

礫の構造体形成が杭貫入抵抗に与える影響

東京大学 学生会員○酒井雄也
 東京大学 正会員 長井宏平
 東京大学 正会員 前川宏一

1.はじめに

砂礫地盤層へ杭貫入を行う場合、不均質に存在する礫の抵抗により、その貫入反力には大きなばらつきが生じる。このため、砂礫地盤層への効率的な杭貫入工事および適切な支持力評価のためには礫の影響を考慮する必要がある。本研究ではアルミ棒積層体を用いて粘着力のない砂礫層を二次元的に模擬し、礫の直径、混入量および粒度分布が杭貫入中の砂礫の挙動や貫入抵抗に与える影響を検討した。

2.実験の概要

図1に示す荷重フレームに長さ50.0mmの細径のアルミ棒($\phi=1.6\text{mm}$, 3.0mmを面積比3:2で混合¹⁾)を用いて模擬砂層を形成し、太径の $\phi=10.0\text{mm}$ および40.0mmのアルミ棒により礫を模した。貫入は幅20mmの木製杭を根入れ長80.0mmの位置からスクリージャッキを用いて手動操作により行った。表1に実験ケースを示す。太字のケースは後で述べるように礫の構造体が形成されたケースである。S0は礫なしのケースであり、GシリーズではS0へ $\phi=10\text{mm}$ もしくは40mmの礫を面積比で30~60%ランダムに混入し、礫の直径と混入量の影響を検討する。Mシリーズでは両サイズの礫を面積比1:1で混合したものを30~70%混入し、Gシリーズと比較することで粒度分布の影響を

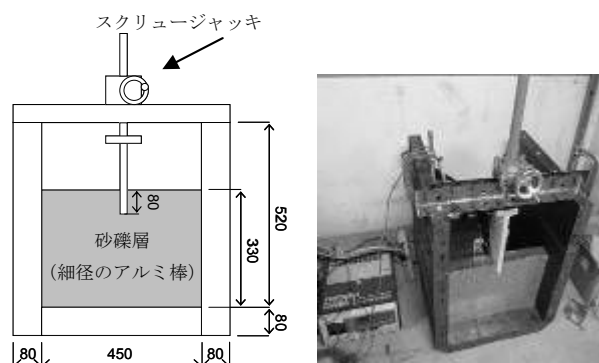


図1 実験装置の外観

表1 検討ケース

		全体に対する礫の面積比				
		0%	30%	45%	60%	70%
礫の直径	10mm(G10)	S0	G1030	G1045	G1060	—
	40mm(G40)		G4030	G4045	G4060	—
	10mm&40mm 面積比 1:1 で混合		—	M45	M60	M70

調べる。いずれの試験も1ケースにつき3回実施され、礫はランダムに配置されているため1回毎に配置が異なる。

3.実験結果

3.1 礫の量が貫入抵抗に与える影響

S0(図2)とGシリーズのうち10mmの礫を混入したケース(G10)(図3)に着目すると、反力の平均値はほぼ等しいものの、礫の量が増大するにつれ振幅の増加がみられる。特にG1060では礫同士が近接しているため、すべりが生じる際に礫同士がかみ合い構造体を形成し(図6(b))貫入抵抗が急増する。しかし杭の貫入が進むことで外力の方向が変化するとやがて構造体は崩壊し、貫入抵抗が大きく減少する。このような構造体の形成と崩壊のプロセスが大きな振幅として反力に現れる。一方他のケースでは図6(a)に示すように砂が支配的であり、礫は砂に運ばれて容易に移動するため影響は小さい。

3.2 礫のサイズが貫入抵抗に与える影響

次にG10と40mmの礫を混入したケース(G40)(図4)を比較する。G40のケースでは構造体が形成されていないにもかかわらず反力が大きく増加しており、またその増減は比較的なだらかなのである。この反力の増加は杭に押された礫が杭先の役割を果たし、底面積が増加するためであるということ、また杭と礫の微妙な相対関係が増加量に大きく影響することを既往の研究で示している²⁾。

3.3 粒度分布が貫入抵抗に与える影響

Mシリーズ(図5)においてもGシリーズ(図3,4)と同様に、礫の量が増加するにつれ振幅が増加し、杭が40mmの礫に接触すると特に大きく反力が増加する傾向が確認できる。Mシリーズのグラフ中の円で囲まれた部分では杭と40mmの礫との接触が確認された。まず10mmの礫の影響を考察する。M60中の実線は、杭先端が40mmの礫に触れていない時点での振幅を示す。ここで、M60

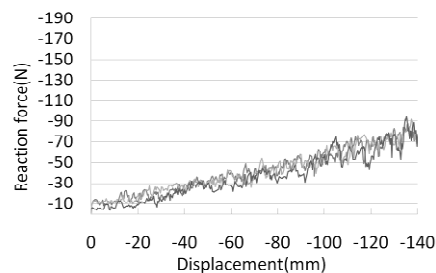
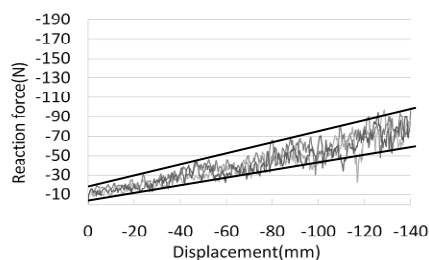
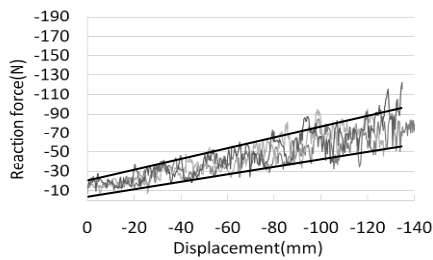


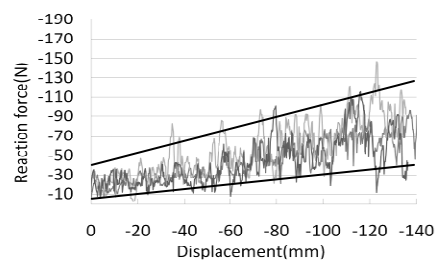
図2 S0の反力・貫入量曲線



(a)G1030

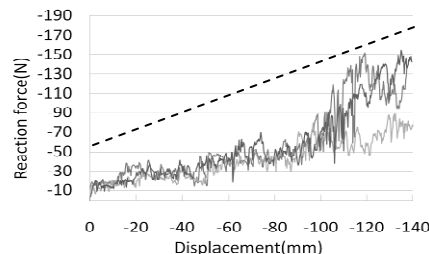


(b)G1045

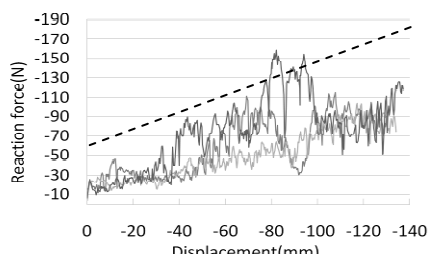


(c)G1060

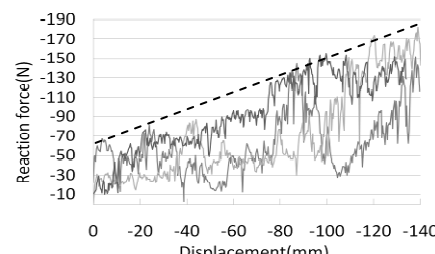
図3 Gシリーズ(G10)の反力一貫量関係



(a)G4030

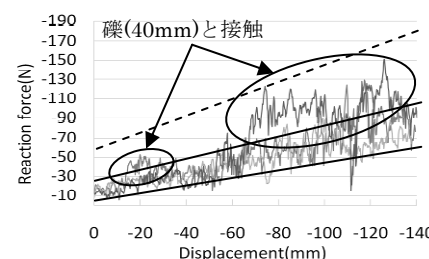


(b)G4045

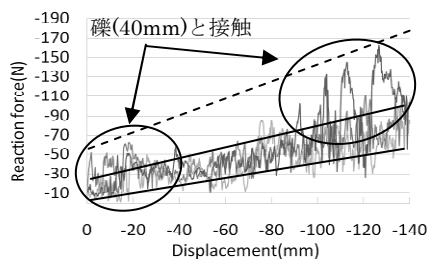


(c)G4060

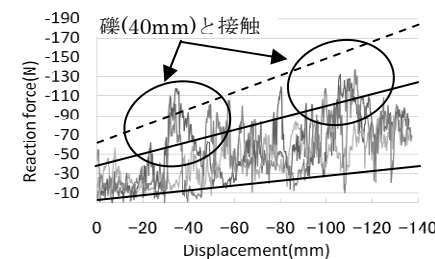
図4 Gシリーズ(G40)の反力一貫量関係



(a)M45



(b)M60



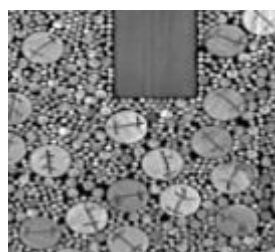
(c)M70

図5 Mシリーズの反力一貫量関係

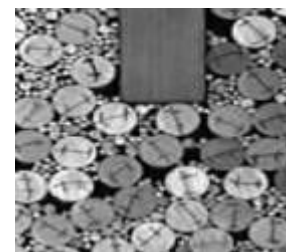
中の 10mm の礫の混入量は砂+10mm の礫との面積比を算出した場合 45%となることから、この直線を G1045 に描き入ると、図 3(b)に示すように一致する。同様の関係が G1030 と M45 (図 3,5 の(a)) でも成り立ち、振幅の一致が確認できる。礫の構造体が形成 (図 7) された M70 でも、10mm の礫と砂の面積比が等しい G1060 と比較すると (図 3,5 の(c)) 振幅が一致する。次に 40mm の礫の影響を考察する。どのケースでも、実線で示された振幅から大きく外れるのは 40mm の礫との接触によるものであると言える。また G4060 (図 4(c)) の最大値の傾向を破線で示し、これを図 4,5 に描くと、礫の量や粒度分布が異なるにもかかわらず、円で囲まれた部分の増加量とよく一致する。

4.まとめ

粘着力のない二次元的な砂礫層への杭貫入試験の結果を以下に纏める。1) 礫の直径が杭径に比べ大きい場合、少量でも貫入抵抗に大きな影響を与え、比較的なだらかな増加として反力に現れる 2) 礫が構造体を形成すると反力の振幅が大きく増加する 3) 構造体を形成するか否かは礫の面積比および粒度分布に依存する 4) 砂礫層が単純に 2 種の直径を有する礫から成る場合、その貫入抵抗はそれらの礫が別々に存在する際の反力を重ね合わせたものに一致する。

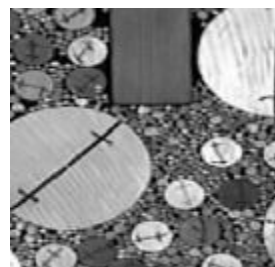


(a)G1030 (構造体なし)

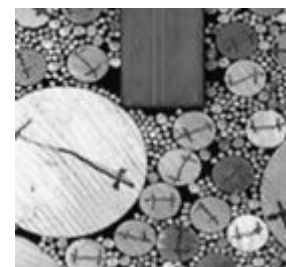


(b)G1060 (構造体あり)

図6 杭貫入中の砂礫層の様子



(a)M60 (構造体なし)



(b)M70 (構造体あり)

図7 杭貫入中の砂礫層の様子

参考文献

- 1) 村山朔郎, 松岡元: 粒状体の局部沈下現象について, 土木学会論文集第 172 号, pp.31-41, 1969.12
- 2) 酒井雄也, 長井宏平, 前川宏一: 砂礫地盤における礫の力学相互作用解明のための基礎実験, 地盤工学研究発表会, 2008 (投稿中)