圧縮強度など標準貫入試験のN値から多くの土の力学的特性が推定されている。地盤工学の設計体系の中でN値は広く普及し、多くの設計問題に役立っている。しかし、N値と各種力学的諸定数の相関関係のほとんどは、理論的背景のない経験式であり、理論的に検証する必要がある。N値の修正に関する提案は①土の状態による修正②ロッドの長さによる修正③土被り圧による修正の3つに分類される。¹⁾この報告と直接関係する土被り圧による修正に関して、N値は砂のせん断抵抗角のみの関数でなく、土被り圧の関数であることが指摘されている。²⁾

この報告では、N値に対する土被り圧の効果を理論的に説明するため、室内動的貫入試験から貫入量と土被り圧の関係を調べ、F E解析を用いた動的貫入試験の再現計算を行い貫入量と土被り圧の関係を検討した。

2. 試料及び実験方法

実験に用いた試料の物理的性質をTable. 1に示す。試験毎に同じ間隙比になるよう砂をセットし、締めり具合は相対密度 D_r で管理した。Table. 1に示す相対密度からも明らかのように本報告の実験は密詰め状態であり土被り圧の载荷による D_r の変化は極めて小さい。三軸室内ゴム袋の空気圧を0, 0.3, 0.6, 0.9kgf/cm²として4種類の土被り圧を採用し、貫入量と打撃回数との関係を調べた。

Table.1 試料の物理的性質

	Toyoura	Kashima	Chiba
ρ_s	2.655	2.645	2.808
U_c	1.643	2.121	3.500
U_c'	0.900	0.877	1.143
ρ_{dmin}	1.339	1.474	1.278
ρ_{dmax}	1.653	1.683	1.575
D_r	80	80	80
D_{50}	0.200	0.600	0.300

3. 実験結果と考察

Fig. 1は、土被り圧 $\sigma_v' = 0.6\text{kg/cm}^2$ の貫入試験における貫入量と打撃回数の関係を示したものである。貫入深さがある程度以上になると試料によらず貫入量と打撃回数に直線関係の存在が認められる。土被り圧の異なる貫入試験でもFig. 1と同様の直線関係が存在したので貫入深さ1cm当りの打撃回数 N_B と土被り圧の関係を調べたのがFig. 2である。動的貫入抵抗が土被り圧の大きさに影響され、土被り圧の増加とともに貫入量が減少することは確かな実験的事実と考えられる。

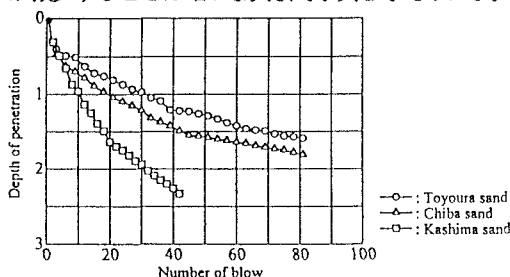


Fig.1 貫入量～打撃回数関係

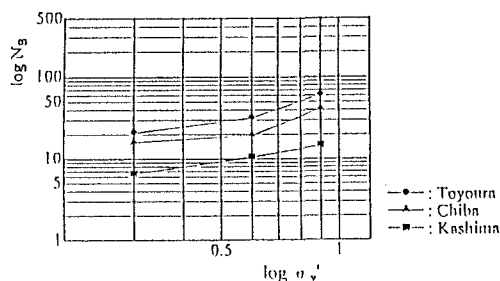


Fig.2 貫入深さ1cm当りの $N_B \sim \sigma_v'$ 関係

4. 計算結果と考察

Table. 2は、計算に用いた剛体棒ならびに砂の定数である。実験結果より砂の降伏ひずみ ϵ_v を6%と仮定し、最大主ひずみが ϵ_v 未満では弾性ひずみエネルギーを、 ϵ_v 以上ではひずみ曲線の積分によって弾塑性ひずみエネルギーを計算した。

Fig. 3は、剛体棒の貫入速度と経過時間の関係を示したものである。剛体棒の貫入開始深さの大きい地盤内の鉛直有効応力が大きい場合、剛体棒の長さが増加するため剛体棒の初速度は減少するが、鉛直有効応力の大きいものほど貫入速度がゼロに近くなり貫入の停止する時間が小さい。すなわち鉛直有効応力の増加によって一回の打撃で剛体棒の貫入する量は減少する。

地表面から深さ1~20mの範囲で鉛直有効応力と一回の打撃による剛体棒の貫入深さの関係を調べたのがFig. 4である。せん断抵抗角やポアソン比などの定数は深さ方向に一定であるにもかかわらず、一回の打撃による剛体棒の貫入深さは鉛直応力の増加とともに著しく減少する傾向が観察される。図中、鉛直有効応力24と31 tf/m^2 付近で貫入深さが急変する理由は、明らかでない。有限要素の寸法効果、土の応力ひずみ関係やすべり線の形状などとともに今後更に検討する必要があるが、Fig. 4の計算結果から30cm貫入に必要な打撃回数 N_c 値を求め、鉛直有効応力との関係を示したのがFig. 5である。Fig. 2に示した実験結果と同様計算した N_c 値の対数と鉛直有効応力の対数の間に直線関係の存在が認められる。

5. むすび

砂の構成式として単純弾塑性モデルを採用し、ひずみエネルギーを計算しており若干問題のある解析であるが、土被り圧の対数と貫入量の対数の間に直線関係が得られた。この計算結果は、一部の既往の実験研究成果ならびに著者らの実験結果に対応する計算結果であり、構成式や解析法に含まれている仮定を再吟味すれば、貫入量と地盤の力学的特性の関係を定量的に検討しうる可能性があると思われる。

〈参考文献〉 1) Terzaghi, K. and Peck, R. B.: Soil Mechanics in Engineering Practice (1948)

2) 福岡 保: 標準打ち込み試験の実用性拡張の問題, 土と基礎, Vol. 1. 4, No. 2 (1956)

Table. 2 FE解析における剛体棒と砂の定数

rigid bar		sand					
ρ (kg/cm ³)	radius	ρ (kg/cm ³)	ν	K_0	ϵ_v (%)	ϕ	
7.84×10^{-3}	3.75	1.80×10^{-3}	0.3	0.5	6.0	30	

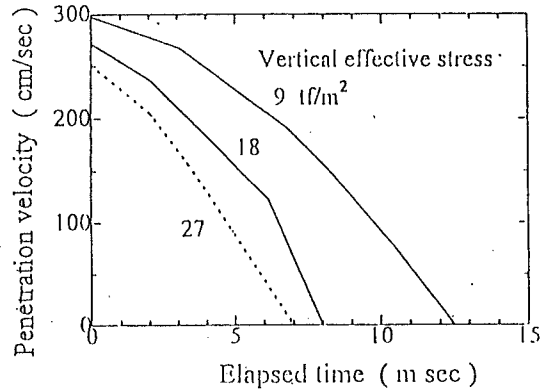


Fig. 3 計算による貫入速度～経過時間関係

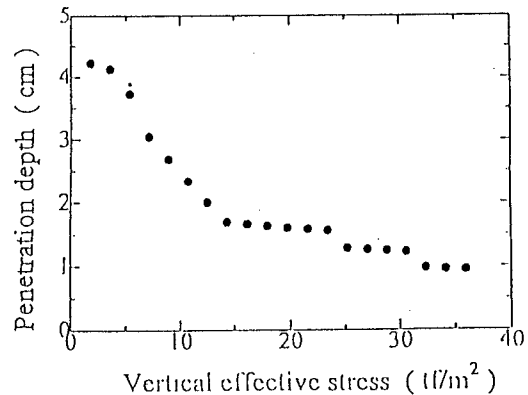


Fig. 4 鉛直有効応力～貫入深さ関係

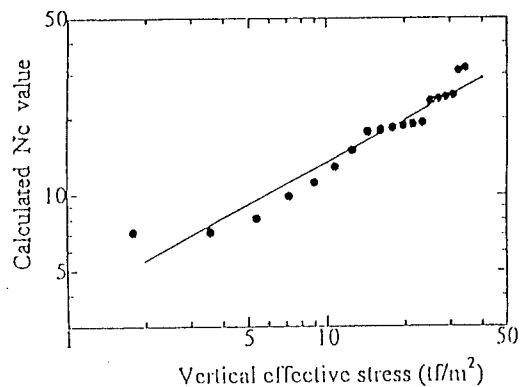


Fig. 5 N_c ～鉛直有効応力関係