



ダム用 PS アンカー設計施工マニュアル

Q & A コーナー

はじめに

この度は、一般財団法人ダム技術センター『ダム用 PS アンカー設計施工マニュアル』をご覧いただきありがとうございます。今後も当マニュアルを御活用頂きますよう、当センターHPにて「Q & A コーナー」を設けました。

つきましては、下記メールアドレス宛にご質問を受け付けますのでご投稿をお待ちしております。頂いた質問から代表的なものについて「Q & A コーナー」にて公開して参りますのでよろしくお願ひします。

ダム用 PS アンカー設計施工マニュアル 「Q & A コーナー」
質問受付先 E-mail : ps_anchors@jdec.or.jp

メールの件名は 「【PS アンカーQ&A】〇〇〇について質問 」
としてください。

第 1 章 適用

1. ご質問お待ちしております

第 2 章 用語

1. ご質問お待ちしております

第 3 章 材料

1. 当マニュアル 24 ページ ECF スtrandを推奨する理由は？
 - a. 当マニュアル 23 ページ条文に「ダム用 PS アンカーに用いる材料は、長期の供用期間に対応するために、防食等の耐久性に優れた材料を選定または配合するものとする。」とあるように、ダム用 PS アンカーは、大容量の緊張力を長期的に安定して保持するために、緊張材である PC 鋼より線に対しては高い防食・防水性能が必要です。そのため、素線の隙間にもエポキシ樹脂を十分に充填し、エポキシ被覆厚は 400～1200 μ m と厚膜で、耐食性に優れた内部充てん型エポキシ樹脂被覆 PC 鋼より線（ECF スtrand）を使用することとしています。ECF スtrandは土木学会 JSCE-E 141 の他、国際規格の ISO14655 や、国際的に広く認知された ASTM A882 で規定されており、米国をはじめ海外のダム用 PS アンカーでも多く採用されています。
2. 当マニュアル 28 ページ 最小グラウト被りの 13mm の根拠は？
 - a. 当値は、被りが小さいとグラウトが隅々まで行きわたらない恐れがあり、防食と付着の両機能の確保のための最低限の数値です。セントライザーを用いてこの被り厚を確保します。最小被り厚は、グラウンドアンカー等の国内基準では 10mm ですが、孔径のより大きなダム用 PS アンカーにおいては、被り厚も若干大きくなります。海外ダム用 PS アンカーでの主要基準である PTI 技術勧告でも最小化被り厚は 13mm と規定されています。

第 4 章 防食

1. 当マニュアル 36 ページ ダム用 PS アンカーでは 2 重防食以上が必要で、推奨例では 2 重防食と 3 重防食の仕様が示されています。高腐食環境への応として、より多重化の仕様となる 4 重防食というのはあるのでしょうか？
 - a. 理論的にはシー管を多重化して防食材を充填すれば可能ですが、機能が重複することや削孔径が大きくなることが想定され、現実的ではありません。防食層の多重化を図るよりも、この後の 6 章で記載のとおり、PC 鋼より線の取り扱いや高品質のグラウト注入など、各々の防食機能を発揮させるための基本に忠実な施工が重要と考えています。
2. 当マニュアル 38 ページ 「不適切なテンドン設置および注入例」が示されています。A の付着長不足は事前の検査で異物の付着がないことを確認できますが、f の残留空気の混入がないことはどのように確認すればよいのでしょうか？
 - a. 図 4.2 の f において、実際にはグラウト注入区間の最上部にエア抜き管（リターン管）が設置され、内部の空気を排気した後に注入グラウトのリターン管として機能します。リターン管から排出されるセメントミルクが注入濃度に置き換わったことが確認できた時点で、グラウトが十分に充填されたこととなります。

第5章 設計

1. 積算マニュアルは作成する予定があるのでしょうか？水圧試験、孔曲がり測定、削孔、注入、挿入等の積算基準はあるのでしょうか？
 - a. PS アンカーの積算は、現在は日本アンカー協会の積算ガイドブックで行われることが多いので、工程上のクリティカルパスとなる削孔については、この中に大孔径のアンカーについても記載するのが望ましいと言えます。

当設計施工マニュアルにあって積算ガイドブックに無い項目（水圧試験、孔曲がり測定等）については、参考となる他の積算資料に基づくか別途に積み上げることで対応可能と思います。

なお、ダム用 PS アンカー用の積算関係資料を作成する予定は現在ありません。

第6章 施工

1. パッカーはどのように選定するのですか？
 - a. パッカーの種類には、布パッカーとゴムパッカーがあります。

ゴムパッカーは、水（従来は空気）で金属管に巻いたゴムを膨らませるもので、高価で重たいです。注水と排水のホースは内径数 mm と細くて足りませんが、ゴム膜に接着不良や損傷があることもあるので、事前にパッカーを膨張させることで確認をすべきです。また、傾角が水平に近いほど、その重さでテンドン挿入時に引っ掛かりやすいため、形状や挿入方法に工夫が必要です。

布パッカーは、安価かつ軽量ですが、現地でテンドンに巻き付けて装着しますので、現地装着の事前練習が必要です。ホースは注入用だけで済みますが、グラウトで膨らませるために約 20mm 以上の注入ホース内径が必要で、ホースが多くなると削孔断面内での配置の工夫が必要です。従来は 165mm までの製品しかありませんでしたが、高強度繊維材料によってより大口径の布パッカーが近年開発され、千本ダムや川俣ダムで使用されました。

上記の特徴を踏まえ、現場条件に適したものを選定します。

2. 施工で、フルボンドタイプ・アンボンドタイプでの定着長加圧注入の圧力はどの程度に設定すればよろしいのでしょうか？
 - a. 98 ページ図 6.38 のパッカー方式による定着長注入と加圧ケーシング方式による全長注入を示しています。ここで、注入圧力は記していませんが、基本的に低めの圧力からスタートして一定圧となる程度の注入圧をかけます。その後、排気管（リターン管）から注入グラウトと同程度の濃度のグラウトが排出されることを確認して注入終了とします。

この時に逸水性が僅かにある場合は少し高めの注入圧となりますが、さらに逸水性が問題となる場合は注入の前に行う水圧試験の管理値を満たさないので事前注入を行い、逸水性を改良しておく必要があります。

一方、孔内に湧水がある場合は、低い圧力ですと押し返されますので、湧水を逆に押し返すだけの注入圧をかけて注入する必要があります。その後、排気管（リターン管）から注入グラウトと同程度の濃度のグラウトが排出されることを確認して注入終了とします。

上記のいずれの場合も、グラウチング等の積極的な止水改良ではないので高い圧力にする必要はありません。

3. 水圧試験の注入圧力はどの程度に設定すればよろしいのでしょうか？

- a. テキスト 89 ページに 0.1MPa が基本である旨を記しています。この値はグラウンドアンカーの水密性試験と同じですが、岩盤の孔内の逸水性は低めの圧力で十分に確認できると考えられます。ちなみに、参考資料の 170 ページに記していますように、岩盤を対象としている PTI 技術勧告では 0.035 Mpa とさらに低めの圧力を管理値としています。なお、圧力が少し高めとなった場合の補正方法を 90 ページの枠内に記しています。

4. フルボンドタイプでパッカー注入して定着長加圧注入した時、パッカー上部にリークすることは懸念する必要ないのでしょうか？水圧試験でパッカー上部リークの可能性が想定できるのでしょうか？

- a. パッカーを設置する深度の岩盤状態は基本的に健全であるため、孔壁の状態もしっかりしていることから加圧したパッカーは確実に密着するものと考えます。もし上部リークするとすればパッカーの品質上の問題です。千本ダムでは高強度繊維の布パッカーを使用しましたので上部リークはありませんでした。

水圧試験は全長で行いますので、パッカーというよりも口元栓を使います。従って、水圧試験でパッカー上部リークという事態はほぼ無いかと思えます。

5. 水圧試験で、堤体部と岩盤部と水圧試験区間で区別がつかないと思います。逸水性の確認で、事前注入するのに、堤体部と岩盤部では区間が長く、堤体部削孔した段階で水圧試験を行い、逸水しているのが堤体部か岩盤部か見極める必要性も出てくるかと思えます。このような方法を行う必要もあるかと思えます。いかがでしょうか？

- a. 逸水性の改良は、堤体部と岩盤部と区別せずに全長一括して事前注入（プレグラウトとも言う）によって行います。というのは、区間ごとに事前注入をすることは煩雑になるだけで利点が少ないためです。

この全長一括の水圧試験及び事前注入は、岩盤やコンクリートを対象とするロックアンカー特有の方法です。その理由は、全長のうち逸水原因となるクラックが 1 か所でもあればセメントミルクが流失しグラウト充填が不完全となることによります。もちろん、定着長だけをパッカーで区切って事前注入してもよいのですが、フルボンドタイプやシース外側を防食層とするアンボンドタイプの場合、自由長も逸水性を改良する必要があるため、結局は全長一括して事前注入した方が効率的となります。この点、非岩盤の逸水は浸透性である場合が大半であるので、全長一括の水圧試験を行うと大半の孔で事前注入が必要という試験結果になりかねません。このため、区間を区切って逸水性の試験を行った方が、事前注入の孔数を減らすことができます。

第 7 章 荷重試験

1. 当マニュアル 109 ページの枠において、引抜き試験の実施要領として、実際に近い仕様とは具体的にはどのような項目について配慮すべきでしょうか？
 - a. 当マニュアル 61 ページの 4 行目に記載されているように岩盤条件だけでなく、PC 鋼材、グラウト品質、施工方法等本施工と同様に条件で実施する必要があります。ただし、定着長については、短くして降伏荷重に達しやすくする工夫が望ましいと言えます。

2. 当マニュアル 109 ページ 供用アンカーで所定の極限引抜抵抗力が得られなかった場合の対処方法はどのようなものがあるでしょうか？
 - a. 削孔径の拡大、定着長の延長、または緊張力の減量（孔間隔の縮小）のいずれかを行う必要が生じます。そのため、出来るだけ設計段階や本施工前に引抜き試験や長期引張り試験を行って、極限引抜抵抗力の妥当性を確認しておくべきです。

3. 当マニュアル 115 ページ 測定値の安定について目安はあるでしょうか？
 - a. グラウンドアンカー設計施工マニュアルを参考に $t_b/t_a = 3$ で変位量が 0.5mm 以下の場合、次のステップに移行して良いとします。例えば 100sec から 300sec（5 分）の変位量が 0.5mm 以下なら次ステップへ移行することになります。108 ページの 3 項に記すように、ダム用 PS アンカーは岩盤を対象にするので荷重保持時間は短くてよく、計測値が安定したことを確認でき次第、次のステップに移るべきです。

第 8 章 管理

1. ご質問お待ちしております