

### III-7 超軟弱埋立地盤における大規模開削工事

首都高速道路公団 立川 喜吉  
住友建設(株) 熊野 倫行・小原 博愛・諸田 元孝

#### 1. はじめに

東京国際空港沖合展開事業で、湾岸線(Ⅲ期)の地下を横断する京浜急行駅舎部建設のため大規模開削工事が実施された。同事業の他工区でヒービング現象や山留壁の過大变位の事例が発表されており、本工事においても、照査段階でヒービングの発生が懸念されたため、地盤及び山留工の挙動を把握し安全施工を期するため情報化施工を採用した。

掘削途中でヒービング現象によると思われる掘削側地盤の隆起及び山留工の継続的な変状が認められ、背面地盤の盤下げ・切梁補強・ディープウェル等の対策工を施した。対策工の検討に当たっては、掘削による地盤強度低下の確認のためチェックボーリングを行った。

ここでは、掘削による地盤強度の低下と、底盤改良の山留工に対する効果について述べる。

#### 2. 工事概要

当工区の地盤状況は、地表から6mまでの建設残土の下に埋立層の超軟弱粘土層(A m, Ac1)が13m、沖積砂層(As1) 2m、沖積粘土層(Ac2)20mと続く。掘削規模は、幅30m、延長120m、深さ20.9mであり、φ1000 t=12mm L=32.8mの鋼管矢板、7段支保工による開削工事である。また、山留壁根入れ部の受働抵抗の増加及びヒービングに対する安全性の確保を目的として、床付けから下方に5.0mの厚さで深層混合処理工法による底盤改良(接円施工、改良率78.5%)を施工している。

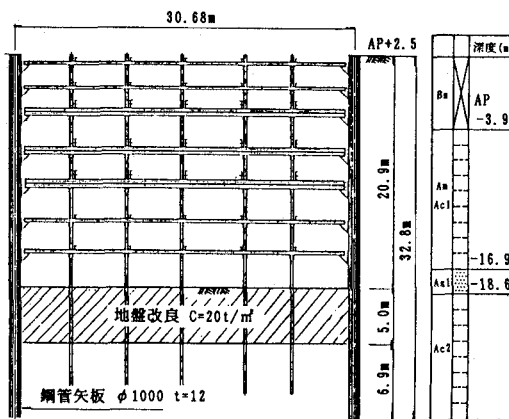


図-1 山留工概要図

#### 3. ヒービング現象発生時の兆候と対策

最終掘削深さ20.9mのうち残り2.1mとなった7次掘削段階で異常な掘削側地盤の

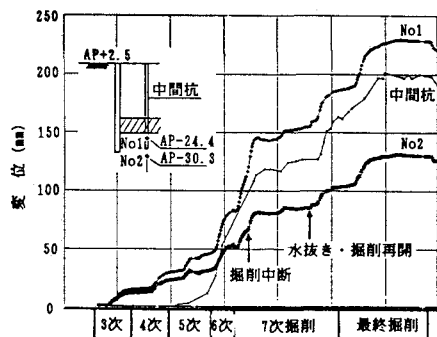


図-2 地盤及び中間杭の浮上り測定結果

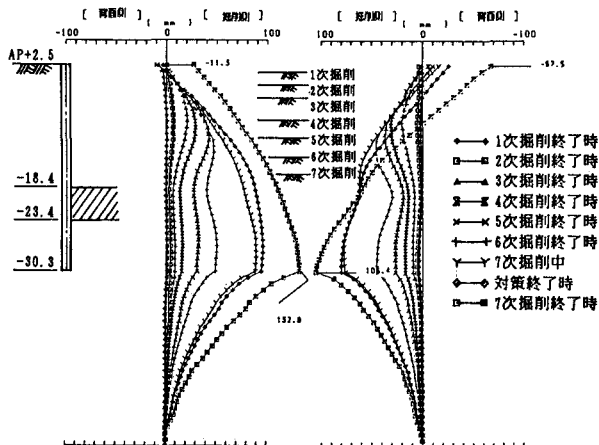


図-3 山留壁変位計測結果

隆起現象及び山留壁の変状が認められた(図-2, 3)。盤ぶくれ対策としてのディーブウェル工により、水位が計画水位を下回っていることから盤ぶくれである可能性は少なく、山留壁先端が跳ね上がるような変形を示していること、また掘削側地盤が解析上塑性化していないにもかかわらず、掘削中止後の隆起現象及び山留壁の変状の速度が変わらないことから、これをヒービング現象発生時の兆候であると判断し、緊急対策として掘削側の水張り及び背面地盤の盤下げ(4.0m)を行った。その結果、地盤の隆起現象及び山留壁の変状は収まった。

さらに、最終的な対策工を検討するためにチェックボーリングを実施し、根入れ部付近(Ac2層)の地盤強度が掘削前の値より20~50%低下していることを確認した(図-4)。この結果をもとに追加対策として盤上げを2.0m増して合計6.0mとするとともに、床付け付近に存在するAs1層の水圧を低減させ5、6段の切梁軸力を低下させるためのディーブウェル工、さらに切梁・腹起しの補強を実施した。

#### 4. ヒービング発生の原因について

底盤改良部における改良体自体の強度は、ボーリングコアの一軸圧縮試験結果によると、 $C=23\sim114\text{t/m}^2$ で平均 $C=40\text{t/m}^2$ (改良体の目標強度は $C=25.5\text{t/m}^2$ )であり、この位置での掘削前の原地盤強度は $C=5.4\sim6.4\text{t/m}^2$ であった。これに対して、ヒービング発生時の安全率を $F_s=1.0$ と仮定して底盤改良部のせん断強度を逆算した結果、ヒービングに対する見かけ上の強度は $C=10.1\text{t/m}^2$ と推定された(設計期待強度は $C=20\text{t/m}^2$ )。

地盤改良は鉛直に施工されるので、ヒービングに対して鉛直方向のすべり面が形成されると考えられる(図-5)。接円施工による地盤改良では、改良体同士が点でしか接していないため、ヒービングによるすべりは改良体と改良体の間を通り、すべりに対する抵抗としては原地盤に近いせん断強度しか発揮されないと推定される。実際には、施工精度の影響で完全な接円施工とはならない可能性が高く、改良体同士がラップした部分と離れた部分とが混在しているため、ヒービングに抵抗する断面は、原地盤と改良体の混合した複合断面となり、見かけ上のせん断強度は低下し原地盤強度に近い値になるものと思われる。接円施工による底盤改良の複合地盤としての強度が、ヒービングに対しては設計強度を期待できないとする事例は他にも発表されている。

ヒービング発生の原因は、以上のような複合地盤の強度の評価方法及び掘削に伴う地盤強度の低下にあると推定される。

#### 5. 改良部の受働抵抗について

また、図-3から明らかのように、ヒービング現象発生前までは底盤改良部の受働抵抗増加の効果が認められる。この時の底盤改良部の地盤バネ値は $K=864\text{t/m}^3$ となっており、一方 $C=20\text{t/m}^2$ から算出した改良部のバネ値は $K=3840\text{t/m}^3$ 、原地盤のバネ値は $K=570\text{t/m}^3$ である。これは、切梁方向に改良体が連続している部分の影響で、底盤改良部の地盤バネ値は原地盤より大きな値になっているものと想定される。

#### 6. おわりに

本工事は、その後底盤コンクリート打設まで無事終了することができた。今後、ヒービングに対する安全性確保や受働抵抗の増加を目的とした底盤改良に対しては、有効なせん断抵抗面を加味するなどの複合地盤の強度の評価方法について今後のデータを蓄積することにより、研究を進めていく必要があると思われる。

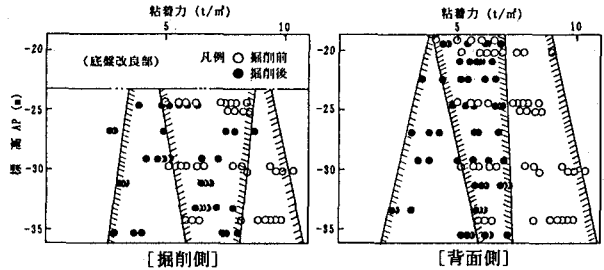


図-4 掘削前と掘削後の地盤強度の比較(Ac2層)

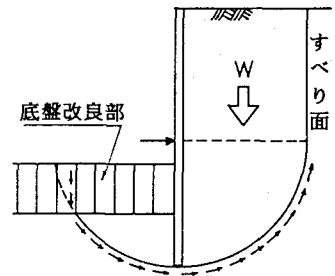


図-5 ヒービングによるすべり面