

石炭灰を用いた深層混合処理工法により底盤改良された土留め構造物の弾塑性法の適用についての一考察

電源開発株式会社	正会員	東 健一	竹内 剛
独立行政法人 港湾空港技術研究所	正会員	高橋 邦夫	
(株)開発設計コンサルタント	正会員	吉元 義隆	正会員 李 立亜
(株)日建設計シビル	正会員	石井 武司	

1. はじめに

軟弱地盤における土留め工事においては、掘削側抵抗の増加と底部破壊の防止を目的として掘削底部をセメント系深層混合処理工法等にて改良する工法が採用される。石炭灰（ワイッシュ(F)）と石膏(G)及びセメント(C)の三種材料(FGC)のスラリーを利用する FGC 深層混合処理工法（FGC-DM）では、従来の深層混合処理法に比べて、低強度の改良地盤をより均一に造成できる特徴がある。この特徴を生かして、一軸圧縮強度約 400 (kN/m²)にて底盤改良された地盤に直接土留め矢板を打ち込み矢板内部を掘削した。¹⁾ 本報告ではこの土留め構造物にて計測されたデータから底盤をセメント系安定材にて改良された土留め工への弾塑性法の適用について検討した。

2. FGC-DMを用いた土留め工の概要

土留めは、矢板根入れ部を FGC-DM にて改良を行い、グラウト等補助工法なし改良地盤に矢板等を直接打設した後 8 次に分けて掘削した。FGC-DM の配合を表 - 1 に、構造を図 - 1 に示す。

表 - 1 FGC-DM 配合（礫子）

項 目	単位	対象土 1m ³ 当たりの重量	備 考
セメント添加量(C)	kg/m ³	62	F:C=10:4
ワイッシュ量(F)	kg/m ³	155	W/(F+C)=100%
単位水量(W)	kg/m ³	217	

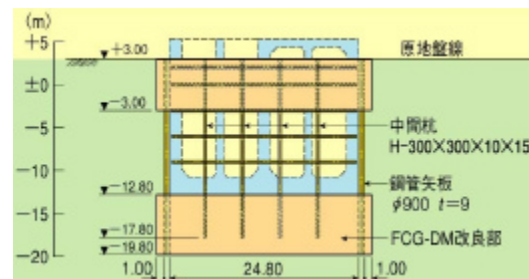


図 - 1 土留め構造（礫子）

3. 水平方向地盤反力係数

底盤の FGC-DM 改良地盤における水平方向地盤反力係数（ K_h ）を評価するために、土留め矢板に土圧計を設置し、現場計測を行うとともに遠心載荷実験も実施し、水平方向地盤反力係数は、下記の式（1）にて評価する。²⁾

$$K_h = \frac{1}{0.3} \cdot a \cdot E_0 \cdot \left(\frac{B_H}{0.3} \right)^{-1} \quad (1)$$

K_h ：水平方向地盤反力係数
 E_0 ：変形係数 B_H ：載荷幅 [$B_H = 1.0 \text{ m}$]
 α ： E_0 の算定法に対する補正係数（表 - 2）

一般の算定式では、 $(B_H/0.3)^{-3/4}$ であるが、FGC-DM の場合は改良地盤が脆性材料であり、弾性域にて土留め矢板の変形が制御されていることから、 $(B_H/0.3)^{-1}$ に設定した。

4. 掘削側側圧の残留分

掘削側の掘削進行に伴う側圧の残留分を評価するために矢板から 3.5、7.0 m に土中土圧計を設置し掘削に伴う掘削側側圧の残留分を測定した。

この結果、静止側圧の残留分を下記の残留率に換算すると掘削側側圧は現行の弾塑性設計手法の評価と異なり、当初の静止側圧に対して 40 から 60 % 程度残留率であることが判明した。

表 - 2 E_0 の算定法に対する補正係数

次の試験方法による変形係数 E_0 (MN/m ²)	α
直径 30cm の剛体円盤による平板載荷試験の繰返し曲線から求めた変形係数の 1/2	1
ボーリング孔内で測定した変形係数	4
一軸または三軸圧縮試験から求めた変形係数	4
標準貫入試験の N 値より $E_0=2.8N$ で推定した変形係数	1

各掘削段階の残留率を図—2に示す。

残留側圧 = 土中土圧計の計測値—静止側圧($K_0 \gamma h$)
(h :掘削深さ)

残留率 = 各掘削段階にて計測された残留側圧
/ 初期静止側圧

5. 弾塑性法による土留め矢板変形量の検討

3章、4章の結果と表—3に示す物性値にて弾塑性法の計算値と実測値を比較した。

水平方向地盤反力係数については式(1)にて算出し、静止側圧の残留分を考慮しない場合(ケース1)と40%の残留率を考慮するケース(ケース2)について実施した。

両ケースの掘削完了時のF G C-D M改良部の根入れ部分(AP-11.0~-19.8m)の矢板の変形量を図-3に示す。なお、根入れより上部の部分には両ケースに差は見られない。

図-3より残留側圧を考慮した場合は矢板下端にて実測値と計算値に差が見られるが、残留側圧を考慮した(ケース2)では、矢板下端を含めて実測値と計算値に差は見られるものの矢板の下端が鉛直に近くなり、よく似た挙動を示す。

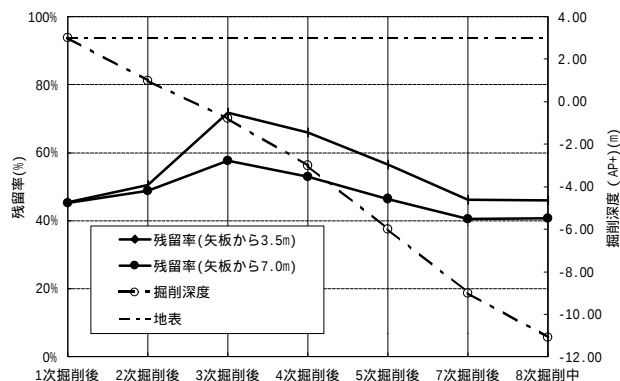
各ケースにおける根入れ部における各掘削次数の根入れ部の平均の変位量を図-4及び図-5に示す。この図を比較すると、残留側圧を考慮しない(ケース1)では計算値と実測値に相当量の差が見られるが、側圧の残留分を考慮した(ケース2)では実測値と計算値は同調的である。

6. まとめ

底盤をF G C-D Mにて改良した土留め構造物では、水平方向地盤反力係数を式(1)にて算定し、その他に掘削側側圧の残留分を見込むことにより、土留め矢板の変形について従来の弾塑性法が適用できる可能性が確認出来た。今後さらに計測地点を増やしデータを充実させることに致したい。

【参考文献】

- 1) 東 健一、吉元 義隆、齊藤 邦夫、石井 武司、小笹 和夫：石炭灰を利用した深層混合処理工法により低強度改良された山留め工の側圧の現場計測、第35回地盤工学研究発表会、pp2019-2020, 2000.6
- 2) 東 健一、竹内 剛、高橋 邦夫、吉元 義隆、李 立亜、石井 武司：石炭灰を用いた深層混合処理工法により低強度改良された地盤の水平方向地盤反力係数の評価方法について、第37回地盤工学研究発表会(投稿中)
- 3) 東 健一、竹内 剛、高橋 邦夫、吉元 義隆、李 立亜、石井 武司：石炭灰を用いた深層混合処理工法により低強度改良された山留め工の掘削側側圧に関する計測結果と評価について、第37回地盤工学研究発表会(投稿中)



図—2 礫子地点 残留率

表—3 解析用物性値

改良/ 未改良	標高 (A.P. m)	土質種類	湿潤密度 (t/m^3)	粘着力su (kN/m^2)
改良	3.0	砂質土	1.53	250.0
	1.0			120.0
遷移領域	-1.0	粘性土	1.58	27.5
	-2.0			9.4
未改良	-3.0		1.69	8.1
	-5.0			22.7
	-7.0			49.5
遷移領域	-9.0		1.54	183.6
	-11.0			250.0
改良	-12.8		1.48	250.0
	-18.0			90.0

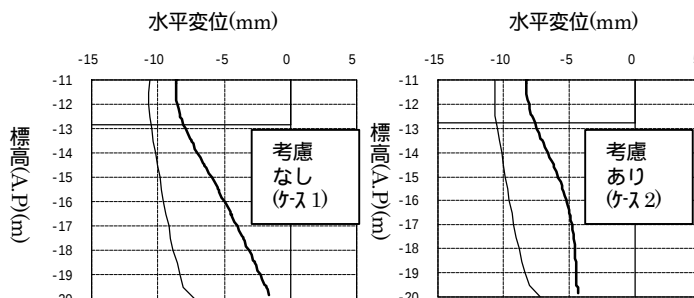


図-3 残留側圧を考慮しない場合とする場合における根入れ部の挙動の比較(最終掘削時)(太線:計算値、細線:実測値)

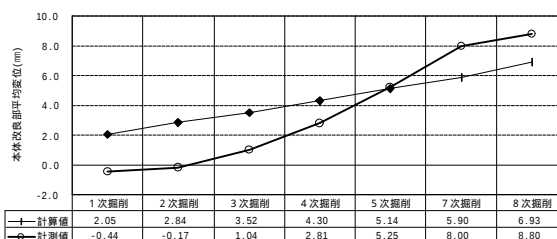


図-4 残留側圧を考慮しない場合の根入れ部の平均の水平変位(ケ-ス1)

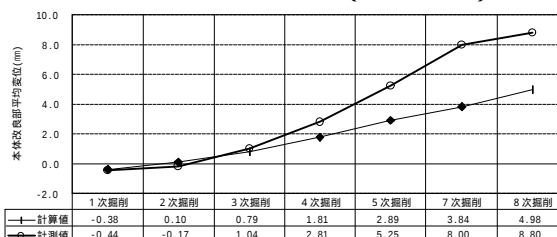


図-5 残留側圧を考慮した場合の根入れ部の平均の水平変位(ケ-ス2)