

V-190 太径PC鋼より線とグラウトとの付着特性

神鋼鋼線工業
〃

田中 義人
正会員 荒木 毅

1. ま え が き

最近、ロックアンカーを適用した大規模な地下空洞の掘削が各地で行われ、これらのロックアンカーケーブルに太径PC鋼より線が多く使用されている。本報告は、19本より21.8mmのPC鋼より線を用いて、ロックアンカーケーブルの固定端定着部を想定した引抜試験を行い、グラウトとの付着性状を調査したものである。

2. 実 験 の 概 要

ロックアンカーの一般的な構造は図-1に示すようである。ボーリング孔最深部のある長さの部分は1次グラウトが注入され、ケーブルが岩盤に定着される。この部分を固定端と呼び、1次グラウトが注入される部分の長さを定着長と呼ぶ。ケーブルの他端は緊張端であり、1次グラウトの硬化後、緊張端からケーブルに緊張力が与えられる。本実験の目的は、このようなロックアンカーケーブルの固定端におけるPC鋼より線とグラウトとの付着性状を調査し、合理的な定着長を決定するための資料を得ようとするものである。そこで、岩盤にかけられたボーリング孔を想定して、図-2に示すようなシース孔を有するコンクリート版を製作し、このシース孔にPC鋼より線を挿入してグラウトを注入し、グラウトが所定の強度に達したときに引抜試験を行った。PC鋼より線は現在国内で使用されている中では最大径である19本より21.8mmを用い、またこれと同等の引張荷重をもつPC鋼棒26mmB種についても同時に試験し、両者の付着性状を比較した。使用したPC鋼材の機械的性質および規格を、表-2に示す。

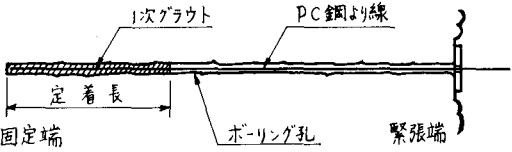


図-1 ロックアンカー 一般構造図

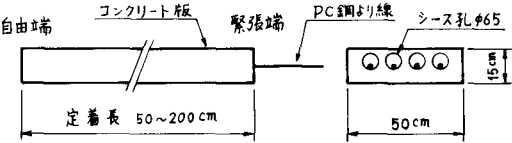


図-2 供試体

ここで、岩盤にかけられたボーリング孔を想定して、図-2に示すようなシース孔を有するコンクリート版を製作し、このシース孔にPC鋼より線を挿入してグラウトを注入し、グラウトが所定の強度に達したときに引抜試験を行った。PC鋼より線は現在国内で使用されている中では最大径である19本より21.8mmを用い、またこれと同等の引張荷重をもつPC鋼棒26mmB種についても同時に試験し、両者の付着性状を比較した。使用したPC鋼材の機械的性質および規格を、表-2に示す。

表-1 供試体一覽

供試体記号	PC鋼材	グラウト強度 (kg/cm ²)	コンプレッショングリフ またはナットの有無	定着長 (cm)	本数
S 50 S100 S150 S200	PC鋼より線 21.8mm	500	なし	50 100 150 200	各 2
S 50C S100C S150C S200C				50 100 150 200	
S' 100 S' 100C			なし コンプレッショングリフ付	100 100	
B100 B100N		500	なし ナット付	100 100	
B' 100 B' 200 B' 100N B' 200N	PC鋼棒 26mm	250	なし ナット付	100 200 100 200	各 1

PC鋼材とグラウトとの付着に影響する要因としては、グラウト強度、定着長、および鋼材の表面状態などが考えられるが、これらのうち鋼材の表面状態については一定とし、グラウト強度および定着長を変化させた。またPC鋼より線およびPC鋼棒の先端にコンプレッショングリフおよびナットを取付けた場合の効果についても調査した。供試体の一覧を表-1に示す。

グラウトの配合は一定とし、2種類のグラウト強度は材令によって調整した。グラウト強度250kg/cm²の場合、材令3日で、500kg/cm²の場合は7~14日で得られた。

引抜試験では、供試体の一端からPC鋼材

に油圧ジャッキを用いて緊張力を与え、各荷重段階でのPC鋼材のすべり量を供試体の両端に取付けた1/100mmダイヤルゲージによって読み取り、荷重とすべり量の関係を求めた。以下、供試体のジャッキ側を緊張端、他端を自由端と呼ぶ。荷重は上限を2~5tonピッチで増加させ、下限を2~5tonとする繰返し増減荷重とした。

表-2 PC鋼材の機械的性質

PC鋼材の種類	公称断面積 (mm ²)	引張荷重 (kg)	降伏荷重 (kg)	弾性係数 (kg/mm ²)	規格引張荷重 (kg)	規格降伏荷重 (kg)
PC鋼より線 21.8mm	312.9	61,000	55,800	19,500	58,400	50,500
PC鋼棒 26mm	530.9	63,100	56,900	21,050	58,400	50,440

3. 実験結果および考察

実験結果の一例を図-3、図-4に示す。図-4における平均付着応力は、荷重を鋼材の付着表面積で除したもので、PC鋼より線およびPC鋼棒の単位長さ当り表面積は、それぞれ $9.533 \text{ cm}^2/\text{cm}$ および $8.168 \text{ cm}^2/\text{cm}$ とした。

本実験での最大定着長は200 cmであるが、図-5に示す方法により、2本の供試体を合成した場合の荷重～すべり量曲線を求め、最大定着長400 cmまでのデータを推定した。すなわち供試体①と②をつなぎ合わせるものとし、各供試体の分担荷重、自由端および緊張端のすべり量をそれぞれ $P_1, P_2, \delta_{F1}, \delta_{F2}, \delta_{T1}, \delta_{T2}$ とすると、 $\delta_{T1} = \delta_{F2}$ である。そこで任意の δ_{F1} に対する P_1 、 P_1 に対する δ_{T1} 、 δ_{F2} に対する P_2 、 P_2 に対する δ_{T2} と順次図解的に求め、合成された供試体に対する荷重 $P_1 + P_2$ と、自由端および緊張端のすべり量 δ_{F1} および δ_{T2} との関係を得たものである。

実測結果および上記の推定結果を総合して、PC鋼より線の場合につき、自由端の許容すべり量 δ_{Fa} を0, 2, 5 および10 mmに設定した場合の、荷重と定着長の関係、および平均付着応力と定着長の関係を求めると、図-6および図-7のようになる。これらの図から、ケーブルに要求される緊張力および自由端の許容すべり量に応じ、合理的な定着長を決定することができる。

4. 太径PC鋼より線の付着機構について

以上の結果において注目されることは、PC鋼より線の場合、自由端に10 mmを超えるマクロなすべりを生じてもおお、付着応力が増加し続け、最大付着応力は、すべり始めたときの付着応力の3～4倍にも達することである。自由端にマクロなすべりを生じた後においては、付着力はすべて摩擦力と考えられ、すべり量が増加するほど摩擦力が増加することから、PC鋼より線とグラウトとの摩擦係数が、すべり量の増加とともに増加するものと考えられる。すべり量の増加に伴ない摩擦係数が急激に増加する現象は、硬さの異なる金属間の接触面に生じることが知られており、ここでもこれと同様の現象が生じ、微視的な真の接触部において軟かい方が削られ、真の接触面積が増加するたに摩擦係数が増大すると考えられる。

5. むすび

以上の考察で触れなかった点について最後に結論のみ示す。

- (1) グラウト強度 $250 \text{ kg}/\text{cm}^2$ と $500 \text{ kg}/\text{cm}^2$ とでは、PC鋼より線の付着性状にほとんど差はないが、PC鋼棒ではかなり差が見られる。
- (2) PC鋼より線の端部に取付けたコンプレッショングリップは、すべりを制限する効果は認められるが、定着耐力には寄与しない。
- (3) PC鋼棒は、自由端すべり量=0での付着応力が大であるが、定着耐力および定着靱性の点ではPC鋼より線の方が優れている。

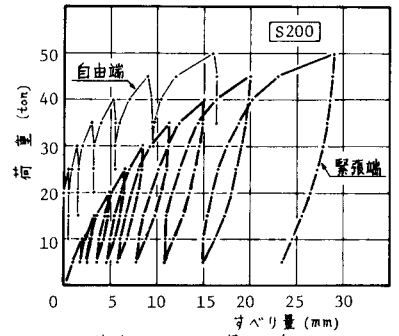


図-3 荷重～すべり量曲線の一例

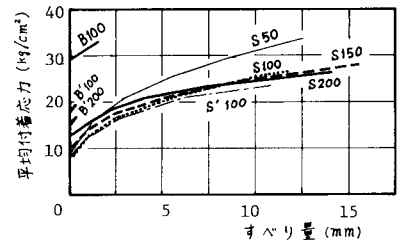


図-4 平均付着応力～自由端すべり量曲線

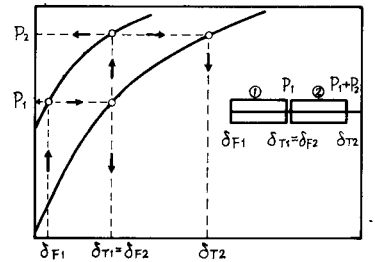


図-5 荷重～すべり量曲線における定着長の合成

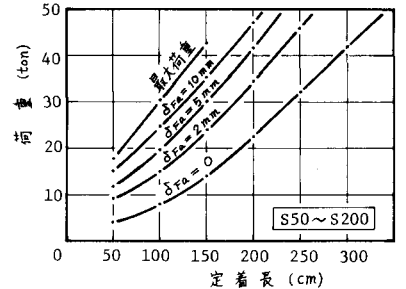


図-6 荷重と定着長の関係

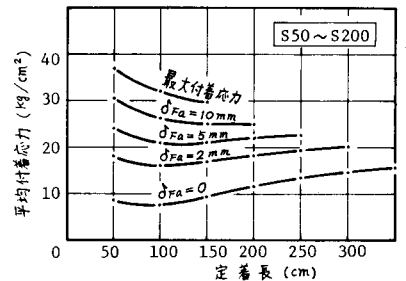


図-7 平均付着応力と定着長の関係