

### III-13 根入れ部をDM改良した山留め工の挙動について

運輸省 港湾技術研究所 田中洋行

#### 1. はじめに

支持層が深い場所での大規模山留め掘削工事で、根入れ部を深層混合処理(DM)工法で改良する(改良タイプとする)事例が増加している。しかしながら、改良タイプの設計法は未だ確立したとは言い難く、掘削途中の挙動が異常であったため対策工を施したとの報告もある<sup>1)</sup>。地盤を弾塑性モデルとした有限要素法によって、改良タイプの挙動を検討したので報告する。

#### 2. 解析対象となった山留め工

解析の対象となった山留め工は、現在運輸省が工事を進めている東京国際空港沖合展開事業で実施された山留め工を参考にして決めた。その断面を図-1に示す。DM改良部は改良体と原地盤が混在する複合地盤となるので強度の設定は難しいが、せん断強度 $c_t$ を $30\text{tf/m}^2$ とし、また原地盤の強度は地表面のせん断強度 $c_o = 2.5\text{tf/m}^2$ を標準とした。また、比較の意味で地盤改良を行わない山留め工(未改良タイプとする)についても計算を行った。地盤はモール・クーロンの弾塑性モデルとし、図に示すような地盤定数を用いた。また、地盤と山留め壁の摩擦は0とした。

#### 3. 解析結果

(1) 山留め壁の変形を図-2に示す。未改良タイプでは、山留め壁の最大変位は掘削底面の数m下で生じるが、根入れ部を改良したケースでは、最大変位は掘削底面より上で生じる。すなわち、改良部は地中梁として機能しているのがわかる。

(2) 図-3に山留め壁の背後に作用する土圧分布を示す。未改良タイプでは、掘削に伴い下方の地盤の土圧は減少し、切梁で支えられている山留め壁の土圧は増加する。すなわち、アーチング現象が顕著に現われる。一方、改良タイプでは掘削に伴う土圧の変化は小さい。

#### (3) 掘削底部の盛り上がり

山留め工全体が軟弱粘性土地盤に浮いている場合は、文献1)、2)に記載されているように、掘削工事を中断した大きな原因は、中間杭の浮き上がりであった。改良タイプの浮き上がり $\delta_v$ の検討結果を図-4に示す。計算では原地盤のせん断強度 $c_o$ を3通り変化させて、(1)式で表せられる改良底面下のPeckの安定数 $N_t$ で整理した。

$$N_t = \gamma z / c_b \quad (1)$$

ここに  $\gamma$ : 土の単位体積重量、 $z$ : 改良底面までの深さ、 $c_b$ : 改良底面の原地盤のせん断強度  
計算は $N_t$ を4から6の範囲で行ったが、 $N_t$ の増加、すな

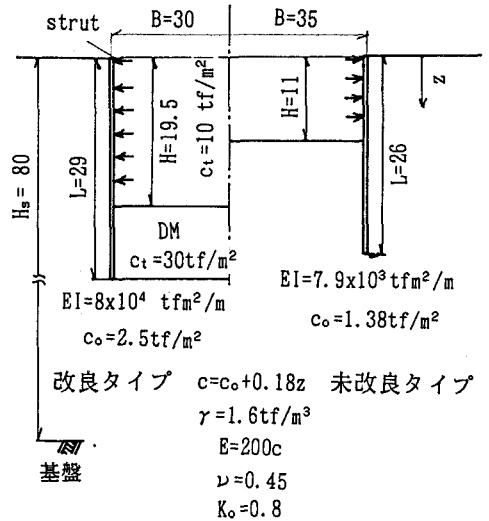


図-1 解析対象となった山留め工

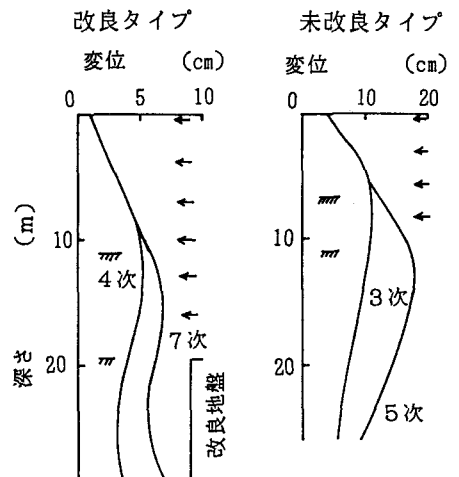


図-2 山留め壁の変形

わち改良底部の現地盤の強度が小さくなるにつれ、 $\delta_v$ は大きくなる。しかしながら、 $N_t=4$ の場合においても $\delta_v$ は30cmにもなり、実際の施工での許容量と比べて大きい。

すでに述べた(1)と(2)の計算値は、改良タイプでも未改良タイプでも実測値と傾向的には一致している。しかし、(3)の盛り上がり量については、計算値は過大となるようである。それ

を示す一例として、図-5に根入れ部の水平変位の最大量 $\delta_{h,max}$ と $\delta_v$ の関係を示す。あわせて、杉本、他<sup>1)</sup>が報告している実際の現場から得られた結果の範囲を斜線で示す。図に示すように、計算値は実測値と比べて $\delta_v$ を大きく見積る傾向にあることがわかる。この原因として、弾性域における変形係数の設定が考えられる。今回の地盤モデルでは変形係数Eを200cとしたが掘削底部の盛り上がり場合は除荷となるので、より大きなEを設定するべきであろう。また、ポアソン比を0.45としたが、これも盛り上がり量を大きく見積る原因となる。

今回の計算モデルでは、改良部の強度は均一としたが、実際には改良柱体が重なりあって改良地盤が出来上がる。改良部の一体性を満足していない場合では、下端の $N_t$ が5.14より大きくなると、改良柱体が個々に浮き上がり、図-5の計算結果に示す以上に、 $N_t$ の増加によって $\delta_v$ は増加するものと思われる。

#### 4. おわりに

数値解析の結果が示すように、改良タイプの山留め工の挙動は未改良タイプとはかなり異なる。このため、従来の山留め工の設計法をそのまま改良タイプに適用することには問題があり、今後実際の施工で得られた計測結果の解析も含めた検討が必要と思われる。

参考文献 1) 杉本、他：環状第8号線羽田トンネル工事におけるヒーピング計測管理(その1)～(その5)、土質工学会研究発表会、1988。 2) 田中、他：軟弱地盤における山留め掘削の事例とその解析、港研報告、Vol.28、No.4、1989。

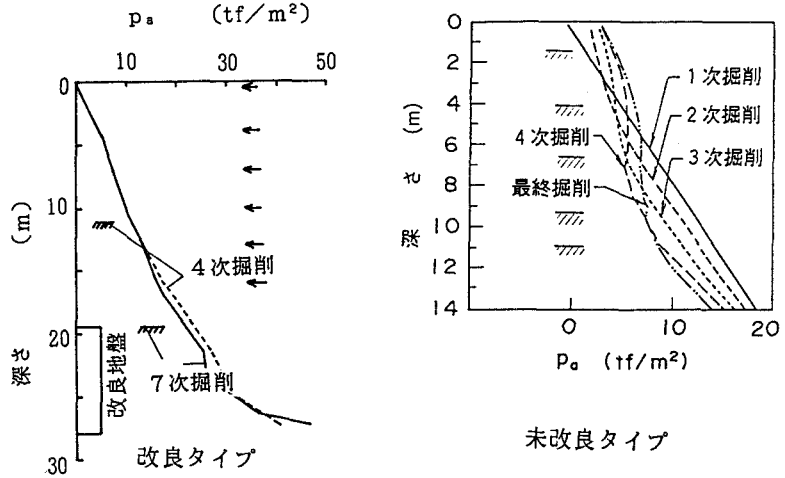


図-3 背面土圧

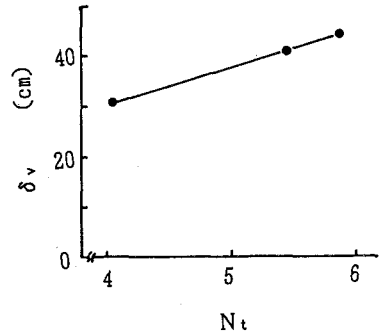


図-4 掘削底部の盛り上がり

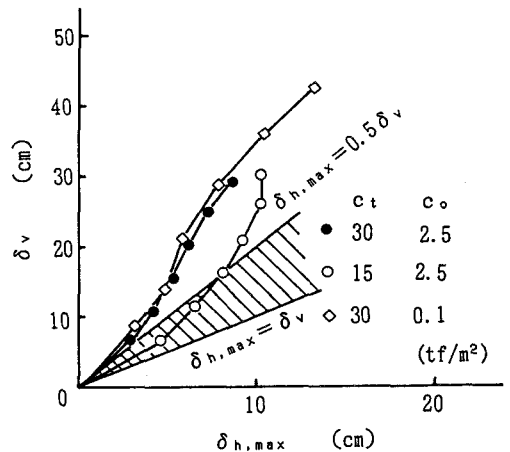


図-5 根入れ部の変形と盛り上がりの関係