

引張り力分布計測結果に基づくグラウンドアンカーの平均付着応力度の推定

鹿島建設(株) 正会員 ○大窪一正 今井道男 曾我部直樹
住友電気工業(株) 正会員 及川雅司 中上晋志
(株)エスイー 早川道洋

1. はじめに

法面補強などに用いられるグラウンドアンカーにおいては、アンカー体が地山に健全に定着され、供用期間中の長期にわたり所定の引張り力が維持されていることが重要となる。しかし、荷重計などを用いた従来の維持管理では、法面上のアンカー頭部における引張り力の増減しか計測することができず、アンカー体の健全性を直接評価することは困難であった。これに対して筆者らが開発、適用を進めているグラウンドアンカーの引張り力分布を光ファイバによって計測する技術では、アンカー体を含む、テンドン全長の引張り力分布を計測することができる¹⁾(図-1)。本研究では、アンカー体の健全性を定量的に評価することを目的として、同技術による計測結果から、アンカー体を構成するグラウトとテンドンとの平均付着応力度の推定を試みた。

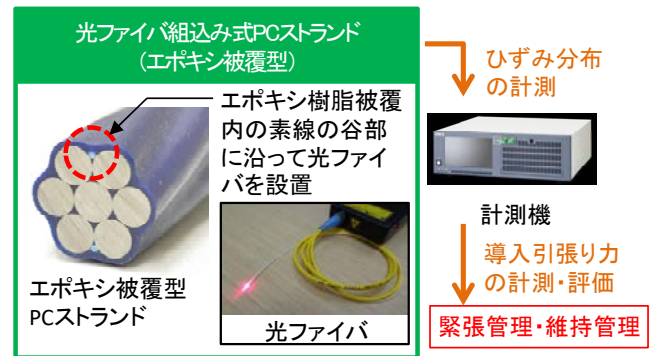


図-1 光ファイバを用いた引張り力分布計測技

表-1 計測実験結果一覧

実験 ケース 名称	グラウト 圧縮強度 N/mm ²	許容付着 応力度 ³⁾ N/mm ²	平均付着 応力度 N/mm ²
H	68.1	1.5	2.42
L	13.5	1.0*	1.37

*グラウトの設計基準強度 18N/mm²での値。

2. 計測実験による平均付着応力度の推定

筆者らは、引張り力分布計測技術の計測性能の確認を目的として、光ファイバ組込み式PCストランド(テンドン)を予め挿入した角鋼管(200×200×3,044mm, 板厚16mm, SS400材)にグラウトを充填してアンカー体を模擬し、グラウト硬化後にテンドンに引張り力を作用させた際の引張り力分布を計測している¹⁾(図-2)。実験のパラメータはグラウトの圧縮強度とし、表-1に示す2ケースを実施した。なおケースHは、実際のグラウンドアンカー工事において使用されるグラウトと同等の配合のものを用いている。

計測実験で得られた引張り力分布(図-3)では、テンドンに作用させた引張り力が先端に向かって低下している区間が確認できる。これは、テンドンの引張り力がグラウトとの付着力を介して徐々に鋼管に伝達されているためである。よって、ある区間における引張り力の減少分を同区間のテンドンの付着面積で除すことにより、グラウトとの平均付着応力度を求めることができる。ここで、本計測技術では、BOTDR方式と呼ばれる光ファイバのひずみ分布計測方法を用いるが、同方式による分布計測の空間分解能は約1mであり²⁾、実際の分布に対して約1mの長さで移動平均処理を行った結果が、計測結果として出力されていることに相当する。そこで、図-3に示すように実際の引張り力分布が直線的に分布していると仮定し、仮定した直線分布に対し

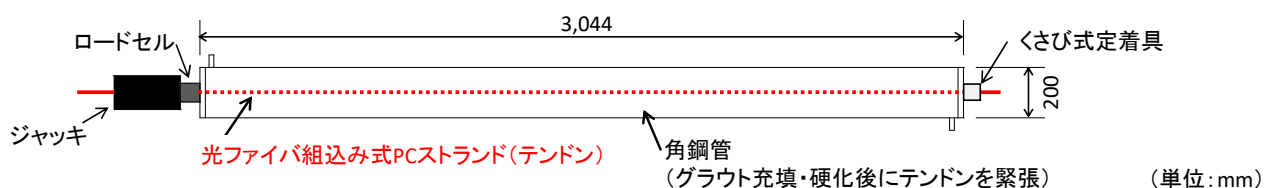


図-2 計測実験状況

キーワード グラウンドアンカー, 維持管理, 光ファイバ, 引張り力分布, 平均付着応力度

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

て1mの移動平均処理を行った結果を計測結果と比較した。その結果、引張り力が先端に向かってゼロに漸近していく傾向などが計測結果とよく一致していることから、実際の引張り力分布として仮定した直線分布が妥当であることが示唆された。表-1に、推定した直線分布から算出した平均付着応力度を示す。同表には、グラウトの圧縮強度に対応する設計用の許容付着応力度（ランク B）³⁾を併せて示すが、実験結果による推定値は2ケースともに設計用値の約1.5倍であり、グラウト強度の違いによる付着応力度の変化をよく評価出来ているといえる。以上より、本技術による計測結果からアンカー体におけるテンドンとグラウトとの付着応力度を評価できることが確認できた。

3. 実際のグラウンドアンカーにおける平均付着応力度の推定

前述した推定方法に基づき、実際のグラウンドアンカーのアンカー体における平均付着応力度の推定を試みた。対象とした計測データは、赤谷地区溪流保全工他工事（国土交通省近畿地方整備局）におけるグラウンドアンカーの引張り力分布を本技術で計測した結果¹⁾である。グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説³⁾に準拠して実施した確認試験中の各緊張段階における引張り力分布の計測結果に基づき、平均付着応力度を推定した結果を図-4に示す。計測位置12mまでの範囲は引張り力を一定と仮定できる自由長部と呼ばれるアンボンド区間であり、計測位置12~16mの範囲がテンドンの周囲にグラウトが充填されるアンカー体内部である。図より、実際のグラウンドアンカーにおいても、アンカー体内部の引張り力分布を直線分布と仮定して1mの移動平均処理を行った結果が、計測結果と良く一致していることが確認できる。最終緊張時③において推定された平均付着応力度（1.96N/mm²）は、実験ケース H における結果（2.42N/mm²）と同程度であり、設計用の許容付着応力度³⁾（ランク A のアンカー：1.0N/mm²，ランク B のアンカー：1.5 N/mm²）に対して十分大きく、健全に定着されていると評価できる。また、作用する引張り力が大きくなるにつれて平均付着応力度が小さくなっていることが確認できるが、これはアンカー体内部でのテンドンのすべり量が徐々に大きくなることによって付着応力度（単位面積当たりにグラウトに伝達される引張り力）が低下したためと考えられる。

4. まとめ

光ファイバを用いた引張り力分布の計測技術による計測結果に基づいて、アンカー体グラウトとテンドンとの平均付着応力度の推定を試みた。その結果、アンカー体における引張り力分布から平均付着応力度を推定することができ、実際のグラウンドアンカーを対象として、そのアンカー体の定着性能、健全性を定量的に評価できることを実証した。

参考文献

- 1) 大窪一正，他：光ファイバを用いた引張り力分布計測技術のグラウンドアンカーへの適用，土木学会論文集 A1（構造・地震工学），Vol.76，No.1，pp.126-138，2020。
- 2) Hartog, A. H.: An Introduction to Distributed Optical Fibre Sensors, CRC Press, 2018。
- 3) 地盤工学会：グラウンドアンカー設計・施工基準，同解説，2012。

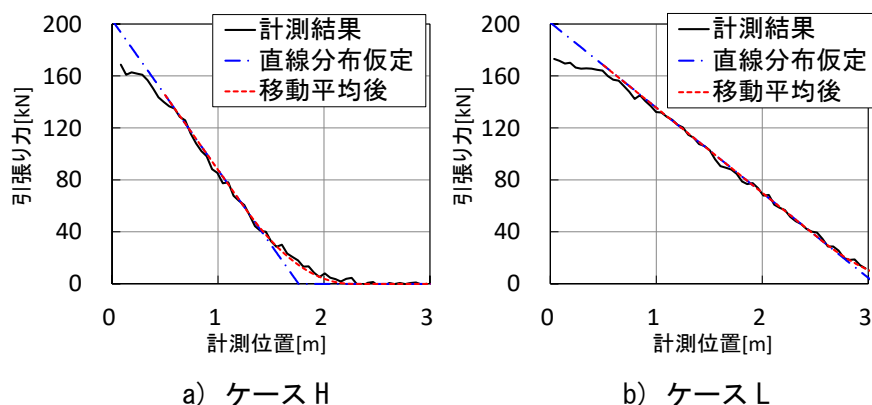


図-3 計測実験結果による平均付着応力度の推定

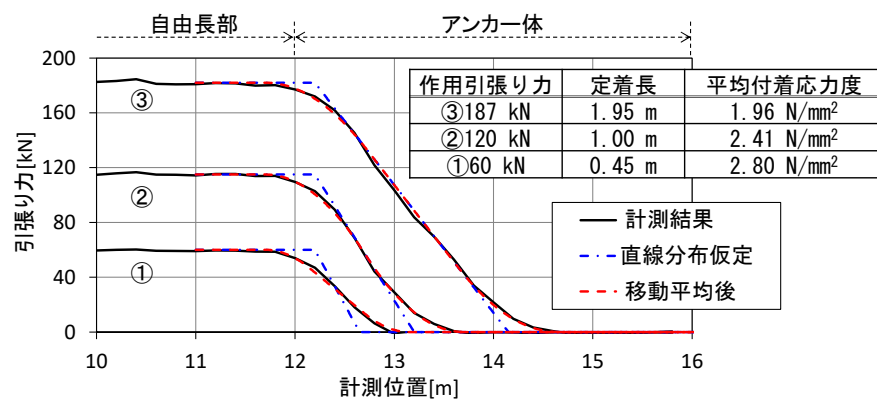


図-4 実際のグラウンドアンカーにおける平均付着応力度の推定