

## 1. まえがき

岩盤アンカーは岩盤斜面、トンネル、地下発電所などの地下空洞で最近、岩盤の安定保護のために使用頻度が高くなっている。特に、NATM(新オーストリアトンネル工法)の普及と共にアンカーに対する期待度が大きくなり、長尺物の使用が多い。地下発電所においては一般に岩盤アンカーを利用し、プレストレスを導入することにより、鉛直側壁の安定を図っているが、地山の性状がそれぞれ異なるように岩盤アンカーの方式もそれぞれの地山により異なっている。

## 2. 地下発電所における岩盤アンカー

地下発電所における岩盤アンカーの目的は空洞の安定を周辺の岩盤で保持させるための補助手段として、空洞周辺に補強帯を形成することにある。また同時に、断層や破砕帯もしくは空洞周辺の掘削によるゆるみ領域に沿ったすべりに対抗することも必要とされる。図-1には既設地下発電所におけるアンカーの長さ(図-1)と想定されたゆるみ領域の深さとの関係が示されている。これを見るとアンカーの長さは想定ゆるみ領域の深さより約5m長く、15~20mにも及んでいることがわかる。

地下発電所の岩盤アンカーには鋼材としてPC鋼棒もしくはPC鋼線(ワイヤーストランド)が一般に用いられる。これらはそれぞれ定着方式、緊張方式等によって、数多くの工法に分類され、それぞれの地山に適した工法が選定される。

岩盤アンカーには導入力(初期緊張=設計荷重)が与えられ、岩盤が締め付けられる。この導入力は、ゆるみ領域のすべりに対抗する力として、鋼材の降伏点荷重の60%以下で設計されるのが常である。図-2にはアンカーの長さ(図-2)とそれぞれの1孔当りの導入力との関係を示す。

図-2よりわかるように、1孔当りの導入力はPC鋼棒の場合よりPC鋼線の方が大きく、なかには80~120tにも及ぶ例もある。これは、PC鋼線の場合は1孔に数本まで挿入可能であることに起因している。

いずれにしても、これら大きな緊張力に対して十分な強度を持つ注入材ならびに定着部の長さが必要になっている。

## 3. 引抜試験

一般に、岩盤アンカーと地山との適応性を確認するために、工事に先立って現場引抜試験が行われる。引抜試験の主な目的は次のようである。

- ① 岩盤アンカーの方式と地山状況との適応性(ジョイント・シール等に対して)。
- ② 定着に対する十分な強度をもつ注入材の配合と定着部分の長さの判定
- ③ 設計荷重における引抜量、降伏点荷重における引抜量の規準値の提供。

図-3に引抜試験装置を示す。試験に使用した注入材の配合を表-1に、試験に使用したアンボンド式PC鋼より線の仕様を表-2に示す。載荷は、予備荷重を与えた後、10t、20t、30t、40t、50t、60t、70tの繰返し荷重とした。載荷速度は2t/分とした。

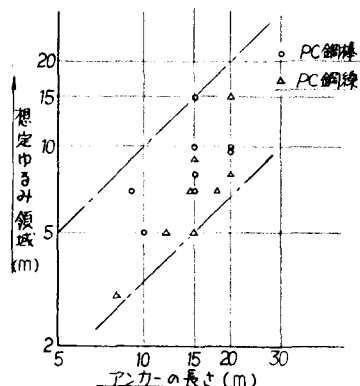


図-1 地下発電所におけるアンカーの長さ(図-1)と想定されたゆるみ領域の深さ(図-1)

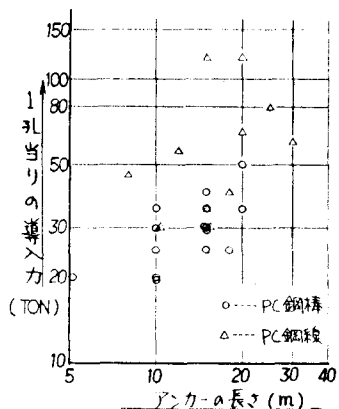


図-2 アンカーの長さ(図-2)と導入力(図-2)

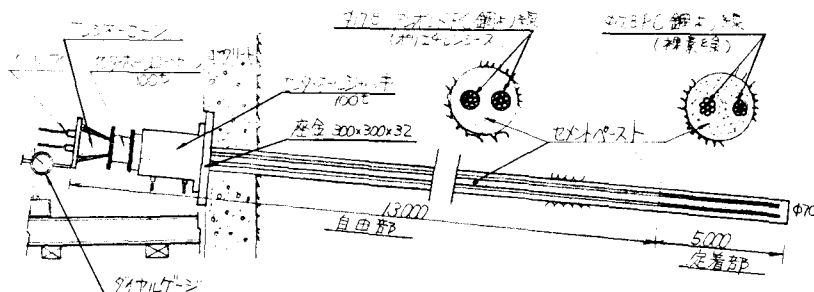


図-3 引抜試験装置

表-1 注入材の配合

| セメント                                   | ミル     | 水        | セメント     | ボリス | IO | アルミ | 粉 | HK | 割 |
|----------------------------------------|--------|----------|----------|-----|----|-----|---|----|---|
| 19kg                                   | 40kg   | 200g     | 3g       | 2g  |    |     |   |    |   |
| W/C=0.475                              | C×0.5% | C×0.007% | C×0.005% |     |    |     |   |    |   |
| $\sigma_{28} = 200 \text{ kg/cm}^2$ 以上 |        |          |          |     |    |     |   |    |   |

表-2 アンボンド式PC鋼より線の仕様 (試験使用)

| アンボンド部 (自由部) |      |        |       | ボンド部 (定着部) |                    |        |        |
|--------------|------|--------|-------|------------|--------------------|--------|--------|
| 外径           | 被覆厚さ | 単位重量   | グリス重量 | 外径         | 断面積                | 引張荷重   | 降伏点荷重  |
| (mm)         | (mm) | (kg/m) | (g/m) | (mm)       | (mm <sup>2</sup> ) | (kg以上) | (kg以上) |
| φ21.8        | 1.5  | 1.782  | 90    | φ17.8      | 208.4              | 39,500 | 33,600 |
| L = 13 m     |      |        |       | L = 1.8 m  |                    |        |        |

#### 4. 試験結果と考察

引抜試験の結果として、図-4に荷重-引抜量曲線を示す。

図-4をみれば、この岩盤アンカーによって初期の設計荷重(40t)は安定して保つことができ、また、鋼材の降伏点荷重(67.2t)に至るまでに約65mmの許容伸び量をもつことがわかる。さらに、図-4における鋼材の伸び量と引抜量との間には若干の差がみられる。すなわち、荷重が大きくなるに従って、鋼材の伸び量(計算)と引抜量との差が大きくなる。これは載荷によって、注入材のセメントペースト(圧縮強度 $\sigma_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ 以上)の破壊によって定着部の鋼材との付着が切れ、そのために鋼材の自由部の長さが徐々に長くなることに起因すると考えられる。

すなわち、鋼材の応力とひずみの関係式：

$$P/A = E \cdot \Delta l / l$$

(P: 荷重, A: 鋼材断面積, E: 鋼材弾性係数 =  $1.95 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\Delta l$ : 引抜量, l: 変化した自由部長さ)より、表-3に示す付着の切れ長 (bond failure length) が計算できる。

表-3より、荷重が40tにおいては2.24m、70tにおいては3.95mの付着の切れであり、定着長を5mとしたことの安全性が確認された。定着部が全長の1/3~1/4を占めるのは一般的に言っても妥当であろう。

#### 5. あとがき

引抜試験の一例による考察を述べたが、当試験は1乳中の2本のPC鋼より線を同時に載荷したことに特徴がある。これは側壁のはらみ出し挙動から考えて、1本ずつ載荷する方法より優れると判断したことによる。

定着長については、ただ単に注入材の試験より求められた付着応力度から計算した長さよりかなりの安全率をもって設計することが、側壁の変形による荷重の増分に答えるためには必要と考えられる。

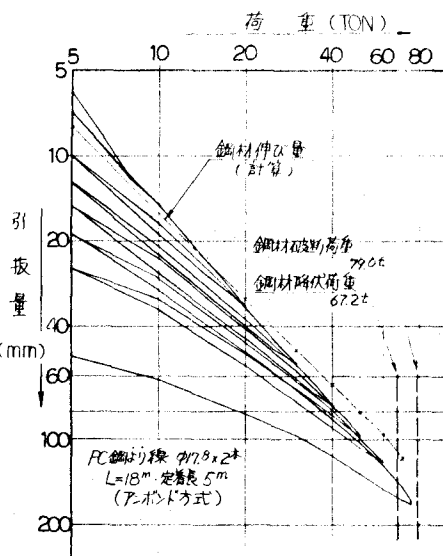


図-4 荷重-引抜量曲線

表-3 付着の切れ長 (bond failure length)

| 項目         | 荷重(t) | 0  | 10  | 20    | 30    | 40    | 50    | 60    | 70    |
|------------|-------|----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 鋼材の伸び (mm) | 0     | 16 | 32  | 48    | 64    | 80    | 96    | 112   | 128   |
| 引抜量 (mm)   | 0     | 16 | 34  | 54    | 75    | 96    | 118   | 146   | 174   |
| 付着の切れ (mm) | 0     | 0  | 820 | 1,630 | 2,240 | 2,600 | 2,980 | 3,360 | 3,740 |