

堤防基礎としての深層混合改良体の挙動について

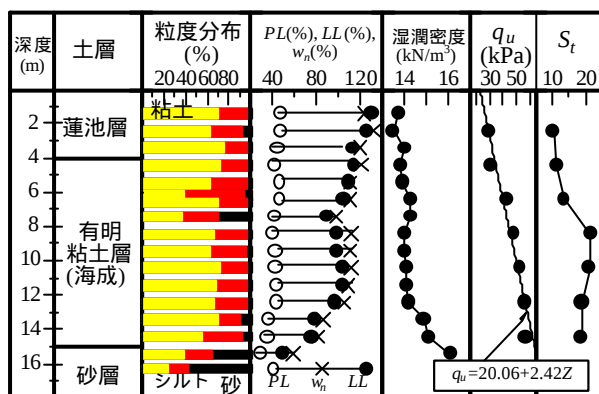
佐賀大学低平地防災研究センター 正 沈 水龍

佐賀大学理工学部 正 三浦哲彦

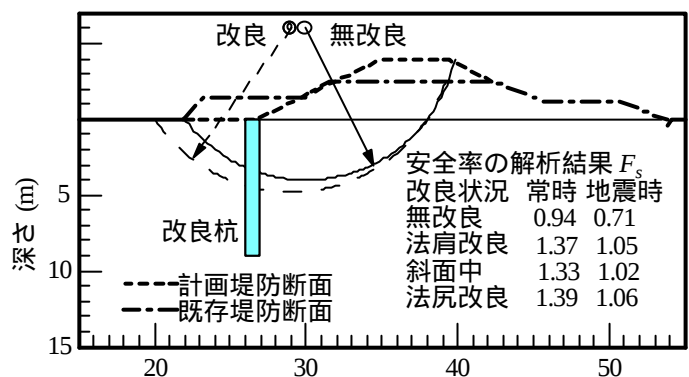
(株)親和テクノ 正 古賀浩史

1. まえがき 軟弱地盤上に築堤する場合には、堤防基礎として深層混合改良体が広く用いられている^{1),2)}。軟弱地盤のせん断強度は深さと共に増加するので、一定深度まで改良するフローティング基礎を用いるのが経済的である場合も生じる¹⁾。本研究は有明粘土地盤における堤防にフローティング基礎を適用した場合の挙動について数値解析を行って考察するものである。

2. 地盤条件および施工概要 佐賀平野における河川堤防の嵩上げ盛土工事を解析対象とした。地盤特性は図—1に示すように、上部層(0~4m)は非海成の蓮池層粘土³⁾であり、含水比は120%~130%、鋭敏比は10~15の値を示した。その下に4~15mにわたって有明粘土層³⁾が堆積している。7~8mの深さには薄いシルト・砂質粘土層が存し、鋭敏比は20~25の値を示した。15m以深は、砂層である。河川堤防の嵩上げ盛土の断面図を図—2に示している。計画堤防の高さは4mであり、地盤改良として既存堤防の両側の法尻においてセメントコラムを3列配置した。改良体の直径は1.0m、1.2×1.3mピッチの千鳥配列、面積改良率50%、深さ8~10mの条件で打設した。改良体の設計一軸強度は $q_u=400\text{kPa}$ とした。



図—1 施工現場の地盤概要と地盤特性図



図—2 堤防,改良体の断面図および安全率

3. 解析方法 解析はすべり安定解析および有限要素法を用いて行った。解析ケースは無改良地盤、法肩改良、法尻改良および斜面中改良に対してすべりとFEM解析を行う。FEM解析では、平面ひずみ条件で深さ17m、堤防中心軸から120mの有限要素モデルを用いた。粘土層は修正カムクレイモデル、砂層・盛土および改良体はモール・クーロン破壊基準による弾性モデルを用いた。改良体は梁要素を用いてシミュレートした。解析パラメータは次の値を用いた。粘土：ポアソン比 $\nu=0.35$ 、 $\lambda=0.46\sim0.66$ 、 $\kappa=0.046\sim0.066$ 、初期間隙比 $e_0=2.1\sim3.5$ ；梁要素： $\gamma_t=14\text{kN/m}^3$ 、 $\nu=0.25$ 、ヤング弾性係数 $E=120\text{MPa}$ 、曲げ引張り強度 $s_b=0.35q_u=140\text{kPa}$ ；砂層： $\gamma_t=16.9\text{kN/m}^3$ 、 $\nu=0.25$ 、 $E=30\text{MPa}$ 、および盛土： $\gamma_t=18\text{kN/m}^3$ 、 $\nu=0.25$ 、 $E=18\text{MPa}$ 。

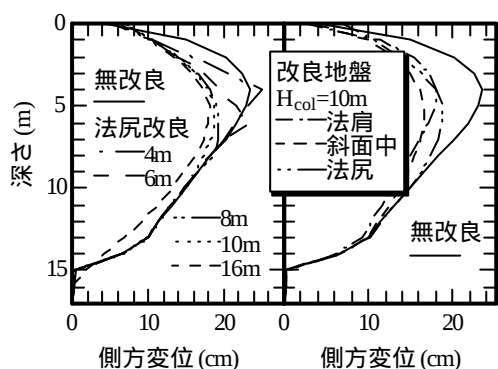
4. 解析結果および考察 改良領域の幅と深さは安定解析によって決めた。解析結果は図—2に示している。嵩上げ盛土施工によって、無改良地盤では最小安全率 $F_s=0.94$ （常時）、 $F_s=0.71$ （地震時）、すべり深さ $D=4\text{m}$ であり、地盤改良が必要である。すべり解析によってコラム深さが10mの場合では安全率は設計基準を満足することを確認している。直径1mの1列改良体の場合ではすべり深さ $D=4.5$ 、安全率 F_s は図—2に示すように改良体の設置位置（法肩、法尻、斜面中）によって大きな違いはなかった。

キーワード：堤防基礎，改良杭，法尻改良，曲げ破壊，FEM解析

連絡先：〒840-8502 佐賀市本庄町1番地 佐賀大学低平地防災研究センター TEL0952-28-8582, FAX0952-28-8189

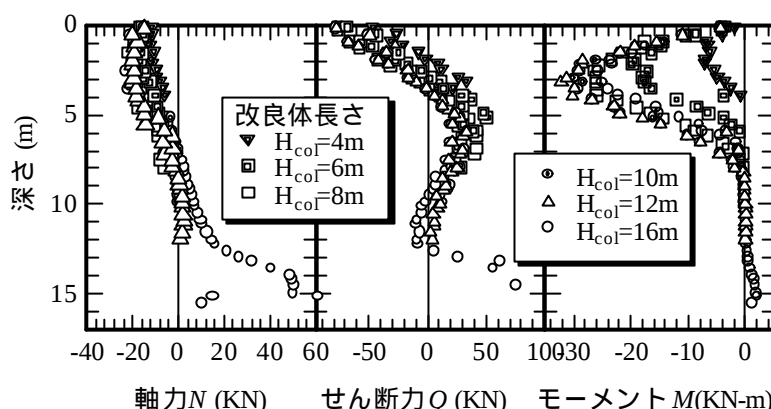
図—3は、法尻における地盤中の水平変位の解析値を示している。無改良の場合、深さ4mの水平変位が著しく大きい、これはすべり破壊によるものであることをFEM解析で確認している。法尻改良の深さの側方変位への影響を図—3(a)に、改良体の配置位置による影響を同図(b)に示している。法尻改良深さ4~6mの場合は、改良体底の水平変位が頂点より大きく、すべり傾向が認められる。法尻改良深さ10m以深の場合は、法尻水平変位に大きな違いは認められなかった。法肩と斜面中改良の場合は法尻改良より水平変位が小さいことが分かる。

図—4は、法尻に配置した改良体の長さの違いによる改良体内軸力 N 、せん断力 Q およびモーメント M の解析値を示している。 N 、 Q は、改良体長さ H_{col} が10mより小さい場合にはわずかに増加傾向を認める。コラム長さが10mより大きい場合は、10m以上の部分には大きな変化はないが、10m以下の部分では N 、 Q が大きく増加する。 M は改良体長さが10mより小さい場合には、 H_{col} の増加により大きくなる。改良体長さ H_{col} が10mを超える場合は、 M 値は H_{col} の大きさに依存しない。 M の値は3~4mの深さで最大となり、すべり深さの解析結果とよく合っている。改良体長さが10mを超えても安定性への寄与は小さく、したがって本ケースの場合は改良深さ $H_{col}=10\text{m}$ が最適であるといえる。



a) 法尻改良深さの影響 b) 改良位置の影響

図—3 法尻下の地盤の水平変位



図—4 法尻改良体長さによる内力の変化



図—5 改良体の位置による N 、 Q および M の変化

図—5には、改良体が法肩、斜面中および法尻下に配置した場合の改良体に発生する N 、 Q 、 M の解析値を示している。せん断力 Q は3つの配置で大体同じ値となり、最大せん断応力は $t=115\text{kPa}$ であった。軸力とモーメントは配置位置により大きな違いがあり、 N 値は法肩改良と斜面改良では圧縮応力、法尻改良では引っ張り応力となった。 M 値は法肩改良と斜面改良では小さく、法尻改良では大きな値が生じた。改良体に発生

する最大曲げ応力は $s_s=360\text{kPa}$ となり、曲げ強度を超えるので、改良体は曲げ破壊を発生するという結果を得た。最大モーメントの位置では、曲げ破壊の結果として、せん断面積は減少し破壊に至る。

以上の検討により、法尻改良の場合はすべり解析による最小 F_s が設計基準を満足しているにも拘わらず、曲げ破壊を生じることが確認された。

5. 結論 1)新規盛土の場合では改良体は法肩や斜面下に配置するのが合理的である。2)嵩上げ盛土の場合のように改良体を法尻に配置する場合には、改良幅の設計はすべり解析だけではなく、FEM解析を用いて、曲げ破壊が発生しないことを確認する必要がある。

参考文献 1) 建設省武雄事務所：六角川軟弱地盤対策工法検討業務報告書, 229ページ, 1996. 2) (財)土木研究センター：深層混合処理工法設計・施工マニュアル, p.326, 1999. 3) 三浦哲彦ら：有明粘土層の堆積環境とその鋭敏性について, 土木学会論文集, No.541/III-35, pp.119-131, 1996.