

(III-74) 底盤改良工法を用いた大規模掘削時のヒーピングに関する研究

武蔵工業大学 学○佐々木隆光 正 片田敏行 正 末政直晃
日建設計中瀬土質研究所 正 大石幹太 正 斎藤邦夫

1 はじめに

市街地における大規模掘削工事では、山留め架構の破壊や底盤面の破壊により、広い範囲に亘って甚大な被害を及ぼす。特に、地盤が軟弱な条件下では、ヒーピングに対する検討が重要となる。このような場合のヒーピング対策の一つには、掘削部を予めセメントなどで固化する改良工法がある。しかしながら、同工法にはヒーピングに対する安定性の評価方法や地盤改良の設計法といった課題が残されている。そこで、これらの課題解明の第一歩として、底盤改良の有無がヒーピング挙動に及ぼす影響を、遠心模型実験により客観的に把握することを試みた。同時に、現行のヒーピング検討式の適用性を調べた。

2 実験方法

図-1に実験模型を示す。この模型を100Gの遠心加速場におき掘削のシミュレーションを行った。模型地盤は、掘削底面以浅をヨウ化ナトリウム水溶液(以下、重液)、以深を粘土層でモデル化した。掘削は掘削部の重液を排水することにより模擬した。なお、重液の密度は $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ に調整した。矢板には厚さ15mm(実物換算:1.5m)の鉄製板を用い、剛壁体としてモデル化した。これはヒーピングに与える矢板の変形の影響を排除し、極力単純化するためである。切梁は地表面より-5m、-12.5mの位置に設置し矢板と剛結した。

模型地盤は、底面に相対密度90%の豊浦砂で排水層(層厚=5.5cm)を設けた。粘土地盤は、含水比を100%に調整した藤森粘土を50kPaで一次的に圧密させ作製した。同粘土層の非排水せん断強度は、測定した含水比 w と $Cu \sim w$ 、 Cu/p 関係から12kPaと推定された。

本実験は底盤未改良と底盤改良の場合の2ケースを行った。後者における改良体の目標一軸圧縮強度は400kPaとし、含水比180%の礫子粘土に土粒子質量の20%のセメントを配合し、2週間養生したものを用いた。実験に用いた改良体の一軸圧縮強度は目標強度より若干大きく427kPaであった。

3 実験結果

以下の値は実地盤換算で表している。図-2は掘削途中の粘土地盤に生じた変位挙動を画像解析した結果である。なお図中の線は、後述する建築学会修正式、建築学会旧基準式で仮定されるすべり面を表している。背面側の地盤は掘削に伴い沈下し、掘削側へ回り込む挙動を示した。底盤部直下では地盤は鉛直方向へ動いた。底盤未改良は5m~6m掘削したときに、底盤改良では4m~5m掘削したときに底盤部がそれぞれ30cm~50cm鉛直方向へ変位した。

図-3に底盤部の膨上り量~掘削深さ関係を示す。膨上り量は底盤部中心のマーカを画像解析で追って求めた。底盤未改良では5m、底盤改良では4m掘削した後、継続的に膨上り量が増加していった。

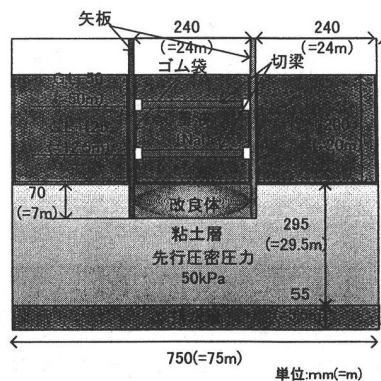
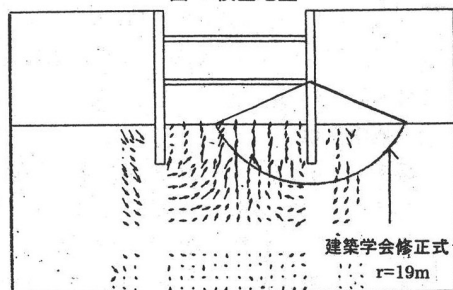
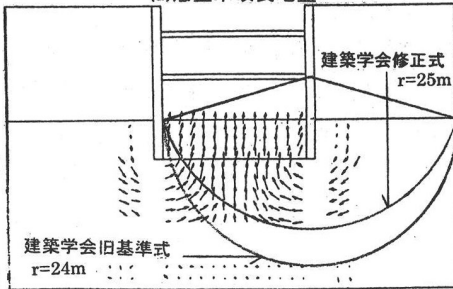


図-1 模型地盤



(a)底盤未改良地盤



(b)底盤改良地盤

図-2 変位ベクトル図

同図より判断する限り、改良の有無に関わらず、ヒービングは掘削深さ 4～5m で発生している事が分かる。

写真-1 に掘削終了時の破壊形状を示す。本実験では底盤未改良、底盤改良どちらも左右対称に円弧状のすべりを呈し、掘削底盤部以下で交差する形状を示した。また両ケースとも、掘削底面から根入れ深さまでの底盤部はヒービングに伴い変形することなく鉛直方向に持ち上げられるような挙動を示し、尚かつこの部分にはすべり線は発生しなかった。白線は視覚に基づいて描いた潜在すべり線である。この線は地表面より最深部で 46.5m の所にあり、横方向には容器の外側まで達している。この様な形状を呈した原因としては、1) 掘削幅に対する軟弱地盤層の厚さ、2) その強度分布特性、3) 掘削背面の仮定、などが推定される。また、底盤改良の効果を発揮するには、根入れ部と改良体の付着、矢板が変形し改良体に働く拘束力によって発生する摩擦力、が必要と考えられる。

表-1 に建築学会修正式、建築学会旧基準式においてヒービングが発生したと思われる掘削深さ 4、5、6m の時の安全率を示す。これら 2 式を用いた理由は地盤改良による底盤の強度増加を考慮できるからである。安全率を算出する際の回転半径 r は安全率が最小となる値を用いた。ただし、底盤未改良の旧基準式による検討では r に関係なく安全率は一定値となる。底盤未改良の場合、ヒービングが発生したと思われる時の安全率は 1.0～0.8 で実験結果に近い値を表現している。しかし底盤改良では、ヒービングが発生したと思われる時の安全率は 3.0～2.5 となり、安全側の評価となった。その理由として次のことが挙げられる。本実験での地盤の挙動は底盤改良部にすべり線は入らず、改良体がそのまま持ち上がる挙動を示した。これに対し、建築学会修正式、建築学会旧基準式では、図-2(b)に示すように、それぞれ最下端切梁もしくは掘削底盤面と矢板が交わる点に中心をおく円弧すべりを掘削底面まで仮定している。このため、改良体内のすべり面によるせん断抵抗を考慮していることとなり、抵抗モーメントを過大に評価したと思われる。

表-2 ヒービング発生時の安全率

case 検討式	底盤未改良地盤		底盤改良地盤	
	建築学会修正式	建築学会旧基準式	建築学会修正式	建築学会旧基準式
掘削深さ4m	1.06	1.20	3.26	3.10
掘削深さ5m	0.84	0.96	2.61	2.48
掘削深さ6m	0.70	0.80	2.18	2.07

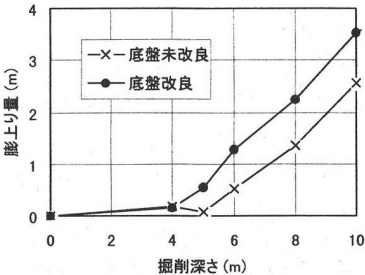
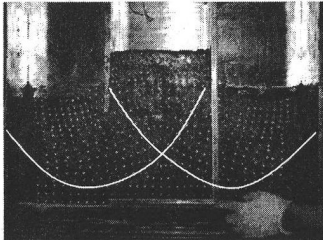
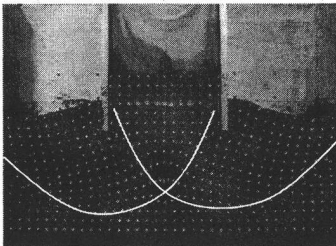


図-3 膨上り量～掘削深さ関係図



(a)底盤未改良



(b)底盤改良地盤

写真-1 掘削後の破壊形状

4 まとめ

軟弱な粘土層の変形・挙動を把握するため、最も単純化したモデルを用いて掘削シミュレーションの実験を行った。実験結果より、底盤改良した地盤のヒービング挙動には、次のような影響要因が重要となると思われる。

- 掘削幅と軟弱地盤層の幾何学的関係によるすべり面の大きさ・形状の変化が及ぼすヒービング挙動への影響。
- 底盤改良部の浮き上がりに対する抵抗力、すなわち矢板から作用する水平荷重（矢板の剛性に関係する）および矢板と改良体間の摩擦係数の大きさ。

今後、これらの条件を検討しながら実験を進めていくつもりである

<参考文献>

セメント協会：セメント系固化材によるマニュアル 鉄道総合研究所：ヒービングの安定と掘削土留工の設計方に関する一考察 土と基礎：実用数式・図表の解説