

Ⅲ-814

盛土のり面上における攪拌混合補強体の引抜き試験

(株) テノックス 正 吉田 茂、木村 英樹
 (財) 鉄道総合技術研究所 正 館山 勝、小島 謙一
 東海旅客鉄道(株) 正 後藤 克彦

1. はじめに

筆者らは引張り芯材を断面中心に配置した攪拌混合補強体（コラム体）により盛土のり面を強化する工法の開発を行っている。この工法によるり面補強効果はコラム体の引抜き抵抗に依存し、この引抜き抵抗はコラム体の外径、長さ、盛土のせん断強度および引張り芯材とコラムとの付着力に依存する。今回、実際の鉄道盛土のり面で実大のコラム体の引抜き試験を実施する機会を得たので報告する。

2. 試験方法

1) 試験盛土のり面：試験を行った盛土は1割5分勾配（33.7°）の砂質盛土であり、築造されてから既に30年余の時間が経過している。のり面から試料を採取して各種土質試験を実施しているので、その結果を表1に示す。なお、粘着力と内部摩擦角は不飽和三軸圧縮試験によって得られた値である。

2) 試験体：試験は①コラム外径（ $\phi 300$ と $\phi 400$ ）の違い、②土被り（2.0mと5.8m）の違い、③引張り芯材の材質（FRPとPC鋼棒）の違い等による引抜き抵抗の差異を確認する目的で行った。試験体の仕様を表2に示す。引張り芯材はFRPロッドとネジ付きPC鋼棒の2種類とし、その仕様を表3に示す。なお、試験体は全て水平からの俯角20°で打設した。なお、ここでいう土被りはコラム打設位置から盛土天端までの高さをいう。

3) 荷重方法：斜面上の引抜き試験であるため、図1に示すように反力杭で支えた反力板を使用し、センターホールジャッキで引張り芯材に直接引張り力を加えてコラム体を引き抜く方法とした。荷重段階は10tfまでは1tfピッチとし、それ以降は2tfピッチとした。また、荷重の保持時間は処女荷重で5分、履歴荷重では2分間とした。なお、引抜き試験時のコラム材令は14~25日であった。

4) 測定項目：測定項目は引張り荷重、引張り芯材に貼付した歪ゲージの歪値、引張り芯材とコラム頭部の引抜き変位量とした。

3. 試験結果

1) 試験結果概要：試験結果概要を表4に示

表1 盛土のり面の土質

土質名		砂質土
湿潤密度 ρ_s	g/cm ³	1.527
乾燥密度 ρ_d	g/cm ³	1.404
自然含水比 ω_n	%	8.7
間隙比 e		0.874
粘着力 c'	kgf/cm ²	0.20
内部摩擦角 ϕ'	°	29.7

表2 試験体の仕様

試験体	土被り (m)	コラム部		引張り芯材 種類	目的
		径(mm)	長さ(m)		
①	5.8	400	3.0	FRPロッド	芯材付着力
②	(下段)	400		総ネジPC鋼棒	コラム付着力
③	2.0	300		FRPロッド	芯材付着力
④	(上段)	400		総ネジPC鋼棒	コラム付着力
⑤		300		総ネジPC鋼棒	コラム付着力

表3 芯材の仕様

芯材の種類	呼び径 (mm)	断面積 (cm ²)	弾性係数 (kgf/cm ²)	降伏点荷重 (tf)	引張り荷重 (tf)
中空FRPロッド (仮称)P-3816	38	6.37	2.7×10^5	—	25.0
総ネジPC鋼棒	32	8.042	2.12×10^4	82.2	88.5

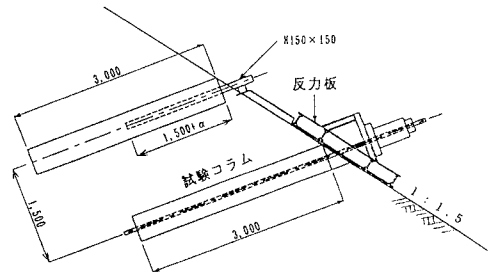


図1 荷重方法

表4 試験結果概要

試験体	試験最大荷重 P_u (tf)	コラム引抜き 量 δu (mm)	芯材の平均 付着強度 (kgf/cm ²)	コラムの平均 付着強度 (tf/m ²)	破壊モード
①	20	19.74	5.6以上	5.3以上	引張り芯材破断
②	26	17.66	8.6以上	6.9	コラム体引抜け
③	11	38.44	3.1以上	3.9	コラム体引抜け
④	13	34.27	4.3以上	3.4	コラム体引抜け
⑤	9	36.58	3.0以上	3.2	コラム体引抜け

す。試験体①は荷重20tfから22tfに移行するときにFRPロッドが破断したが、他の4本は何れもコラム自体が抜出して試験を終了した。したがって、今回の試験では引張り芯材とコラムとの摩擦力を評価できなかったが、コラムと地盤との摩擦力を確認することができた。

2) 引抜き変位量：コラム頭部

の荷重と引抜き量の関係を図2に示す。下段の試験体①②が同一荷重において上段の試験体③④⑤よりも引抜き変位量が小さい傾向にある。

3) 平均摩擦強度：土被りの大きな下段の試験体①②の平均摩擦強度が5.3～5.9tf/m²であり、土被りの小さな上段の試験体③④⑤の3.2～3.9tf/m²よりも大きな引抜き抵抗を示した。

4) コラム径の違い：土被り2.0mかつPC鋼棒芯材を用いた試験体④と⑤を比較すれば、平均摩擦強度は3.2～3.4tf/m²であり、コラム径による差はほとんどなかった。

5) 芯材材質の違い：土被り5.8m、コラム径φ400の試験体①と②を比較すれば、PC鋼棒芯材の②の方が同一荷重に対して変位量が小さい傾向を示した。

6) 軸力分布：引張り芯材に貼付した歪ゲージで計測した引抜き荷重8tf時の軸力分布を図3に示す。軸力分布は各試験体共大差ないが、試験体①と②が比較的伝達軸力が小さい傾向が見られる。

4. 考 察

1) 設計引抜き抵抗力：コラム体の引抜き抵抗力は、(1)式により算定される。

2) 実測値と計算値の比較：引抜き抵抗力の実測値と計算値の比較を表5に示す。斜面上でコラム体を打設しているため計算上の土被りは上段下段共同であるにも拘わらず、下段の試験体の方が上段のより引抜き抵抗力が大きかった。これは設計上はコラム体直上の土被り圧を拘束圧としているため盛土天端からの深さに依存しないが、実際の拘束圧は下段ほど大きいからである。

3) 引張り芯材種類：試験体①と②を比較すれば、FRP芯材の試験体①の方がPC鋼棒芯材の②よりも変位量が大いのは1桁違う芯材の弾性係数（バネ定数）の差のためである。

5. まとめ

1) コラム体の引抜き抵抗力は設計値に対して、上段の試験体で1.10～1.34倍、下段の試験体で1.83～2.39倍の値を示した。

2) コラム体の引抜き抵抗力は設計上の土被りが同一でも下段の方が大きい。

3) コラム径の違いによるコラムと地盤の摩擦力の差は小さい。

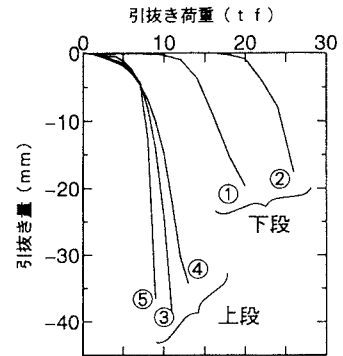


図2 コラム頭部の荷重－引抜き量

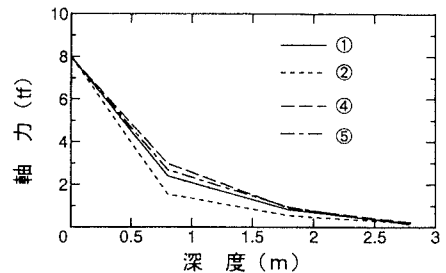


図3 荷重8tf時軸力分布

$$P_u' = \pi D L \{ c + f \cdot \cos \theta \cdot \tan \phi \} \quad (1)$$

ここに、 P_u' ：最大荷重の計算値(tf)

D ：コラム径(m)

L ：コラム長(m)

θ ：コラム打設角(°)

c ：粘着力(tf/m²)

f ：形状補正係数=0.75

σ_v ：土被り圧(tf/m²)= $D_r \cdot \rho$

D_r ：土被り(m)

ρ ：地盤の湿潤密度(t/m³)

表5 引抜き抵抗力の実測値と計算値の比較

試験体	コラム径 (mm)	設計平均 拘束圧 (tf/m ²)	最大荷重 P_u ① (tf)	計算値 P_u' ② (tf)	P_u/P_u' ①/②
①	400	2.22	20.0以上	10.9	1.83以上
②	400		26.0		2.39
③	300		11.0	8.2	1.34
④	400		13.0	10.9	1.19
⑤	300		9.0	8.2	1.10