

(75) こま型基礎による液状化対策に関する研究

九州工業大学工学部 正会員 安田 進
九州工業大学工学部 正会員 ○永瀬英生
三井建設(株) 正会員 吉田 剛

1. はじめに

こま型基礎とは独楽の形をしたコンクリートブロックを敷き並べるもので、最近住宅等の小規模な構造物の基礎として用いられるようになってきている。筆者らはこれまでにこま型基礎の液状化対策としての有効性について検討してきた¹⁾。その結果、こま型基礎の応力分散の効果で無対策のときに比べ、沈下が比較的大きく抑制されることが認められた。しかしながら、その効果のメカニズムを十分に解明しているとは言いがたい。そこで本研究では、基礎の形状を変えたときの振動台実験およびボーリング実験を行い、こま型基礎による液状化対策効果のメカニズムについて検討を加えてみた。

2. 実験装置

図1に実験に用いた土槽ならびに模型地盤を示す。土槽の内のは、長さ100cm、奥行き60cm、深さ70cmで、正面はガラス面にしてある。その側壁内側には壁面が剛である影響を軽減するために、厚さ5cmのラバーを張り付けている。この土槽に深さ55cmまで試料を詰め、その地表面にこま型基礎の模型を設置した。図2に実験に用いたこま型基礎および形状の異なる2種類の基礎の模式図をそれぞれ示す。図2(a)のこま型基礎は実物の半分の大きさで、直径15cmのミニチュアである。図2(b)、(c)には形状の異なる基礎を示しており、円盤形のものに脚部を取り付けたものを”T型”、ならびにこま型ブロックの脚部を取り除いたものを”おわん型”とそれぞれ呼称することにする。設置された基礎の上から載荷板を介して、一般的な住宅建築物の重さに相当する荷重を4つのペロフラムシリンダーにて載荷した。また、図1に示すとおり模型地盤内に間隙水圧計4つと加速度計1つを配し、10cmまでの変位は変位計で、10cm以上の変位は実験終了後深さゲージで測定した。

3. 実験の条件および方法

模型地盤の作成方法は以下のとおりである。(1)試料としては豊浦標準砂を用い、相対密度が全実験ケースで50%になるように、水中落下法により詰め方一定で密度管理を行いながら作成する。(2)こま型基礎の位置

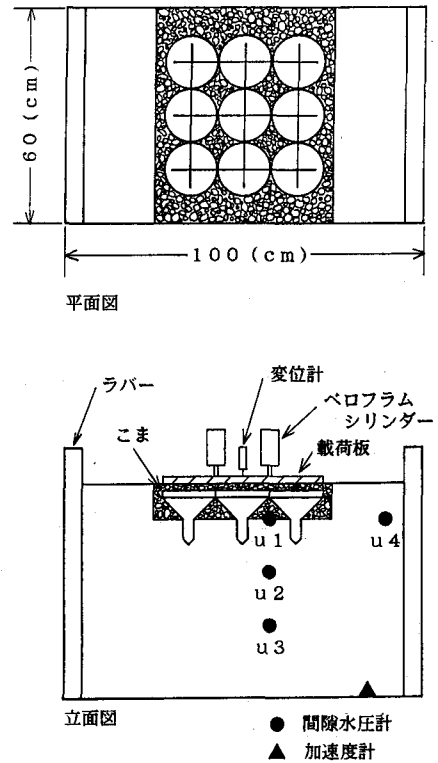


図1 模型地盤

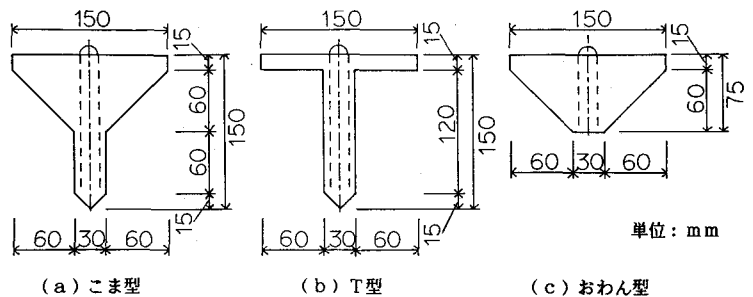


図2 基礎の形状

を決める目的も兼ねた井桁状の鉄筋を敷き、それを所定の位置に設置してその上部を鉄筋棒で連結する。

(3)こま型基礎の間隙に碎石を詰め、その上部にも2cm程度の碎石を敷き、載荷板を介して上載荷重を載荷する。(4)地下水位をGL-1cmに調整し、上載荷重を載荷後30分程度経過してから実験を開始する。

振動台実験では、こま型基礎の液状化に対する沈下抑制効果とその効果のメカニズムを明らかにするために、以下の2とおりの実験を行った。なお、これらの実験ケースを表1と2に示す。(1)基礎の形状をこま型、T型、おわん型に変えた実験。(2)土槽前面に配置したターゲット(うどん)の動きを写真撮影することにより、土粒子の流動の軌跡を観察する実験。ただし、(2)の実験ではうどんの動きで土粒子の動きを正確に表現させるため、奥行き方向の寸法を載荷板と土槽とで一致させている。また、全ケースとも台加速度250gal、振動数3Hzで一定条件とし、液状化の判定は図1に示すu4の間隙水圧計の値によって判断した。

さらに、模型地盤全体が液状化した場合に発揮されるこま型基礎の沈下抑制効果とそのメカニズムを明確にするため、注水圧力および基礎の形状を変えたボーリング実験を行った。これは模型地盤の下部から強制的に注水することで疑似的な液状化の状態を比較的容易に再現できる実験である。表3はこま型基礎を用いたボーリング実験の条件を、表4は基礎の形状を変えたボーリング実験の条件を示したものである。前者の実験では模型地盤の最下部に作用する注水圧力の値を0.3、0.4、0.6kgf/cm²の3種類に変化させ、後者の実験ではその値を0.3kgf/cm²で一定とした。

4. こま型基礎による液状化対策の効果に関する振動台実験

図3は、基礎の形状を変えた場合の最終沈下量を比較したものである。載荷板だけを設置したケース[B-1]では30cm以上沈下しているのに対し、T型基礎[B-3]とおわん型基礎[B-4]の沈下量はおよそ13cmと18cmに減少している。またこま型基礎[B-2]で

対策すると4cm程度の沈下にとどまっている。図4には基礎の形状を変えたときの沈下量を時間に対してプロットしている。沈下の進行する速さは小さい順に並べると、こま型基礎、T型基礎、おわん型基礎、無対策となっている。よって、T型基礎の場合脚部による杭の効果で、またおわん型基礎を用いるとその円錐形状による効果で、それぞれ無対策に比べ沈下が抑制されたものと考えられる。さらに、杭の効果の方が円錐

表1 基礎の形状を変えた振動台実験の条件

Case No.	基礎配置		砕石		鉄筋		基礎
	3列	なし	あり	なし	あり	なし	
B1		○		○		○	載荷板
B2	○		○		○		こま型
B3	○		○		○		T型
B4	○		○		○		おわん型

載荷幅45cm, 荷重150kgf

表2 土粒子の動きを観察する振動台実験の条件

Case No.	こま型基礎配置		砕石		鉄筋		荷重(kgf)	
	2列	なし	あり	なし	あり	なし	100	150
C1		○		○		○		○
C2	○		○		○		○	

載荷幅45cm

表3 こま型基礎を用いたボーリング実験の条件

Case No.	こま型基礎配置		砕石		鉄筋		注水圧力(kgf/cm ²)
	3列	なし	あり	なし	あり	なし	
D1		○		○		○	0.3
D2	○		○		○		0.3
D3		○		○		○	0.4
D4	○		○		○		0.4
D5		○		○		○	0.6
D6	○		○		○		0.6

載荷幅45cm, 荷重 150kgf/cm²

表4 基礎の形状を変えたボーリング実験の条件

Case No.	基礎配置		砕石		鉄筋		基礎
	3列	なし	あり	なし	あり	なし	
E1		○		○		○	載荷板
E2	○		○		○		こま型
E3	○		○		○		T型
E4	○		○		○		おわん型

載荷幅45cm, 荷重150kgf, 注水圧力0.3kgf/cm²

形状による効果よりも沈下抑制に対して多少大きく貢献しているようである。したがって、こま型基礎はT型基礎の杭の効果とおわん型基礎の円錐形状による効果を共に有していると考えられる。

図5(a),(b)は”うどん”の動きから観察された土粒子の流動の軌跡を示したものである。図5(a)は載荷板のみを設置した無対策の結果であり、図5(b)はこま型基礎を2列に設置した完全対策の結果である。実線の矢印は4秒間での土粒子の動きを、また破線の矢印は20秒間での土粒子の動きをそれぞれ表す。無対策の場合、土粒子は載荷板中央の下部では直下に動いているものの、それ以外の場所においては側方に大きく流動している。一方、こま型基礎により完全対策を施すと、基礎の下部における土粒子はほとんど直下に動き、側方流動を起こしていない。よって、こま型基礎はその形状により下部の地盤を側方に流動させない効果も有していると考えられる。

5. こま型基礎による液状化対策の効果に関するボーリング実験

模型地盤の最下部から注水する圧力に対して最終沈下量をプロットしたものを図6に示す。注水圧力が 0.3kgf/cm^2 の実験では、無対策で40cm以上と大きく沈下しているが、こま型基礎の場合8cm程度と沈下は減少している。この実験は、こま型基礎が設置された地盤で全層液状化に至ったときの沈下量を調べるために行ったものであるが、そのような条件においても無対策に比べて、こま型基礎の沈下量は減少している。つまり、こま型基礎にはその下部の地盤が

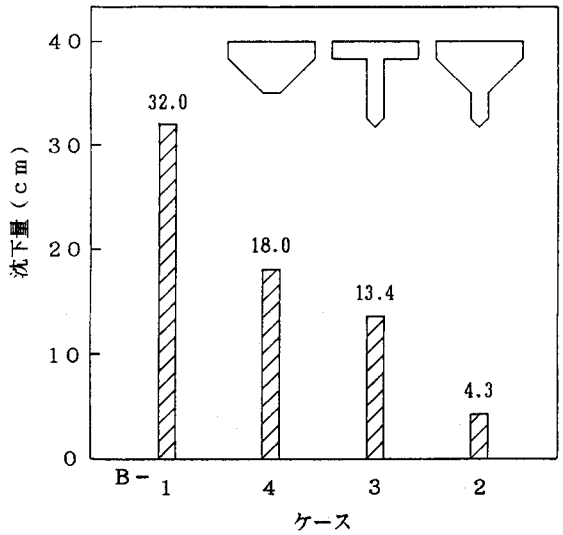


図3 基礎の形状を変えた場合の最終沈下量

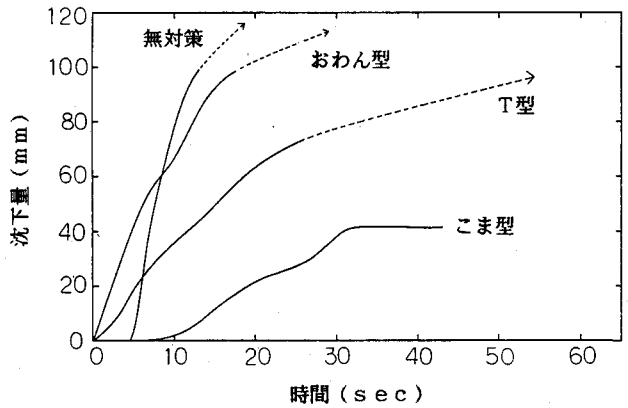


図4 基礎の形状を変えたときの沈下量と時間の関係

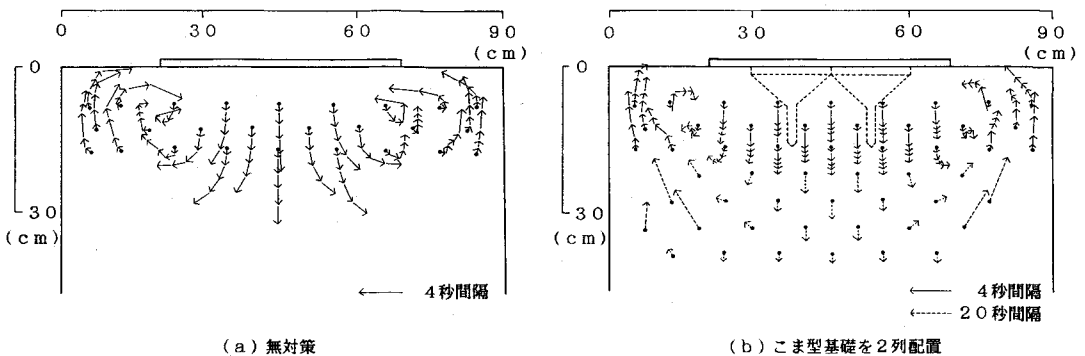


図5 振動台実験における土粒子の動きの比較

液状化しても、沈下を抑制する効果が備わっているものと考えられる。また、注水圧力が0.4、0.6 kgf/cm²に増加すると、両者の沈下量の差は次第に小さくなっている。土槽下部から強制的に注水するボーリング実験では、注水圧力により土粒子間に水がたえず浸透し、圧力が大きくなると大きな値の過剰間隙水圧が常に発生している状態となるため、こま型基礎の効果も次第に消失したものと考えられる。

図7には基礎の形状を変えた場合の最終沈下量を比較している。載荷板のみのケース[E-1]では40cm以上沈下しているのに対し、T型基礎[E-3]とおわん型基礎[E-4]の沈下量は23.5cmと11cmに減少している。また、こま型基礎[E-2]で対策した場合8.5cmの沈下にとどまっている。このように、地盤全体が仮に液状化してもT型基礎の杭の効果とおわん型基礎の円錐形状の効果でこま型基礎の沈下量は減少したものと考えられる。ただし、ボーリング実験の場合は、円錐形状による効果の方が杭による効果よりも沈下抑制に対して大きく貢献しているようである。

6. まとめ

こま型基礎による砂地盤の液状化に対する沈下抑制効果のメカニズムを調べるために、振動台実験およびボーリング実験を行ってみたところ、以下のようなことが明らかになった。

- (1) こま型基礎は脚部による杭の効果と円錐形状による応力分散の効果を合わせもった効果を有する。
- (2) 基礎下部の地盤で仮に液状化が発生したとしても、こま型基礎を設置することにより、無対策の場合に比べて沈下量は減少する。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、東京大学地震研究所伯野元彦教授、全国マイ独楽工業会小林正二郎氏、九州工業大学大学院規矩大義氏、松尾憲親氏、三井不動産建設(株)藤原健一氏の協力を得ている。末筆ながら感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 安田 進・伯野元彦・小林正二郎・永瀬英生・吉田 剛: "こま型基礎による液状化対策の効果の検討", 地盤の液状化対策に関するシンポジウム発表論文集, pp.285-290, 1991. (2) 安田 進: "液状化の調査から対策工まで", 鹿島出版会, 1988.

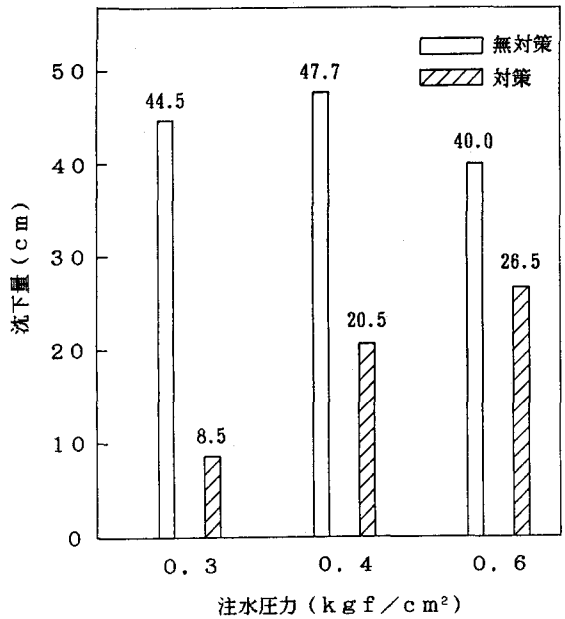


図6 最終沈下量と注水圧力の関係

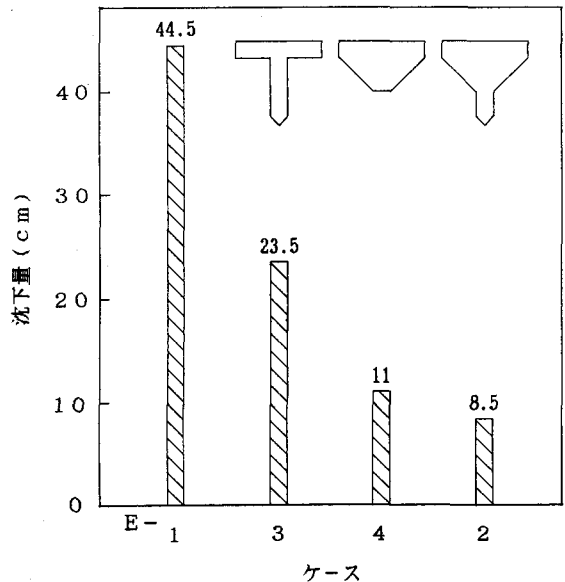


図7 基礎の形状を変えた場合の最終沈下量