

(3)工法概要

今回、当該現場に採用したグラウト加圧拡孔型アンカーは、折り畳まれた鋼製のチューブ（断面形状：110mm×110mm、長さ1,700mm）を地盤中に打ち込み、このチューブの中にセメントミルクを注入して先端部を拡大（断面：φ800mm、長さ1,100mm）させ、図3に示すような支圧型のグラウンドアンカーとするものである。

適用地盤としては、既往の試験結果や実績等によると、N値5から30程度以下の砂質土地盤となる

が、比較的軟弱な地盤の方が経済的に有利であると考えられる。

今回のアンカーの概略の施工手順は以下のとおりである。

- ①ケーシング（φ135mm）を用いてアンカー全長を削孔し、その後ケーシングを引き抜く。
- ②注入ホースとアンボンド鋼線（φ12.7mm×4または6本）を取付けた先端部分を、パーカッションの打撃を加えて打込む。
- ③グラウトポンプ、流量計を使用し、注入ホースよりセメントミルクを加圧注入する。
- ④セメントミルクを養生し強度（ $\sigma_{ck}=180\text{kgf/cm}^2$ ）を確認した後、センターホールジャッキにより緊張、定着する。

3. アンカーの設計

(1)定着層の選定

定着層の選定にあたっては、アンカー体径の10倍以上の土被りが必要であり、N値5程度以上の砂質土で、アンカー体径の4倍以上の層圧が必要となる。また、アンカーは4m以上の自由長が必要であり、土留背面地盤のゆるみ領域の範囲外に定着させる必要もある。

このため、当該現場では、GL-14m付近のN値9程度の砂礫層と上部のシルト質砂および砂質シルトを主な定着層として考えた。

(2)打設間隔

砂質土におけるアンカー間隔はアンカー体径の3倍以上確保する必要があることから、水平方向の間隔が小さい部分については、アンカー体を鉛直方向に千鳥配置している。

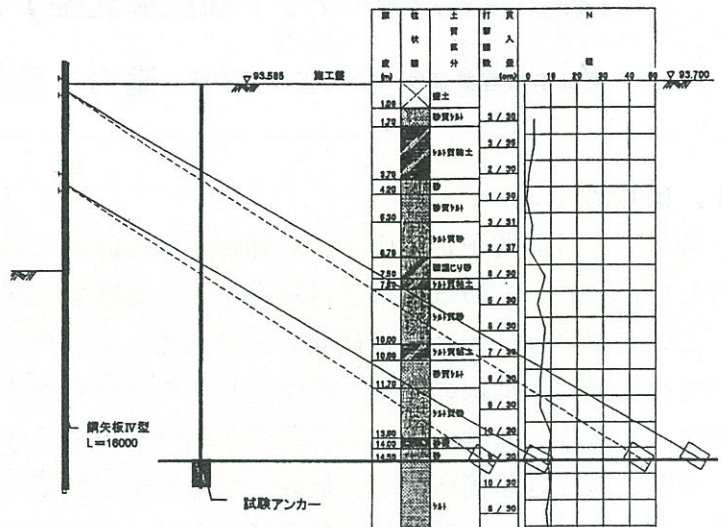


図2 地質柱状図

表1 アンカー諸元

| 項目 | 単位 | 数値 |
|--------|------|-----------|
| 設計荷重 | tf/本 | 58.57 |
| 水平間隔 | m | 1.2~1.4 |
| 打設角度 | 度 | 27~40 |
| アンカー長 | m | 14.0~30.0 |
| アンカー本数 | 本 | 160 |
| 定着体直径 | mm | 800 |
| 定着体長 | mm | 1,100 |

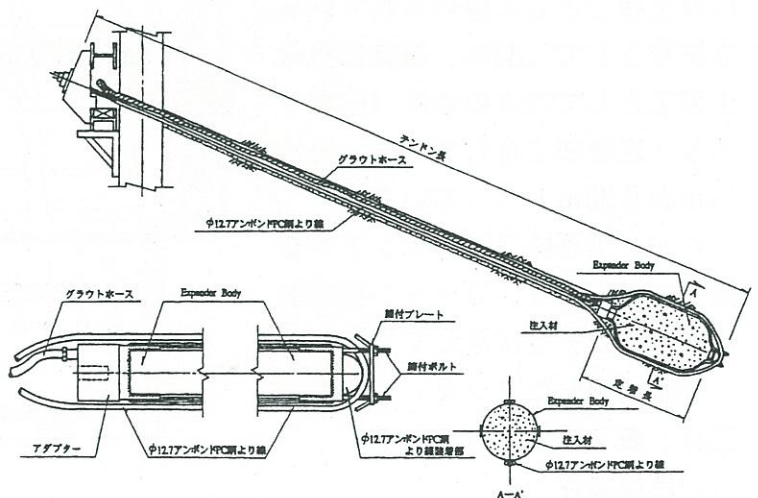


図3 アンカー概念図

(3)極限引抜き力および許容引抜き力の算定

アンカーの極限引抜き力は、チェボタリオフの杭支持力公式に準拠した理論算定式から算定しているが、安全上から砂質土の支圧のみとし、周面摩擦は考慮しないこととした。

$$\textcircled{1} \text{極限引抜き力 } T_{ug} = \alpha \cdot q_c \cdot A_p + q_c / 200 \cdot A_s = 87.75 \text{tf}$$

$$(\alpha = 0.5, \quad q_c = 30 \text{N} \beta, \quad N = 9, \quad \beta = 1.3, \quad A_p = 0.5 \text{m}^2)$$

$$\textcircled{2} \text{許容引抜き力 } T_{ag} = T_{ug} / F_s = 58.57 \text{tf} \quad (F_s = 1.5)$$

4. 基本試験

(1)試験方法

試験に用いたアンカーは、図2に示すように鉛直アンカーとし、定着地盤は実アンカーの定着地盤と同様とした。試験方法については、地盤工学会編「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説」に準拠し、11段階の多サイクル方式とした。なお、計画最大試験荷重 T_t は、極限引抜き力 T_{ug} とし、初期荷重は10tfとした。

なお、これまでの試験結果からは、当該アンカーの特徴として、軟弱地盤では2度引きまたは一定荷重をかけておくと地耐力の向上効果が確認されているため、参考までに1回目の基本試験に引き続き、5日後に2回目の基本試験を実施している。

(2)試験結果

基本試験による「荷重-変位量曲線」、「荷重-弾塑性変位量曲線」を図4、5に示す。

1回目の試験において、70tf以降から塑性変位量が増加しているが、これは定着層の一部がシルト質であるため、圧縮、圧密が進行したものと考えられる。しかしながら、計画最大荷重でも極限状態とはなっておらず、十分なアンカー耐力が得られており、今回の設計荷重を十分満足していることが確認できた。

また、2回目の試験では、1回目の鋼線の塑性変形を取り除いたことや履歴荷重が与えられたことにより、弾性変位量、塑性変位量とも非常に小さな値となり、2度引きによる向上効果が大きく表れている。なお、参考までに試験後に反力装置の限界である100tfまで荷重を上げたが、極限状態には至らず、大きな引抜けも確認されなかった。

5. 実施工

(1)アンカーの施工

施工にあたり、当該現場で考慮した点は以下のとおりである。

- ①削孔：地盤が崩壊しやすいため、 $\phi 135 \text{mm}$ のケーシングを用いたロータリーパーカッション方式の削孔とした。
- ②テンドン挿入：パーカッション打撃によるテンドンの挿入をスムーズに行うため、EB本体先端部に、鋼製の半球状の先端沓を設置した。
- ③加圧注入：セメントミルクの加圧注入あたり、表2に示す注入圧と注入速度を設定し、注入量については1本あたり500ℓを基準としたが、地盤条件等により異なるため、基準量以上で、なおかつアンカー頭部から溢れ出るまで注入することとした。

(2)適正試験および基本試験

これまで完了した132本のアンカーについては、20本に1本の割合で適性試験を行い、また、これ以外のアンカーについては、全数確認試験を行って安全性を確認している。

紙面の都合上、ここでは詳細な結果を示していないが、各アンカーの変位量のバラツキはほとんどなく、抜け出し等、問題となるようなアンカーは1本も確認されなかった。

(3)土留変位計測

打設以降、土留の挙動計測を実施しているが、アンカーの拔出し等は確認されていない。以上のことから、今回完了した全ての実施工アンカーについても、グラウト注入が適切に行われ、所定のアンカー性能が得られており、安全上問題のないことが伺える。

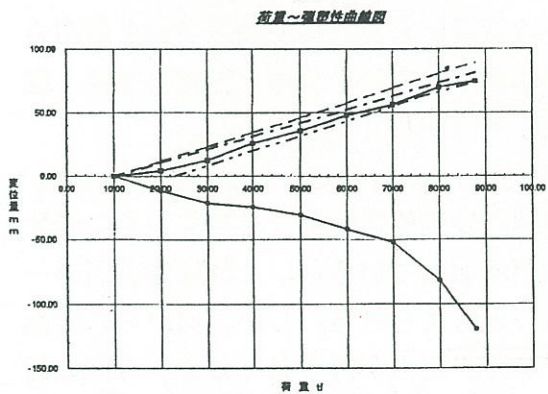
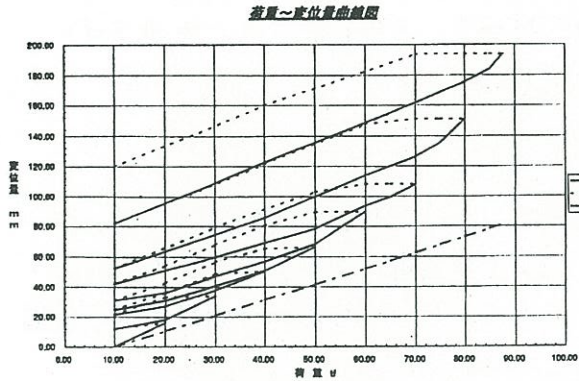


図4 基本試験の結果（1回目）

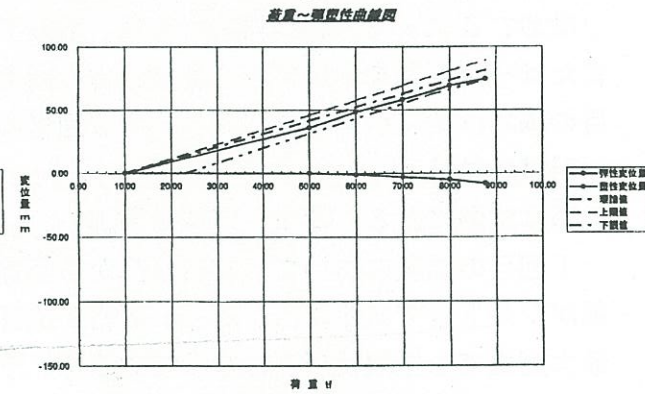
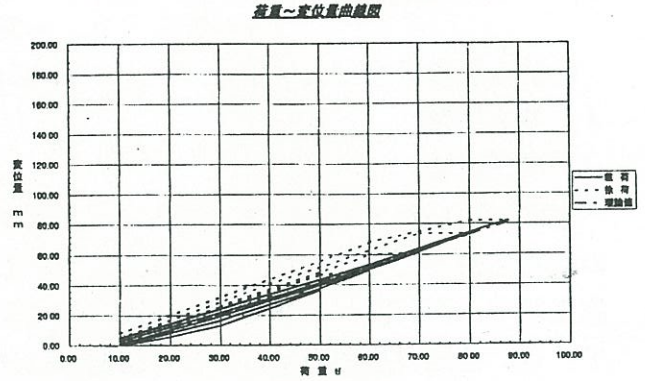


図5 基本試験の結果（2回目）

6. 考察

以上の試験等より、以下のことが伺える。

- ① 本工法の適用地盤である比較的軟弱な砂質土地盤においては、定着体の支圧耐力は十分確保でき、現段階での設計、施工法が決して危険側ではなく、比較的妥当なものであると推察できる。
- ② 基本試験および土留の挙動計測結果より、クリープ的な定着体の拔出しがほとんどないことから、今後は鉄道における永久アンカーとしても適用可能であると考えられる。
- ③ グラウトモルタル注入による定着体部分の地盤改良効果および2度引きによる圧縮効果により、シルト程度であれば粘性土地盤においても十分適用可能であると考えられる。

7. おわりに

本格的に列車荷重を受ける仮設用アンカーとして、試験的に当該アンカーを採用したが、これまでの施工結果等からは良好な成果が得られており、今後の適用拡大が期待される。しかしながら、本工法は比較的新しい工法であり、試験データや施工実績等も少ないことから、その適用範囲、設計・施工法等、見直すべき部分は大いにあるものと考えられる。

今後は、本工法がより汎用性があり、安全でしかも経済的な工法となるよう、試験および実施工でのデータを蓄積していきたいと考えている。

最後に、今後も引き続き施工済アンカーの挙動計測を実施しながら、安全に線路下横断構造物の函体を構築し、12月の山形新幹線新庄延伸開業を無事に迎えたいと考えている。

表2 グラウト注入の施工基準

| 注入 | 基本注入量 (ℓ/本) | 注入圧 (kg/cm ²) | 注入速度 (ℓ/min) | 使用機材 | |
|----|--------------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------|-------------|
| | | 500 | 10~15 | 50 | タカトキ-ボス |
| 配合 | 早強セメント (kg/m ³) | 水 (ℓ/m ³) | 混和剤 (ℓ/m ³) | 水セメント比 (%) | フロー値 (秒) |
| | 1,208 | 612 | 3.6 | 51.0 | 15±3 |