

## 2.3 ダム用 PS アンカーに関する講習会活動

研究年度：～令和3年度

研究分野：ダムの改造・再開発に関する調査研究

調査研究名：ダム用 PS アンカーに関する研究

研究者：川崎秀明、梅園拓磨

### 【要約】

ダム用 PS アンカーは、貯水位低下や大規模仮設を必要とせず、既設ダムを大きな緊張力で岩盤に緊結・固定することで堤体の安定性を大きく向上させ得ることから、今後ダムの再生や補修・補強に大いに活用が期待される技術である。ダム技術センターにおける本研究は 2007 年頃から始まり、2010 年には研究所報告書として設計法を公表した。その後、川俣ダム岩盤 PS 工と千本ダム堤体 PS アンカーへの適用を経て、2021 年 9 月に「ダム用 PS アンカー設計施工マニュアル」を発刊した。当論文は、2021 年 12 月に行われた web 形式講習会の内容を取りまとめたものである。

### 【キーワード】

ダム用 PS アンカー、マニュアル、web 講習会、設計、施工

### 【背景・目的】

1990 年頃から、欧米豪ではダムの堤体や基礎岩盤の補強のために工期や工費の面で優れる PS アンカー工法が数多く採用され、その実績を背景に防食、削孔、計測等の設計・施工技術は格段の進歩を達成し技術基準類の整備や改訂が進められてきた。

一方、わが国のアンカーは、斜面安定や法面保持を主目的とするグラウンドアンカーや建築地盤アンカーが主流であり、地盤の堅さ、耐用年数、アンカー配置、緊張力管理等の面で、欧米の PS アンカーとは基本的に大きく相異している。そこで海外技術成果に着目し、国内ダムへの適用を目指して 2010 年に「アンカー工法におけるダム堤体の補強工法に関する研究」（ダム技術センター発行）がまとめられた。当成果は、川俣ダムの岩盤 PS 工更新や千本ダムの堤体耐震補強に活用され、現在までにダム用 PS アンカーに関する設計、施工の資料および試験計測データが多く蓄積されてきた。

上記を背景に、適用範囲をダム堤体と基礎岩盤に絞った上で、設計、施工、管理の全般にわたって記述した「ダム用 PS アンカー設計施工マニュアル」を 2021 年 9 月に発刊した。

今後、国内におけるダム再生事業の拡がりとともに、ダム用 PS アンカーの「局所的に必要な補強が可能、貯水位低下が必要ない、嵩上げに対応容易」等の工期、工費だけでない優れた特徴が注目されており、適用ダム数は大きく増えると予想される。

このため、ダム技術センターでは、ダム用 PS アンカー設計施工マニュアルに関する講習会を web 開催してその技術を広く周知することとした。

講習会の開催は web 方式とし、2021 年 12 月 14 日～17 日の 4 日間にわたって、設計編と施工編の 2 部構成で 2 回実施され、90 人が受講した。また、日本ダム協会、日本アンカー協会の協力を得た。

### 【研究経緯】

- ・ 2010 年 ダム技術研究所報告書「アンカー工法によるダム堤体の補強方法に関する研究」の発刊
- ・ 2017~20 年 川俣ダムの岩盤 PS アンカー 1 期工事
- ・ 2019~20 年 千本ダムの堤体 PS アンカー工事
- ・ 2019 年 7 月 ダム用アンカー検討委員会とダム用 PS アンカー設計施工マニュアル作成幹事会の発足
- ・ 2021 年 9 月 ダム用 PS アンカー設計施工マニュアルの発刊
- ・ 2021 年 12 月 同上講習会の開催



図-1 ダム用 PS アンカー設計施工マニュアルのチラシ

### (1) 講習会の実施状況

「ダム用 PS アンカー設計施工マニュアル講習会」のプログラムを表-1 に示す。

講習会発信はダム技術センターAB 会議室から行い、講師はダム用 PS アンカー設計施工マニュアル作成幹事会のメンバーに依頼した。聴講者は 80 名で、うち 46 名が 12/14,15 の第 1 回講習会、残り 34 名が 12/16,17 の第 2 回講習会に参加した。

当センターとしては初めての web 講習会であったが、事前周知、申込み受付等を入念に行い、準備に万全を尽くすことで無事終了することができた。

関心の高さから質問も多くあり、当センターホームページに Q&A コーナーを掲げている。

表 2~12 に講習会で使用された講義主要部の抽出画面を掲載する。



図-2 講習会の web 発信状況、講師陣とスタッフ

表-1 ダム用 PS アンカー設計施工マニュアル講習会 プログラム

| 年月日、回、編   | 章       | 分  | 時刻          | 備考                                 |
|---|---------|----|-------------|------------------------------------|
| 2021年12月14日<br>火曜日<br>第1回講習会<br>設計編<br>進行役：徳永 篤 | 開会の挨拶   | 5  | 14:10~14:15 | ダム用アンカー検討委員会 委員長・大町達夫              |
|   | 1章 適用   | 20 | 14:15~14:35 | 川崎秀明                               |
|   | 2章 用語   | 15 | 14:35~14:50 | 川崎秀明                               |
|   | 8章 管理   | 20 | 14:50~15:10 | 梅園拓磨                               |
|   | 質疑応答    | 20 | 15:10~15:30 | Web meeting                        |
|   | 休憩      | 10 | 15:30~15:40 |                                    |
|   | 5章 設計   | 60 | 15:40~16:40 | 川崎秀明                               |
|   | 質疑応答    | 20 | 16:40~17:00 | Web meeting                        |
| 2021年12月15日<br>水曜日<br>第1回講習会<br>施工編<br>進行役：川崎秀明 | 映像      | 5  | 14:10~14:15 | 千本ダム (施工 video)                    |
|   | 3章 材料   | 20 | 14:15~14:35 | 徳永 篤                               |
|   | 4章 防食   | 15 | 14:35~14:50 | 徳永 篤                               |
|   | 7章 荷重試験 | 20 | 14:50~15:10 | 萩原康之                               |
|   | 質疑応答    | 20 | 15:10~15:30 | Web meeting                        |
|   | 休憩      | 10 | 15:30~15:40 |                                    |
|   | 6章 施工   | 60 | 15:40~16:40 | 窪塚大輔                               |
|   | 質疑応答    | 20 | 16:40~17:00 | Web meeting                        |
| 2021年12月16日<br>木曜日<br>第2回講習会<br>設計編<br>進行役：徳永 篤 | 開会の挨拶   | 5  | 14:10~14:15 | ダム用 PS アンカー設計施工マニュアル作成幹事会 幹事長・川崎秀明 |
|   | 1章 適用   | 20 | 14:15~14:35 | 川崎秀明                               |
|   | 2章 用語   | 15 | 14:35~14:50 | 川崎秀明                               |
|   | 8章 管理   | 20 | 14:50~15:10 | 菅輝夫 web 講義                         |
|   | 質疑応答    | 20 | 15:10~15:30 | Web meeting                        |
|   | 休憩      | 5  | 15:30~15:40 |                                    |
|   | 5章 設計   | 60 | 15:40~16:40 | 稲川雄宣                               |
|   | 質疑応答    | 20 | 16:40~17:00 | Web meeting                        |
| 2021年12月17日<br>金曜日<br>第2回講習会<br>施工編<br>進行役：川崎秀明 | 映像      | 5  | 14:10~14:15 | 千本ダム (施工 video)                    |
|   | 3章 材料   | 20 | 14:15~14:35 | 石田勝也                               |
|   | 4章 防食   | 15 | 14:35~14:50 | 瀧川 功                               |
|   | 7章 荷重試験 | 20 | 14:50~15:10 | 稲川雄宣                               |
|   | 質疑応答    | 20 | 15:10~15:30 | Web meeting                        |
|   | 休憩      | 5  | 15:30~15:40 |                                    |
|   | 6章 施工   | 60 | 15:40~16:40 | 徳永 篤                               |
|   | 質疑応答    | 20 | 16:40~17:00 | Web meeting                        |



表-2 web 講習会の始まる前の画面： 開始前に上記の注意事項を記した待ち受け画面を放映

|   |  |
|---|--|
| <p><b>「ダム用PSアンカー設計施工マニュアル」の講習会 WEB方式</b></p> <p>2021年12月14日～17日 14:00～17:00<br/>発信基地： ダム技術センターAB会議室</p> <p>1/6</p>  | <p>堤体PSアンカーと岩盤PSアンカーによるロックアンカーの真髄を説明<br/>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル<br/>令和3年9月28日発刊</p> <p>目次構成 全180ページ<br/>適用、用語、材料、防食、設計、施工、荷重試験、管理、参考資料</p> <p>ダム用PSアンカー検討委員会<br/>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル作成幹事会</p> <p>発行： ダム技術センター</p> <p><b>受講中はマニュアルをご用意ください。</b></p> <p>2/6</p>                                       |
| <p><b>講習中のZOOMの設定 その1</b></p> <p><b>マイクとカメラはOFFにしてください。</b></p>  <p>3/6</p>   | <p><b>講習中のZOOMの設定 その2</b></p> <p>受講者は、表示名を「氏名_会社名」にしてください。<br/>(例：ダム太郎_ダム技術センター)</p> <p>枠の右上  より「名前の変更」</p>  <p>4/6</p> |
| <p><b>講習中のZOOMの設定 その3</b></p> <p>講習中は、スライドショーのみでご覧下さい。</p> <p>枠の右上  より「ビデオ以外の参加者を非表示」</p> <p><b>参加者</b></p>  <p>5/6</p> | <p><b>講習中のZOOMの設定 その4</b></p> <p>質疑応答の時、質問がある方は「リアクション」から「手を挙げる」を押してください。<br/>事務局から指名がありましたら、マイクをONにして発言してください。</p>  <p>6/6</p>  |
| <p><b>「ダム用PSアンカー設計施工マニュアル」の講習会 WEB方式</b></p> <p><b>第1回講習会 設計編</b></p> <p>2021年12月14日 14:00～17:00<br/>発信基地： ダム技術センターAB会議室</p>  | <p><b>「ダム用PSアンカー設計施工マニュアル」の講習会 WEB方式</b></p> <p><b>第1回講習会 施工編</b></p> <p>2021年12月15日 14:00～17:00<br/>発信基地： ダム技術センターAB会議室</p>   |



表-3 1章適用 抽出画面： ダム用PSアンカーの役割、設計体系上の位置づけ、関係指針類等

| <h3>ダム用PSアンカーの要求性能</h3> <p>▶安全性:「有害な変位を許容しない、構造に関する現行法令を満足する」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>「対象構造物を安定的に強く緊結する」ということであり、これは構造物PSアンカーとしての特徴である。一方、グラウンドアンカーにおいては、待ち受けPSアンカー的な意味合いからある程度の変位を許している。対象構造物においては、転倒・滑動・変位に対して安全である必要がある。</li> </ul> <p>▶長寿命性:「十分な耐久性を有する、維持管理が容易」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ダムは基本的には100年以上の長い耐用年数を有することから、PSアンカーも同様の耐用年数を目標にすべきである。有害な腐食や劣化が生じないためには、錆腐食と遅れ破壊への対応が重要である。維持管理性の面では点検やモニタリングの容易さがある。</li> </ul> <p>▶経済性:「十分な経済性を有する」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>他の対策工と比較して、長期的なトータルコストとして優れた経済性を有しなければならない。</li> <li>さらに、追加施工や更新アンカーの場合は、下記項目も重要である。</li> </ul> <p>▶現機能の保持:「既設の構造物に悪影響を与えない」</p> <p>現在のPSアンカー対象物、堤体や基礎の安定性・止水性に悪影響を与えない。</p>  | <h3>P.1 1. ダム用PSアンカーの構成 フルボンドタイプ</h3> <p>千本ダム<br/>仕様: 削孔径φ216 mm<br/>設計アンカー力1,702 kN/孔<br/>PC鋼より線φ15.2 mm × 11本、フルボンドタイプ</p>   |          |   |                                       |   |         |            |            |         |                     |                        |   |           |         |                      |                                |  |             |         |         |                                   |                        |                                   |               |         |   |                                       |   |  |
|--|--|----------|---|---------------------------------------|---|---------|------------|------------|---------|---------------------|------------------------|---|-----------|---------|----------------------|--------------------------------|--|-------------|---------|---------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------------------|---------------|---------|---|---------------------------------------|---|--|
| <h3>P.2 2. ダム用PSアンカーの目的と区分</h3> <p>表1.1 PSアンカーの機能と手法による分類</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>目的</th> <th>アンカー区分</th> <th>アンカーの固定法</th> <th>緊張管理</th> <th>防食・ボンドタイプ</th> <th>国内・海外名称</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">斜面安定・法面保持用</td> <td>非岩盤の斜面・法面等</td> <td>ソイルアンカー</td> <td>円頭すべりに対抗できるアンカー力の設定</td> <td>有効緊張力が長期約1/2以下となるように監視</td> <td>国内:グラウンドアンカーまたは建築地盤アンカー、英国、豪州等ではGround Anchorageと呼ばれる</td> </tr> <tr> <td>岩盤の斜面・法面等</td> <td>ロックアンカー</td> <td>弱層面の挙動に対抗できるアンカー力の設定</td> <td>2重防食、PC鋼材防食補覆の普及、基本的にはアンボンドタイプ</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">構造物固定・基礎補強用</td> <td>建築物、厚壁等</td> <td>ソイルアンカー</td> <td>構造物の不安定化(転倒、滑動、浮力等)に対抗できるアンカー力の設定</td> <td>有効緊張力が長期約1/2以下となるように監視</td> <td>国内: 堤体固定用は堤体PSアンカー、基礎補強用は岩盤PSアンカー</td> </tr> <tr> <td>ゲート固定部、橋台・橋脚等</td> <td>ロックアンカー</td> <td>地震時等の局所応力や変位はFEM解析で確認(安定上の有害な変位を許さない設計思想)</td> <td>2重防食、PC鋼材防食補覆の普及、アンボンドタイプとフルボンドタイプが半々</td> <td>海外では Prestressed anchor, Post tensioning anchor等と呼ばれる</td> </tr> </tbody> </table> <p>*: 埋まった砂礫層、風化岩、土丹等を対象とするPSアンカー<br/>** : 軟岩以上の岩盤、コンクリート等を対象とするPSアンカー</p> | 目的   | アンカー区分   | アンカーの固定法                                  | 緊張管理                                  | 防食・ボンドタイプ   | 国内・海外名称 | 斜面安定・法面保持用 | 非岩盤の斜面・法面等 | ソイルアンカー | 円頭すべりに対抗できるアンカー力の設定 | 有効緊張力が長期約1/2以下となるように監視 | 国内:グラウンドアンカーまたは建築地盤アンカー、英国、豪州等ではGround Anchorageと呼ばれる | 岩盤の斜面・法面等 | ロックアンカー | 弱層面の挙動に対抗できるアンカー力の設定 | 2重防食、PC鋼材防食補覆の普及、基本的にはアンボンドタイプ |  | 構造物固定・基礎補強用 | 建築物、厚壁等 | ソイルアンカー | 構造物の不安定化(転倒、滑動、浮力等)に対抗できるアンカー力の設定 | 有効緊張力が長期約1/2以下となるように監視 | 国内: 堤体固定用は堤体PSアンカー、基礎補強用は岩盤PSアンカー | ゲート固定部、橋台・橋脚等 | ロックアンカー | 地震時等の局所応力や変位はFEM解析で確認(安定上の有害な変位を許さない設計思想) | 2重防食、PC鋼材防食補覆の普及、アンボンドタイプとフルボンドタイプが半々 | 海外では Prestressed anchor, Post tensioning anchor等と呼ばれる | <h3>P.3 5. アンカー設計体系から見た位置づけ</h3> <p>岩盤においては、従来のソイルアンカー技術と異なる対応となる場合が多い。</p> <p>PSアンカー系統図 (赤枠が今回のダム用PSアンカー)</p> |
| 目的   | アンカー区分   | アンカーの固定法 | 緊張管理                                      | 防食・ボンドタイプ                             | 国内・海外名称   |         |            |            |         |                     |                        |   |           |         |                      |                                |  |             |         |         |                                   |                        |                                   |               |         |   |                                       |   |  |
| 斜面安定・法面保持用   | 非岩盤の斜面・法面等   | ソイルアンカー  | 円頭すべりに対抗できるアンカー力の設定                       | 有効緊張力が長期約1/2以下となるように監視                | 国内:グラウンドアンカーまたは建築地盤アンカー、英国、豪州等ではGround Anchorageと呼ばれる |         |            |            |         |                     |                        |   |           |         |                      |                                |  |             |         |         |                                   |                        |                                   |               |         |   |                                       |   |  |
|  | 岩盤の斜面・法面等  | ロックアンカー  | 弱層面の挙動に対抗できるアンカー力の設定                      | 2重防食、PC鋼材防食補覆の普及、基本的にはアンボンドタイプ        |   |         |            |            |         |                     |                        |   |           |         |                      |                                |  |             |         |         |                                   |                        |                                   |               |         |   |                                       |   |  |
| 構造物固定・基礎補強用  | 建築物、厚壁等  | ソイルアンカー  | 構造物の不安定化(転倒、滑動、浮力等)に対抗できるアンカー力の設定         | 有効緊張力が長期約1/2以下となるように監視                | 国内: 堤体固定用は堤体PSアンカー、基礎補強用は岩盤PSアンカー                     |         |            |            |         |                     |                        |   |           |         |                      |                                |  |             |         |         |                                   |                        |                                   |               |         |   |                                       |   |  |
|  | ゲート固定部、橋台・橋脚等  | ロックアンカー  | 地震時等の局所応力や変位はFEM解析で確認(安定上の有害な変位を許さない設計思想) | 2重防食、PC鋼材防食補覆の普及、アンボンドタイプとフルボンドタイプが半々 | 海外では Prestressed anchor, Post tensioning anchor等と呼ばれる |         |            |            |         |                     |                        |   |           |         |                      |                                |  |             |         |         |                                   |                        |                                   |               |         |   |                                       |   |  |
| <h3>P.4 堤体PSアンカーの機能①</h3> <h4>堤体上流面に鉛直方向の引張応力が生じる状態の改善</h4> <p>堤体断面幅が十分でないこと等により現行構造基準での転倒に対する安定条件を満足しない場合、堤頂部から鉛直下向きにアンカー力を与えることによって引張応力を効果的に減じることができる。海外では、堤体における堤体PSアンカーの大半はこれに属する。</p>   | <h3>堤体PSアンカーの機能②</h3> <h4>堤体と基礎地盤の接触面および基礎地盤内の弱層面におけるせん断に対する安全性の改善</h4> <p>現行構造基準による滑動に対する安定条件を満足しない場合、堤頂部からに加えて、下流面から斜め下向きのアンカー力による鉛直分力による摩擦と水平分力による引き止め力によって滑動に対する抵抗力を高めることができる。</p>   |          |   |                                       |   |         |            |            |         |                     |                        |   |           |         |                      |                                |  |             |         |         |                                   |                        |                                   |               |         |   |                                       |   |  |
| <h3>P.4 堤体PSアンカーの機能③</h3> <h4>堤体内の局所的な応力をコンクリート許容引張応力以下に改善</h4> <p>ダムには様々な要因によって局所的な水平クラックや水平打継目の開きが発生することがある。この場合、鉛直下向きにアンカー力を与えることによって堤体内の引張応力をなくすることができる。海外では、堤体締め上げによる止水と兼ねることもある。</p>   | <h3>P.9 ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</h3> <h4>【設計および施工の適用事例】</h4> <p>事例1~2 堤体PSアンカー最初の事例<br/>現在は斜面用も含めて広く用いられているPSアンカーであるが、世界最初のPSアンカーであるCheurfasダム(嵩上げ用、アルジェリア、アンカー施工1954年)と、国内最初のPSアンカーである藤原ダム副ダム(新設堤体増強用、アンカー施工1957年)の2事例を掲載した。</p> <p>事例3~5 岩盤PSアンカーの国内事例<br/>アーチダム基礎岩盤の補強用の岩盤PSアンカーとして国内最初に採用された川俣ダム岩盤PS工(アンカー施工1962~1965年)、同ダムの大規模なアンカー更新工事(アンカー1期施工2017~2020年)、堤体左岸変位に伴う大規模斜面安定のため世界最大級のアンカー力が導入された宇宗ダム岩盤PS工(アンカー施工1991~1992年)の3事例を掲載した。</p> <p>事例6~8 堤体PSアンカーの発展期の事例<br/>地震による堤体損傷に対してアンカー補強を行った事例としてSefid Rudダム(イラン、アンカー施工1991年)、事前の前震補強のためにアンカー補強を行ったダムとしてStewart Mountainダム(米国、アンカー施工1991年)、揚圧力増大に伴う常時の安定性確保のためにアンカー補強を行った事例としてEderダム(ドイツ、アンカー施工1991~1992年)の3事例を掲載した。防食と削孔の技術革新によって、1990年代前半に堤体PSアンカーは飛躍的な発展を遂げた。</p> <p>事例9~10 堤体PSアンカーの最近の事例<br/>最近の事例として、大洪水時の安定性確保のために施工されたArkletダム(英国、アンカー施工2014年6月~2015年6月)と、事前の前震補強のために施工された千本ダム(島根県松江市、アンカー施工2019年10月~2020年5月)の2事例を掲載した。</p> |          |   |                                       |   |         |            |            |         |                     |                        |   |           |         |                      |                                |  |             |         |         |                                   |                        |                                   |               |         |   |                                       |   |  |



表-4 2章用語 抽出画面：重要な技術概念、PSアンカーの技術用語等

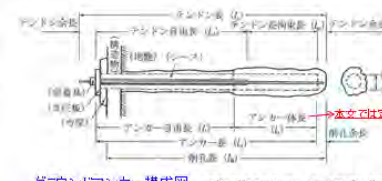
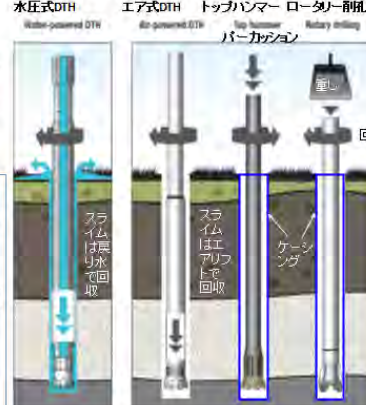
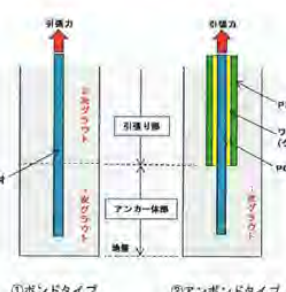
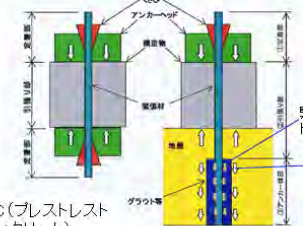
| <p><b>p.17 PSアンカーとは、ダム用PSアンカーとは</b></p> <p>PSアンカー：プレストレス(圧縮力)をテンドンによってアンカー対象物に伝える緊張システムをいう。定着長、自由長、アンカー頭部で構成され、テンドン、グラウト、定着具等から成る。テンドンとはPC鋼材(鋼より線、鋼棒)を束ねた引張り材</p> <p>ダム用PSアンカー：PSアンカーのうち、ダムの堤体固定(堤体PSアンカー)またはダムの基礎補強(岩盤PSアンカー)を目的としたもの。</p> <p>アンカーの定義は、国内標準規格の地盤工学会グラウンドアンカー設計・施工基準(p21)によると、「グラウンドアンカーとは、作用する引張り力を地盤に伝達するためのシステムで、グラウトの注入によって造成されるアンカー体、引張り部、アンカー頭部によって構成されるものである。」である。その概念が下図に示す。テンドン以外に様々な部材と器具がシステムとして組み込まれる。</p> <p>世界標準規格のPTI技術報告 (PTI:米国ポストテンション学会、p2)によると、Anchor: A tendon installed in a drilled and grouted hole in the ground (soil or rock) that is stressed after installation. である。</p>  <p>グラウンドアンカー構成図 地盤工学会グラウンドアンカー設計・施工基準(p21)</p>  | <p><b>削孔機の種類</b></p> <p>大口径・長尺削孔となるので、工程上と工費上において、削孔の比費が最も大きくなる。</p> <p>1孔当たりのPSアンカー容量を大きくする方が工程と工費上で有利であるが、実施設計時に検討する。(国内削孔機は最大径216mm)</p> <p>DTH(ダウンホールハンマー)は、近年の機械改良によって高速度ながら高い削孔精度を可能としており、大口径・長尺の削孔においては、DTHの運用が有利である。</p> <p>DTHの機構は、コンプレッサーからのエアでハンマーヘッドを往復運動させ先端の衝撃力で岩盤を削削する工法である。駆動方式はエア式と水圧式がある。(右図参照)</p> <p>トップハンマー式と比べてDTHは以下の利点があり、速度、精度、施工性、経済性に優れる。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 打撃力が地盤に伝えやすい。</li> <li>② 回転力が大きい。</li> <li>③ ケーシングを必要としない。</li> <li>④ 先端で駆動させれば静か。</li> </ol>  <p>削孔方式の分類 (by Wassara Technology) 国内は、岩盤以外削孔が多くトップハンマーが大部分を占める。</p> |  |                     |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
|--|--|--|---------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------|------|-----|--------|------|--------|-----|-----------|--------|-------|-----|-------------|-----|--------|------|-------------|-----|---------|------|-----------------------|-----|---|---|------------|-------|---------------|---------------|-------------|---------------|------------|---------|--------------------------------------|---------|------------|---------|---|---------|---------------------|---------|---|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------------|--------------------|-------------|-------------------|---------------------------------------|----------|-------------|----------|--|----------|----------------|---------------|---------------------------------|---------------|----------|---------|--|---------------|-------------|--------|------|---------------------|-------------|--------|------|---------------------|--------------|-----------------|-----------|--------------|-------------|-------------|---------------|-------|--------------|-------------|----------------|--------|--------------|-------------|--|-------|------|--|--|--|------|------------|-------------|------|------|------------|------------------|------|--------|---|--------------------|--------|------|---------|------------|---------|-------|---|---------------------|------|
| <p><b>自由長の処理の方法：ボンドとアンボンドタイプ</b></p> <p>PSアンカーを緊張・定着した後の自由長の処理の仕方により大きく2種類に分かれる。</p> <p>①ボンドタイプ：自由長テンドンをグラウトにより緊張・定着後に固定する。</p> <p>ボンドタイプは緊張材がグラウトで覆われ、固定されるためアンボンドタイプの場合のような防食上の問題はないが、再緊張・緊張緩和ができない。</p> <p>②アンボンドタイプ：自由長テンドンをシースで被覆し、シース内の空隙に自由長のPC鋼材を保護するグリース等の防食材を充填しておく。</p> <p>アンボンドタイプは、緊張力のモニタリングと再緊張・緊張緩和が可能な構造であるが、長期においてはグリース等の防食材が変質・漏出する。</p>    | <p><b>PSアンカーとプレストレストコンクリートの違い</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PSアンカーは、プレストレストコンクリート(以下、PC)に用いられるポストテンション方式プレストレスの原理を、構造物を地盤に固定する場合等に用いたものである。</li> <li>PSアンカーがPCと異なる点は、PCの場合はコンクリート部材の両端に定着具を用いて緊張材を緊張・定着するのにに対し、アンカーの場合は構造物側にはPCと同様に定着具による定着ができるものの、地盤側はグラウト等によるアンカー一体を造成して地盤と一体化させ、緊張材を構造物側で緊張・定着するという点である。また、</li> </ul>  <p>アンカーの方が複雑な応力条件下にある</p> <p>PC(プレストレストコンクリート)</p> <p>PSアンカー</p> <p>①定着部、②引張り部、③定着長(アンカー体)部</p>   |  |                     |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| <p><b>p.139 参考表 2.1 主要用語の比較</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>グラウンドアンカー設計・施工基準<sup>4)</sup></th> <th>建築地盤アンカー設計施工指針<sup>4)</sup></th> <th>米国・PTI技術報告<sup>1)</sup></th> <th>本マニュアルで採用した用語</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>テンドン</td> <td>引張材</td> <td>Tendon</td> <td>テンドン</td> </tr> <tr> <td>アンカー頭部</td> <td>緊張端</td> <td>Anchorage</td> <td>アンカー頭部</td> </tr> <tr> <td>アンカー体</td> <td>定着体</td> <td>Bond length</td> <td>定着長</td> </tr> <tr> <td>アンカー体長</td> <td>定着体長</td> <td>Bond length</td> <td>定着長</td> </tr> <tr> <td>アンカー自由長</td> <td>自由長部</td> <td>Free stressing length</td> <td>自由長</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>-</td> <td>Fully bond</td> <td>フルボンド</td> </tr> <tr> <td>設計アンカー力<math>T_d</math></td> <td>設計アンカー力<math>P_d</math></td> <td>Design load</td> <td>設計アンカー力<math>T_d</math></td> </tr> <tr> <td>テンドンの極限拘束力</td> <td>極限付着抵抗力</td> <td>Ultimate/Acceptable steel-grout bond</td> <td>極限付着抵抗力</td> </tr> <tr> <td>テンドンの許容拘束力</td> <td>許容付着抵抗力</td> <td>Ultimate/Acceptable steel-grout bond stress</td> <td>許容付着抵抗力</td> </tr> <tr> <td>極限付着応力度<math>\tau_{ub}</math></td> <td>極限付着応力度</td> <td>Ultimate/Acceptable steel-grout bond stress</td> <td>極限付着応力<math>\tau_{ub}</math></td> </tr> <tr> <td>許容付着応力度<math>\tau_{as}</math></td> <td>許容付着応力度<math>\tau_{as}</math></td> <td>Ultimate/Acceptable ground-grout bond</td> <td>許容付着応力<math>\tau_{as}</math></td> </tr> <tr> <td>アンカーの極限引抜き力</td> <td>極限引抜き抵抗力<math>T_{ug}</math></td> <td>Ultimate/Acceptable ground-grout bond</td> <td>極限引抜き抵抗力</td> </tr> <tr> <td>アンカーの許容引抜き力</td> <td>許容引抜き抵抗力</td> <td>Ultimate/Acceptable ground-grout bond stress</td> <td>許容引抜き抵抗力</td> </tr> <tr> <td>極限局面摩擦抵抗<math>t_u</math></td> <td>極限摩擦応力度<math>t_u</math></td> <td>Ultimate/Acceptable tendon load</td> <td>極限引抜き応力<math>t_u</math></td> </tr> <tr> <td>許容局面摩擦抵抗</td> <td>許容摩擦応力度</td> <td>Specified minimum tensile strength of prestressing steel</td> <td>許容引抜き応力<math>t_w</math></td> </tr> <tr> <td>テンドンの極限引張り力</td> <td>極限引張り力</td> <td>load</td> <td>テンドン極限引張り力<math>T_{us}</math></td> </tr> <tr> <td>テンドンの許容引張り力</td> <td>許容引張り力</td> <td>load</td> <td>テンドン許容引張り力<math>T_{ws}</math></td> </tr> <tr> <td>規格引張荷重<math>P_p</math></td> <td>規格引張荷重<math>T_{pu}</math></td> <td>Test load</td> <td>規格引張荷重<math>P_p</math></td> </tr> <tr> <td>初期緊張力<math>P_i</math></td> <td>初期緊張力<math>P_i</math></td> <td>Lock-off load</td> <td>初期緊張力</td> </tr> <tr> <td>定着時緊張力<math>P_l</math></td> <td>導入緊張力<math>P_l</math></td> <td>Effective load</td> <td>定着時緊張力</td> </tr> <tr> <td>残存引張り力<math>P_e</math></td> <td>有効緊張力<math>P_e</math></td> <td></td> <td>有効緊張力</td> </tr> <tr> <td>試験関係</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>確認試験</td> <td>1サイクル引張り試験</td> <td>Proof tests</td> <td>確認試験</td> </tr> <tr> <td>適性試験</td> <td>多サイクル引張り試験</td> <td>Performance test</td> <td>適性試験</td> </tr> <tr> <td>基本調査試験</td> <td>-</td> <td>Preproduction test</td> <td>基本調査試験</td> </tr> <tr> <td>長期試験</td> <td>長期引張り試験</td> <td>Creep test</td> <td>長期引張り試験</td> </tr> <tr> <td>水密性試験</td> <td>-</td> <td>Water pressure test</td> <td>水圧試験</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">6</p> |  |  |                     | グラウンドアンカー設計・施工基準 <sup>4)</sup> | 建築地盤アンカー設計施工指針 <sup>4)</sup> | 米国・PTI技術報告 <sup>1)</sup> | 本マニュアルで採用した用語 | テンドン | 引張材 | Tendon | テンドン | アンカー頭部 | 緊張端 | Anchorage | アンカー頭部 | アンカー体 | 定着体 | Bond length | 定着長 | アンカー体長 | 定着体長 | Bond length | 定着長 | アンカー自由長 | 自由長部 | Free stressing length | 自由長 | - | - | Fully bond | フルボンド | 設計アンカー力 $T_d$ | 設計アンカー力 $P_d$ | Design load | 設計アンカー力 $T_d$ | テンドンの極限拘束力 | 極限付着抵抗力 | Ultimate/Acceptable steel-grout bond | 極限付着抵抗力 | テンドンの許容拘束力 | 許容付着抵抗力 | Ultimate/Acceptable steel-grout bond stress | 許容付着抵抗力 | 極限付着応力度 $\tau_{ub}$ | 極限付着応力度 | Ultimate/Acceptable steel-grout bond stress | 極限付着応力 $\tau_{ub}$ | 許容付着応力度 $\tau_{as}$ | 許容付着応力度 $\tau_{as}$ | Ultimate/Acceptable ground-grout bond | 許容付着応力 $\tau_{as}$ | アンカーの極限引抜き力 | 極限引抜き抵抗力 $T_{ug}$ | Ultimate/Acceptable ground-grout bond | 極限引抜き抵抗力 | アンカーの許容引抜き力 | 許容引抜き抵抗力 | Ultimate/Acceptable ground-grout bond stress | 許容引抜き抵抗力 | 極限局面摩擦抵抗 $t_u$ | 極限摩擦応力度 $t_u$ | Ultimate/Acceptable tendon load | 極限引抜き応力 $t_u$ | 許容局面摩擦抵抗 | 許容摩擦応力度 | Specified minimum tensile strength of prestressing steel | 許容引抜き応力 $t_w$ | テンドンの極限引張り力 | 極限引張り力 | load | テンドン極限引張り力 $T_{us}$ | テンドンの許容引張り力 | 許容引張り力 | load | テンドン許容引張り力 $T_{ws}$ | 規格引張荷重 $P_p$ | 規格引張荷重 $T_{pu}$ | Test load | 規格引張荷重 $P_p$ | 初期緊張力 $P_i$ | 初期緊張力 $P_i$ | Lock-off load | 初期緊張力 | 定着時緊張力 $P_l$ | 導入緊張力 $P_l$ | Effective load | 定着時緊張力 | 残存引張り力 $P_e$ | 有効緊張力 $P_e$ |  | 有効緊張力 | 試験関係 |  |  |  | 確認試験 | 1サイクル引張り試験 | Proof tests | 確認試験 | 適性試験 | 多サイクル引張り試験 | Performance test | 適性試験 | 基本調査試験 | - | Preproduction test | 基本調査試験 | 長期試験 | 長期引張り試験 | Creep test | 長期引張り試験 | 水密性試験 | - | Water pressure test | 水圧試験 |
| グラウンドアンカー設計・施工基準 <sup>4)</sup>   | 建築地盤アンカー設計施工指針 <sup>4)</sup>   | 米国・PTI技術報告 <sup>1)</sup>                                 | 本マニュアルで採用した用語       |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| テンドン   | 引張材  | Tendon   | テンドン                |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| アンカー頭部   | 緊張端  | Anchorage  | アンカー頭部              |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| アンカー体  | 定着体  | Bond length  | 定着長                 |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| アンカー体長   | 定着体長   | Bond length  | 定着長                 |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| アンカー自由長  | 自由長部   | Free stressing length                                    | 自由長                 |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| -  | -  | Fully bond   | フルボンド               |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| 設計アンカー力 $T_d$  | 設計アンカー力 $P_d$  | Design load  | 設計アンカー力 $T_d$       |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| テンドンの極限拘束力   | 極限付着抵抗力  | Ultimate/Acceptable steel-grout bond                     | 極限付着抵抗力             |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| テンドンの許容拘束力   | 許容付着抵抗力  | Ultimate/Acceptable steel-grout bond stress              | 許容付着抵抗力             |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| 極限付着応力度 $\tau_{ub}$  | 極限付着応力度  | Ultimate/Acceptable steel-grout bond stress              | 極限付着応力 $\tau_{ub}$  |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| 許容付着応力度 $\tau_{as}$  | 許容付着応力度 $\tau_{as}$  | Ultimate/Acceptable ground-grout bond                    | 許容付着応力 $\tau_{as}$  |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| アンカーの極限引抜き力  | 極限引抜き抵抗力 $T_{ug}$  | Ultimate/Acceptable ground-grout bond                    | 極限引抜き抵抗力            |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| アンカーの許容引抜き力  | 許容引抜き抵抗力   | Ultimate/Acceptable ground-grout bond stress             | 許容引抜き抵抗力            |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| 極限局面摩擦抵抗 $t_u$   | 極限摩擦応力度 $t_u$  | Ultimate/Acceptable tendon load                          | 極限引抜き応力 $t_u$       |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| 許容局面摩擦抵抗   | 許容摩擦応力度  | Specified minimum tensile strength of prestressing steel | 許容引抜き応力 $t_w$       |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| テンドンの極限引張り力  | 極限引張り力   | load   | テンドン極限引張り力 $T_{us}$ |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| テンドンの許容引張り力  | 許容引張り力   | load   | テンドン許容引張り力 $T_{ws}$ |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| 規格引張荷重 $P_p$   | 規格引張荷重 $T_{pu}$  | Test load  | 規格引張荷重 $P_p$        |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| 初期緊張力 $P_i$  | 初期緊張力 $P_i$  | Lock-off load  | 初期緊張力               |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| 定着時緊張力 $P_l$   | 導入緊張力 $P_l$  | Effective load   | 定着時緊張力              |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| 残存引張り力 $P_e$   | 有効緊張力 $P_e$  |  | 有効緊張力               |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| 試験関係   |  |  |                     |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| 確認試験   | 1サイクル引張り試験   | Proof tests  | 確認試験                |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| 適性試験   | 多サイクル引張り試験   | Performance test   | 適性試験                |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| 基本調査試験   | -  | Preproduction test                                       | 基本調査試験              |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| 長期試験   | 長期引張り試験  | Creep test   | 長期引張り試験             |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |
| 水密性試験  | -  | Water pressure test                                      | 水圧試験                |                                |                              |                          |               |      |     |        |      |        |     |           |        |       |     |             |     |        |      |             |     |         |      |                       |     |   |   |            |       |               |               |             |               |            |         |                                      |         |            |         |   |         |                     |         |   |                    |                     |                     |                                       |                    |             |                   |                                       |          |             |          |  |          |                |               |                                 |               |          |         |  |               |             |        |      |                     |             |        |      |                     |              |                 |           |              |             |             |               |       |              |             |                |        |              |             |  |       |      |  |  |  |      |            |             |      |      |            |                  |      |        |   |                    |        |      |         |            |         |       |   |                     |      |



表-5 3章材料 抽出画面： PC鋼より線、定着具、位置固定具、パッカー、グラウト等

|   |   |
|---|---|
| <p style="text-align: right;">ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>3.1 一般 (P23)</h3> <p>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。</p> <p>【解説】<br/>ダム用PSアンカーに用いる材料は、JIS等の規格や所要の品質・性能を満足するものを使用する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・定着具(支圧板やアンカーヘッド等)：<br/>規格や指針に従い、その性能が評価されたもの</li> <li>・装着器材(セントライザー、スパーサー、パッカー等)：<br/>組立・挿入・緊張等の施工時にテンドンの防食を損なわず、テンドンを削孔内に適切に配置できるもの</li> <li>・グラウト：<br/>地盤へアンカー力を確実に伝達し、防食機能を長期間確保できる配合</li> <li>・シース：<br/>グラウンドアンカーと同様(国内指針類を参考)</li> </ul>  | <p style="text-align: right;">ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>3.3 PC鋼より線の防食 (P24)</h3> <p>PC鋼より線の防食は、表面を被覆し、各PC鋼線(素線)間の隙間部を充填した防食被覆の仕様とする。</p> <p>【解説】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・土木学会基準(JSCE E 141)に規定の<br/><b>内部充てん型エポキシ樹脂被覆PC鋼より線(ECFストランド)</b>、または同等品を使用するものとする</li> <li>・ECFストランドの力学的性質はJIS G 3536、高強度PC指針と同等である</li> </ul>  <p>図 1 内部充てん型エポキシ樹脂被覆 PC 鋼より線 (ECF ストランド) の断面</p>  |
| <h3>3.5 定着具</h3> <p>定着具は、PC鋼より線の規格引張荷重に対し安全な構造と強さを有し、構造部材を組み合わせた試験により性能を確認された製品を使用するものとする。</p> <p>【解説】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 支圧板に求められる性能             <ul style="list-style-type: none"> <li>・鋼繊維補強コンクリートを使用することにより軽量化を図る(鋼製の支圧板で重量が大きくなり、施工性が悪化する場合)</li> <li>・頭部背面のコンクリートの補強や支圧板を広げ圧縮応力を緩和する(コンクリートの強度が十分ではない場合)</li> </ul> </li> <li>2. アンカーヘッドに求められる性能<br/>アンボンドタイプ：ねじ式アンカーヘッドなど再緊張可能な構造が基本<br/>フルボンドタイプ：再緊張をしないので定着具もより簡単な構造</li> </ol>   | <p style="text-align: right;">ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>3.6 位置固定具 (P27)</h3> <p>セントライザー、スパーサー等の位置固定具は、テンドンの適切なグラウト被り厚と孔内配置が確保されるとともに、丈夫な構造と挿入時の円滑性を有するものとする。</p> <p>【解説】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. セントライザー、スパーサーの使用例</li> </ol>  <p>図 4 アンカー構造におけるセントライザーとスパーサーの設置例 (千本ダム)</p>   |
| <h3>3.7 パッカー (P29)</h3> <p>パッカーは、定着長のグラウトの加圧 注入時にグラウト止めが確実に為されるとともに、挿入時の円滑性を有するものとする。</p> <p>【解説】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ゴムパッカー             <ul style="list-style-type: none"> <li>&lt;特長&gt; 高圧に耐える、注入管が細いので孔内断面配置が容易、頑丈</li> <li>&lt;留意点&gt;                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・適用径が大きい場合、汎用品が使用できない可能性あり</li> <li>・重量物のための孔の傾角が水平に近い場合、挿入時の干渉に注意が必要</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>・布パッカー             <ul style="list-style-type: none"> <li>&lt;特長&gt;：軽い、安い、高強度繊維を使えば高圧にも耐え頑丈、挿入が円滑</li> <li>&lt;留意点&gt;：外径の大きい場合、汎用品が使用できない可能性あり</li> </ul> </li> </ul>  | <p style="text-align: right;">ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>3.8.1 グラウトの要求性能 (P30)</h3> <p>グラウトは、アンカー力の確実な伝達とテンドンの防食のために必要な強度および水密性を有し、かつ確実に充填できる流動性と非分離性を有するものとする。</p> <p>【解説】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・強度とは硬化後の付着強度であり、付着強度の設定はグラウトの圧縮強度に基づいて設定する             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 施工性の観点から<b>早期に低い圧縮強度を確保</b>することが望ましい</li> <li>- アンカー力伝達の上で<b>グラウトにひび割れが少ない</b>ことが重要である</li> </ul> </li> <li>・定着長やボンド自由長は、アンボンドと比べてグラウトの健全性が防食上必須となるので、<b>水密性を厳しく確保</b>する必要がある。</li> <li>・注入時においては、グラウトによる充填を確実にを行うために、<b>高い流動性と非分離性</b>を有する必要がある。</li> </ul> |
| <p style="text-align: right;">ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>3.8.4 グラウトに関する事前試験 (P32)</h3> <p>グラウトに関する事前試験は、事前配合試験、実物大注入試験、圧送試験等を必要に応じて行うものとする。</p>   | <p style="text-align: right;">ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>3.8.4 グラウトに関する事前試験 (P33)</h3> <p>グラウトに関する事前試験は、事前配合試験、実物大注入試験、圧送試験等を必要に応じて行うものとする。</p> <p>【解説】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. 実物大の模型注入試験<br/>目的：グラウトのひび割れや充填状況の確認</li> </ol> <p>ひび割れは、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・定着性を損ねる(定着長では特に重要)</li> <li>・水の侵入につながる(防食上の問題)</li> </ul> <p>の理由で極力少なくすべきである。</p>   |



表-6 4章防食 抽出画面： テンドンの防食仕様、フルボンド、防水、遅れ破壊等

|  |  |
|--|--|
| <h3>4.1一般(P36)</h3> <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <p>【解説】</p> <p>長期供用期間への対応 → 耐久性と防食に優れた材料<br/>水質や水位などの環境条件への配慮</p> <p>設計耐用年数100年：「内部充填型エポキシ樹脂被覆」が有効</p> <p>アンカーの防食対策ポイント</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 防食仕様（2重防食、エポキシ樹脂被覆、フルボンド等）</li> <li>② テンドンの設置位置とグラウト品質</li> <li>③ アンカー頭部の防食対策</li> <li>④ 遅れ破壊への対応</li> </ol>   | <h3>4.2テンドンの防食仕様</h3> <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <p>テンドンの防食仕様は、材料の防食性能、腐食環境等を考慮した上で、耐久性に優れた供用期間中に防食性能が確実に保持されるものとする。</p> <p>アンボンド bタイプ、2重防食 フルボンド dタイプ、2重防食</p> <p>自由長<br/>グラウトシーす (ポリスチレン被覆) 充填材 (ウリスなど) エポキシ樹脂被覆 PC鋼より線</p> <p>防食被覆テンドン+防食材 充填シーす (水圧試験によってグラウト品質が確認されれば3重防食となる)</p> <p>定着長<br/>グラウト エポキシ樹脂被覆 PC鋼より線</p> <p>防食被覆テンドン+水圧試験・グラウト (dタイプ)</p> <p>自由長および定着長<br/>グラウト エポキシ樹脂被覆 PC鋼より線</p> <p>防食被覆テンドン+水圧試験・グラウト</p>  |
| <h3>4.3 テンドンの適切な設置と高品質なグラウト注入(P38)</h3> <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <p>テンドンの防食性能と荷重伝達性能を保持するために、テンドンを孔内の適切な位置に設置するとともに品質の高いグラウト注入を行うものとする</p> <p>【解説】 テンドン:孔内の適切な設置位置、直線状グラウト:強度、ブリーディング、確実な充填 → 防食機能の保持と緊張力の確実な伝達</p> <p>1.不適切なテンドン設置および注入の例</p> <p>テンドン グラウト 固定具</p> <p>テーパー部による付着抵抗減 ねじれの発生によるひび割れ発生 張り不足によるひび割れ発生</p> <p>付着長の不足 テンドンのねじれ テンドンのたるみ</p> <p>残留水の混入による空洞発生 ブリーディングによる空洞発生 残留空気による空洞発生</p> <p>残留水の混入 ブリーディング 残留空気の混入</p>   | <h3>4.4 アンカー頭部の防水防食と表面被覆保護(P39)</h3> <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <p>アンカー頭部は、外部環境の影響、定着具の構造、テンドンの防食仕様、台座の構造等を考慮した上で、適切な防水防食仕様と表面被覆処理を採用するものとする。</p> <p>【解説】 緊張力保持を担う片端部 腐食の進みやすい環境（特に頭部背面） → テンドン同様に防水防食が重要</p> <p>防食用キャップ 防食材 アンカーヘッド* コンクリート埋設</p> <p>バックリン トランペット管 シース グラウト</p> <p>コンクリート埋設 (フルボンド)</p> <p>※亜鉛メッキは施さない</p> <p>キャップ被覆 (アンボンド)</p>  |
| <h3>4.5 遅れ破壊への対応(P40)</h3> <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <p>遅れ破壊への対応として、運搬、施工時に被覆が損傷しないように取扱いに注意するとともに、被覆の損傷時は補修、交換等の適切な対策を行うものとする。</p> <p>【解説】 遅れ破壊とは、引張応力下におけるPC鋼より線の脆性破壊</p> <p>（発生要因） 材料（感受性） 応力 水素（環境）</p> <p>化学成分 強度レベル 表面疵 付加応力 局所的な応力（応力集中）</p> <p>（発生メカニズム） 腐食因子による鋼材の応力腐食割れ 鋼材表面の水素吸蔵による脆化</p> <p>複合的に作用</p> <p>防食被覆PC鋼より線 → 遅れ破壊のリスク小</p>  | <h3>岩盤PSアンカーの概要</h3> <p>岩盤PSアンカーは、基礎岩盤のゆるみ防止と岩盤内の締め上げの機能を有しており、深い基礎より大きな荷重を伝達するために、長尺・大容量・大口径等を特徴とし、掘削、地中壁等の他の対策工とともに使用される場合が多い。ダム基礎の状況によって安定性確保の方法が異なるが、基本設計では岩盤内の締め上げを想定した設計が主である。</p> <p>岩盤PSアンカーは、巨大なアーチダムの基礎の安定化のために約60年前に高117mの川原ダムで開発された。以降、岩盤PSアンカーは、コンクリートダム堤体周辺法面の岩盤補強工法として、茨川ダム、真名川ダム、川島ダム、温井ダム、奥三田ダム等アーチダムで実施され、アーチダム以外では、宇津月ダム等で堤体周辺の基礎岩盤を安定化に実施された。その他、グラウトアンカーとして設計施工されている岩盤PSアンカーも多数ある。川原ダムでは写真に示すように、大規模なアンカー更新工事が2017年から開始された。</p> <p>千本ダムの事例<br/>2019・20年に国内初の<br/>岩盤PSアンカーを施工</p> <p>千本ダムは<br/>2021年5月に<br/>土木学会とダム<br/>工学会の<br/>技術賞を受賞</p> <p>川原ダム直下流の岩盤PSアンカーの施工状況<br/>(2020年5月)<br/>(左：左岸堤体上へ設置した容量2,552kNアンカーの頭部処理状況(支柱板とキャップ)、右：左岸と右岸の両方設置状況、息継ぎための仮設が大掛かりとなった)</p> |
| <h3>堤体PSアンカーの概要</h3> <p>堤体PSアンカーは、鉛直方向への岩盤定着によって堤体を固定する補強工法である。ダムの持つ巨大性や重要性を反映して、大荷重・長尺・高度施工管理、長期耐久性等が求められる。</p> <p>以下は具体的用途である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・堤体補強(事前対策または事後復旧)：地震による荷重増や大洪水時の貯水水位に対する堤体の固定(堤体と岩盤の締付けによる転倒・滑動の防止、引張応力発生箇所の締付け)</li> <li>・地盤補強：堤体に近接する基礎岩盤の補強(弱層を含む締付けによる岩盤の一体化)</li> <li>・嵩上げ：嵩上げ部堤体のPSアンカー緊結による堤体の貯水容量増</li> <li>・局部手当：開いた水平打継目を鉛直に締付けすることによる止水</li> <li>・採用事例：藤原ダム副ダムが原型。現代補強工法としては、海外では1990年代以降に急速に普及</li> <li>・国内最初の堤体PSアンカーは千本ダム。</li> </ul> | <p>28</p>  |



表-7 5章設計1 抽出画面： 設計フロー、配置設計、安定検討、設計アンカー力、解析、緊張力等

4.1 1 調査から管理までのフロー

①調査：調査に基づく設計諸数値の設定

②基本設計：安定上の不足量の把握、アンカー配置計画、安定計算と応力照査による設計アンカー力の決定

③詳細設計：PC鋼材本数、定着長・自由長・頭部等の構造、アンカー断面設計、定着時緊張力設定

④概略施工計画：標準的な施工計画、概略工期・工費

⑤施工計画：仮設計、詳細な施工計画、品質管理、工程管理・工費、緊張力管理、荷重試験

⑥管理：緊張力の確認、劣化の予測、安全性の確認

図 5.1 調査から管理までのフローにおける設計との関わり

2 耐久性確保 長寿命、更新可能な軸力等の計測機器を適切に配置（設計上の要件）

3 合理的な設計 他の工法と組合せが容易である特徴を生かした設計

4.2 基本設計から詳細設計、概略施工計画までのフロー

事前調査、基本調査試験 (5.2)

アンカー配置計画 (5.4) 平面位置、傾角、間隔、容量、長さなど

アンカー配置後の安定計算 (5.5) 配置した各アンカーの必要アンカー力の算定

アンカー配置と設計アンカー力の決定 (5.5.3) 最大値に対して

アンカー対象物における応力照査 (5.6) 問題があれば再設定

許容引張り力と定着時緊張力の設定 (5.7)

定着長の設計 (5.8)、自由長の設計 (5.9)

アンカー頭部の設計 (5.10)、アンカー断面の設計 (5.11)

アンカー周辺または島部における応力照査 (5.6.2) 問題があれば再設定

概略施工計画 設計の終了

※ フロー中の (%) は 参照する部を示す。

4.6 5.4 配置計画

配置計画は、基礎岩盤の地質、アンカー対象物の強度・形状、既設建築物の位置等を考慮して、アンカー平面配置、傾角、設置間隔、定着長位置等を設定するものとする

【解説】

アンカー配置：アンカーの平面配置（頭部の位置）、傾角（削孔角度）、設置間隔、定着長位置等

- 1 堤体PS アンカーの位置と傾角  
位置：アンカーが止水ラインを貫通しないように注意する  
傾角：施工性は鉛直方向が最も良いため、一般に鉛直方向の傾角
- 2 岩盤PS アンカー位置と傾角  
傾角：滑動面に対して高角度的の方が内部摩擦角の大きさを活かせるので有利
- 3 PS アンカーの設置間隔  
「定着長の孔内中心位置で孔径の4倍以上かつ1.2 m 以上を確保する」ことが望ましい
- 4 定着長の深さ位置  
定着長の深さ位置：十分な強度を有する堅硬な岩盤に配置。周辺に大きな層層や高透水ゾーンのある場合は、できるだけ避ける

5.5 堤体PSアンカー案と腹付け案との比較

概略レベルでの比較を行った結果、経済性等の以下項目で有利な堤体PSアンカー案を補強工法として選定した。

1. 運用：堤体PSアンカー案は、貯水水位を下げないで施工できるため、貯水池運用(用水供給、洪水調節等)をあまり支障なく施工できる。
2. 経済性：堤体PSアンカー案に対して、上流面腹付け案は約2.5倍以上のコスト高となる。後者がコスト高となるのは、貯水池を運用しながらの施工となるため、大規模な仮締切が必要となるためである。
3. 工期：堤体PSアンカー案が約16ヶ月に対して、上流面腹付け案が約36ヶ月と4倍長い。後者の工期が長いのは、左岸と右岸を交互に締め切って施工するために大規模な仮締切が必要となるためである。
4. 既設堤体への影響：堤体PSアンカー案は、天端からの削孔だけである。既設堤体への影響は小さい。上流面腹付け案は、既設堤体上流面に0.5m程度を研るため、既設堤体に対する影響も大きい。
5. 止水性：堤体PSアンカー案は、既設堤体を締め上げるため水平打継目が開閉。孔内グラウトを行うことで水みちを塞ぐ効果もある。
6. 施工安全性：堤体PSアンカー案は、仮締切の必要がなく、比較的短期間で施工完了することが可能であるため、施工安全性が高い。
7. 維持管理：耐用年数は百年とほぼ同等である。ただし、堤体PSアンカー案は緊張力を監視する必要がある。

図 5.2 堤体PSアンカー

4.50 5.5.3 設計アンカー力の設定

設計アンカー力は、地震時、異常水位時等を含む必要アンカー力の最大値としてアンカー毎に設定するものとする

【解説】

設計アンカー力：供用期間に予想される地震時や異常水位時（設計洪水水位、最大地下水位、最低水位等）における必要アンカー力の最大値であり、起こり得る構造物の不安定化（転倒、滑動等）に対抗するように設定

堤体PS アンカー：設計アンカー力は、断面変化点およびブロックごとに設定することが基本であり、基本的に2次元モデルによる安定計算によって算定された単位幅当りの必要アンカー力の最大値に設置間隔を乗じて算定

岩盤PS アンカー：設計アンカー力は、滑動面を推定した2次元または3次元のモデルによる安定計算によって求められた合計必要アンカー力の最大値に対して、適切な設置間隔を考慮してアンカーを配置することで設定

5.6 アンカー設置後堤体の安定検討

越流部

設計洪水水位時

サーチャージ水位時

常時満水位時

非越流部 取水塔部

設計洪水水位時

サーチャージ水位時

常時満水位時

5.7 応力解析による発生応力の確認

FEM解析によりアンカー緊張力の有無により、常時及び地震時にダム底面に発生する垂直応力分布の比較を行った。

●地震時のダム上流端の垂直応力は、無対策時には0.15N/mm<sup>2</sup>の引張応力が発生しているが、アンカー設置により引張応力は発生しなくなり、ダム底面は全て圧縮となった。

●アンカー設置時のダム上流端の最大主応力1.03N/mm<sup>2</sup>の引張応力が発生しているが、最大引張応力方向はほぼ水平となっていることから、垂直応力は圧縮となった。

(a) 無対策時

(b) アンカー設置時

4.55 5.7 許容引張り力と定着時緊張力の設定

5.7.1 PC鋼より線の許容引張り力と必要本数の決定

PC鋼より線の本数は、設計アンカー力をPC鋼より線の許容引張り力で除することで求めるものとする

【解説】

PC鋼より線の許容引張り力Pa（以下、Pa）は、荷重状態別の低減率（安全率の逆数）を規格引張荷重（Pu）に乘じた値

1 PC鋼より線の許容引張り力

| 荷重状態別のPC鋼より線許容引張り力Pa（Pa、規格引張荷重） |                         |
|---------------------------------|-------------------------|
| 許容引張り力Pa                        | 規格引張荷重（Pu）× 低減率（安全率の逆数） |
| ① 初期（設計時）                       | 0.95 Pu 以下              |
| ② 定着時（定着完了直後）                   | 0.70 Pu 以下              |
| ③ 長期（使用期間の最長）                   | 0.60 Pu 以下              |
| ④ 短期（地震時、異常水位時等）                | 0.60 Pu 以下              |
| ⑤ レバ2 地震時                       | 0.55 Pu 以下              |

- ① セットロス等を見込み、かつ試験時許容荷重を超えないように設定
- ② 強度安全上から0.70 Pu（5.7.2 節1 参照）
- ③ 長期ロス分をPuの10%と見込み、その分を定着時から減じた0.60 Puを標準 ※長期ロスが少ない：Paを上げて経済性を増す。将来の荷重増が大きい：Paを下げて安全性を増す等が考えられるが、十分な検討が必要
- ④ 短期荷重時の検討は基本的に必要ない。（設計アンカー力に短期荷重を含むため）
- ⑤ レベル2地震動時にPC鋼より線に発生する応力は降伏強度以下が望ましい。



表-8 5章設計2 抽出画面：詳細設計、定着長、自由長、台座・擁壁、断面設計、緊張方法等

|   |  |
|---|--|
| <p style="text-align: right;">ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>5.8 定着長の設計 <span style="float: right;">26</span></h3> <h4>5.8.1 定着長設計の基本</h4> <p>定着長は、テンドンとグラウト間、グラウトと岩盤またはコンクリート間において、設計アンカー力に対する十分な強度を有するものとする</p> <p>【解説】</p> <p>2 定着長決定の手順</p> <p>①～④の破壊形態に対する各許容値が設計アンカー力以上となるようにテンドンにおけるPC 鋼より線の本数 (5.7 節参照) と定着長が決定される</p> <p>① 「設計アンカー力/PC 鋼より線1本当りの最小許容値」から、PC 鋼より線の本数を算定 (5.7.1 節参照)</p> <p>② 「設計アンカー力/テンドンとグラウト間の許容付着抵抗力/安全率」から、必要な定着長を算定 (5.8.2 節参照)</p> <p>③ 「設計アンカー力/岩盤とグラウト間の許容引抜き抵抗力」から、必要な定着長を算定 (5.8.3 節参照)</p> <p>④ 定着長は、②と③の「テンドン・グラウト間、グラウト・岩盤間」の各必要定着長の長い方の値。削孔径もこの時にほぼ確定。</p>  | <p style="text-align: right;">ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>5.8.2 テンドンとグラウトの境界における必要定着長の算定 <span style="float: right;">28</span></h3> <p>テンドンとグラウトの境界における必要定着長は、設計アンカー力をテンドン周長と許容付着応力で除することによって求めるものとする</p> <p>【解説】</p> <p>定着長の算定式、極限付着応力、安全率と許容値との関係、基本設計段階で試験が実施できない場合の対応等について</p> <p>1 必要定着長の算定</p> <p>許容付着応力から算定される必要長 <math>L_n</math> は以下の式で算定する。</p> $L_n = T_d / U \cdot \tau_{ub}$ <p>ここで、</p> <p><math>L_n</math> : テンドンとグラウトの境界における必要定着長 (m)</p> <p><math>T_d</math> : 設計アンカー力 (MN)</p> <p><math>U</math> : テンドンの周長(m) 後述5で記す見かけ周長を用いてもよい</p> <p><math>\tau_{ub}</math> : 許容付着応力 (MN/m<sup>2</sup>) 極限付着応力 <math>\tau_{ub}</math> を安全率で除した値</p> |
| <p>p.60 <span style="float: right;">ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</span></p> <h3>5.8.3 岩盤とグラウトの境界における必要定着長の算定 <span style="float: right;">32</span></h3> <p>岩盤とグラウトとの境界における必要定着長は、設計アンカー力を削孔周長と許容引抜き応力で除することによって求めるものとする</p> <p>【解説】</p> <p>定着長の算定式、極限引抜き応力、安全率と許容値との関係、試験が実施できない場合の対応等について。</p> <p>1 必要定着長の算定</p> <p>許容引抜き応力から算定される必要長 <math>L_n</math> は以下の式で算定する。なお、定着長の一部に弱層等が存在する場合は、弱層厚を追加した定着長とすべきである。</p> $L_n = T_d / \pi \cdot d \cdot \tau_w$ <p>ここで、</p> <p><math>L_n</math> : グラウトと岩盤の境界における必要定着長 (m)</p> <p><math>T_d</math> : 設計アンカー力 (MN)</p> <p><math>d</math> : 削孔径 (m) 定着長の直径</p> <p><math>\tau_w</math> : 許容引抜き応力 (MN/m<sup>2</sup>) 極限引抜き応力 <math>\tau_w</math> を安全率で除した値</p>  | <p style="text-align: right;">ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>5.9 自由長の設計 <span style="float: right;">36</span></h3> <h4>5.9.1 自由長の機能</h4> <p>ダム用PSアンカーの自由長は、アンカー頭部からテンドンに導入された緊張力を定着長へ確実に伝達する機能を長期間にわたって保持するものとする</p> <p>【解説】</p>  <p style="text-align: center;">図 5.15 自由長のボンドタイプ</p>   |
| <p>p.65 <span style="float: right;">ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</span></p> <h3>5.10 アンカー頭部の設計 <span style="float: right;">39</span></h3> <h4>5.10.1 アンカー頭部設計の基本</h4> <p>アンカー頭部は、定着具、台座等から構成され、荷重伝達、緊張保持、防水防食等の性能を満たすものとする</p> <p>【解説】</p> <p>アンカー頭部の構成：定着具（支圧板、アンカーヘッド、トランペット管）、台座等</p> <p>アンカー頭部の特性：応力が集中、防食上の問題が生じやすい重要箇所</p> <p>アンカー頭部の設計上の留意点</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 定着具、台座等の器材は十分な強度を有すること（設計法は5.10.2 節に詳述）</li> <li>② 頭部の各器材を防食材と防水処理によって外部環境（雨水等）から保護すること</li> <li>③ 頭部背面は、地下水遮断、防食材、内部充填材によってテンドンを保護すること</li> <li>④ アンカーヘッドにテンドンを導くためにPC 鋼より線の間隔を広げること</li> <li>⑤ 地下水が高い場合は、定着具と自由長を含めての地下水遮断を徹底すること（頭部背面に浸透してきた地下水が貯まっている場合がある）</li> <li>⑥ 頭部背面へのグラウト注入完了が十分に確認できる構造にしておくこと（グラウトのブリーディングによって頭部背面に空隙が生じやすい）</li> <li>⑦ 完成後の点検によるアンカー頭部の済み状況の観察方法、防食材、グラウト等の追加注入方法を考慮すること</li> </ol> | <p style="text-align: right;">ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>5.10.3 台座および擁壁 <span style="float: right;">42</span></h3> <p>台座および擁壁は、アンカー頭部の緊張力を確実に受け止めるために、作用荷重に対して十分な強度と耐久性を有するものとする</p> <p>【解説】</p> <p>グラウンドアンカー：台座（受圧板）は、PS アンカーのアンカー力を緊張端側で支圧板とともに受け止めて地山に広く伝えるために、大半の場合に設置される</p> <p>ダム用PS アンカー：アンカー対象物の表層がコンクリート堤体やコンクリート擁壁のように十分な厚みと強度を有している場合は、支圧板とアンカーヘッドをアンカー対象物に直接設置してテンドンを緊張してもよい</p> <p>アンカー頭部の表層が岩盤の場合は、堅硬であっても支圧板設置面を一樣かつ平滑に仕上げるのが難しいので、台座コンクリートを設置することが標準となる</p>   |
| <p style="text-align: right;">ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>5.11.2 テンドンの断面構成 <span style="float: right;">48</span></h3> <p>テンドンの断面構成は、PC鋼より線、装着器材、ケーシング等の適切な配置によって決定するものとする</p> <p>【解説】</p> <p>ケーシングやシースの使用の有無、挿入・注入の作業性、セントラライザーのタイプ等を考慮した上で、PC 鋼より線、注入ホース等の収容が可能な適切なテンドンの断面構成を決定する</p>  <p style="text-align: center;">図 5.20 テンドン断面構成の検討<br/>(削孔径 216mm、PC 鋼より線 15 本、フルボンド型、布ハッカー使用の場合)</p>   | <p style="text-align: right;">ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>5.12 緊張方法 <span style="float: right;">55</span></h3> <p>アンカー対象物の特性や緊張力の大きさを考慮して、必要に応じて荷重均衝性や応力伝達性を高めた緊張方法を採用するものとする</p> <p>【解説】</p> <p>緊張力の偏りの回避、既設アンカーとの均衡、頭部への応力集中の低減、中間部へのPS（プレストレス）導入等の必要がある場合、適切な緊張方法を採用する</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 緊張力の偏りの回避（荷重点の分散）</li> <li>2 既設アンカー緊張力での均し（2段階の緊張）</li> <li>3 アンカー頭部への荷重集中の低減（頭部障害法、フルボンドタイプの場合）</li> <li>4 アンカー長中間でのPSの導入（中間障害法、フルボンドタイプの場合）</li> </ol>  |



表-9 6章施工1 抽出画面： 施工計画、準備工、削孔方式、削孔機、削孔工、施工管理等

| <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>6.1 一般(P71)</h3> <p>ダム用PSアンカーにおいては、長期品質の保持、工期・工費の妥当性、作業の安全性等に留意して施工するものとする。</p> <p>【解説】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>施工フロー             <ol style="list-style-type: none"> <li>① 施工計画(概略施工計画の適宜見直し)</li> <li>② 準備工</li> <li>③ 削孔機の移動・設置、テンドンの搬入・組立・保管</li> <li>④ 削孔(施工サイクルにおける重要工種)</li> <li>⑤ 水圧試験および必要に応じて事前注入</li> <li>⑥ テンドン挿入、グラウト注入</li> <li>⑦ 定着、緊張、頭部処理</li> <li>⑧ 仕上げ工、計測工、点検施設工、維持管理</li> </ol> </li> <li>長期供用期間への対応             <ul style="list-style-type: none"> <li>・PC鋼より線などの材料の取り扱いや保管への配慮</li> <li>・各施工ステップにおける確実な施工管理(テンドン設置、グラウト注入、緊張、頭部処理、仕上げ)</li> </ul> </li> </ol> | <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>6.2 施工計画(P73)</h3> <p>4 工程計画と施工サイクル</p>  |          |     |             |      |             |      |        |  |     |     |     |     |     |      |     |      |        |  |          |  |             |  |             |  |
|---|---|----------|-----|-------------|------|-------------|------|--------|--|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|--------|--|----------|--|-------------|--|-------------|--|
| <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>6.4 準備工(P75)</h3> <p>準備工は、現場条件を踏まえた上で、施工の進捗や品質の良否に影響を及ぼさないように行うものとする。</p> <p>【解説】 測量、テンドン組立・プラントヤードの整備、作業足場の設置、クレーンの配置、スライム処理設備の配置</p>   | <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>6.6.2 削孔方式および削孔機の選定(P80)</h3> <p>1. 削孔方式</p> <p>ダウンザホールハンマ式</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">DTH吹圧式</th> <th colspan="2">DTHエアード式</th> <th colspan="2">トップハンマー式</th> <th colspan="2">ロータリー式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>単管式</td> <td>双管式</td> <td>単管式</td> <td>双管式</td> <td>単管式</td> <td>二重管式</td> <td>単管式</td> <td>二重管式</td> </tr> <tr> <td colspan="2">削孔水で排出</td> <td colspan="2">エアリフトで排出</td> <td colspan="2">削孔水またはエアで排出</td> <td colspan="2">削孔水またはエアで排出</td> </tr> </tbody> </table> | DTH吹圧式   |     | DTHエアード式    |      | トップハンマー式    |      | ロータリー式 |  | 単管式 | 双管式 | 単管式 | 双管式 | 単管式 | 二重管式 | 単管式 | 二重管式 | 削孔水で排出 |  | エアリフトで排出 |  | 削孔水またはエアで排出 |  | 削孔水またはエアで排出 |  |
| DTH吹圧式  |   | DTHエアード式 |     | トップハンマー式    |      | ロータリー式      |      |        |  |     |     |     |     |     |      |     |      |        |  |          |  |             |  |             |  |
| 単管式   | 双管式   | 単管式      | 双管式 | 単管式         | 二重管式 | 単管式         | 二重管式 |        |  |     |     |     |     |     |      |     |      |        |  |          |  |             |  |             |  |
| 削孔水で排出  |   | エアリフトで排出 |     | 削孔水またはエアで排出 |      | 削孔水またはエアで排出 |      |        |  |     |     |     |     |     |      |     |      |        |  |          |  |             |  |             |  |
| <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>6.6.2 削孔方式および削孔機の選定(P81)</h3> <p>2. 削孔機</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 種類             <ol style="list-style-type: none"> <li>ロータリーボーカッションドリル (RPD)                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・ロット等を回転、推進力、打撃を作用できる機能</li> </ul> </li> <li>ロングフィードタイプロータリーボーリングマシン (LRBM)                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・ロット等を回転、推進力を作用できる機能、DTHが使える</li> </ul> </li> </ol> </li> </ol>   | <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>6.6.3 削孔工(P84)</h3> <p>1. 削孔機の据付</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・削孔機の据付は、削孔精度を確保するために非常に重要である。</li> <li>・削孔中に削孔機が振動等で動いてしまうと、孔曲がりの原因となる。</li> <li>・削孔機の据付方法としては、デジタル水準傾斜計でケーシングやロットのXYZ三方向計測を実施し、削孔角度が正確に保持できているかを確認する。</li> </ul>   |          |     |             |      |             |      |        |  |     |     |     |     |     |      |     |      |        |  |          |  |             |  |             |  |
| <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>6.6.3 削孔工(P85)</h3> <p>2. 削孔</p> <p>施工箇所近傍の調査ボーリングデータと管理項目の値を照らし合わせることで、削孔時の管理項目の値から地盤状況を推定することもできる。そのような専用の地盤検層システムも開発されているので使用を検討する(図 6.13)。</p>   | <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>6.6.4 削孔時の施工管理(P87)</h3> <p>3. 削孔精度の確認</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・削孔完了後、設計図書に示された位置、削孔径、削孔長、削孔精度(孔曲がり)、方向等の仕様を満足して、直線性が保たれているか確認する必要がある。</li> <li>・孔曲がりの確認は、ジャイロセンサー等の計測器を用いて確認する。</li> </ul>   |          |     |             |      |             |      |        |  |     |     |     |     |     |      |     |      |        |  |          |  |             |  |             |  |



表-10 6章施工2 抽出画面：水圧試験、テンドン組み立て・挿入、注入、アンカー力導入、記録等




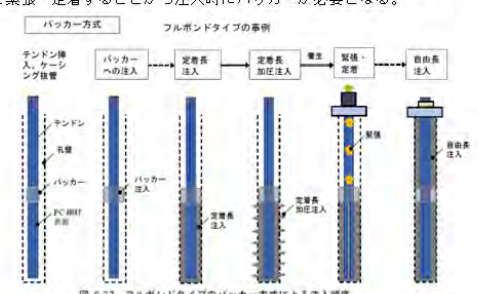

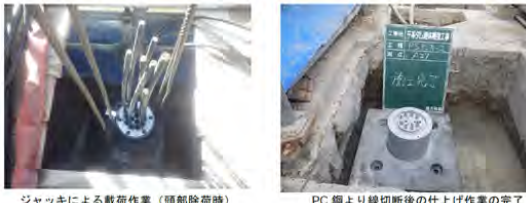
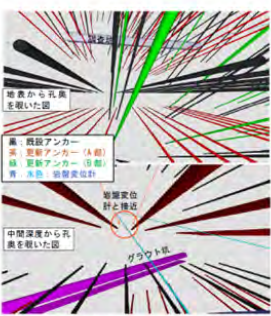
|  |   |
|--|---|
| <p>P.89 ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>6.7 水圧試験(P89)</h3> <p>33</p> <p>水圧試験は、グラウトの充填性に大きな影響を与える逸水性の確認のために、全ての孔で実施することを基本とする。</p> <p>【解説】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 削孔後に削孔ドリルやケーシングを引き上げて、静水時の孔内水位を把握する。</li> <li>② 水圧試験に必要な機材（送水ポンプ、圧力流量計、バッカー/キャップ）を配置</li> <li>③ 僅かに加圧して注入圧力を「押込み圧+0.5~0.1 MPa」以下に抑えて送水</li> <li>④ 試験は10分間行い、注水量を計測する（計測漏水量として定義）</li> <li>⑤ 昇圧・降圧や計測の細部は、水密性試験④に準じて行う</li> </ol>  <p>図 6.20 水圧試験模式図（全長での試験）</p>  <p>図 6.21 水圧試験（加圧注入による送水中）</p> <p>※注入圧力は孔内中央での静水圧で、静水圧、圧力、孔内水位を考慮しなくてはならない。孔内水位は位置、貯水、降雨、送水機本体の影響を受けやすいことに留意する必要がある。</p> | <p>P.91 ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>6.8 事前注入(P91)</h3> <p>38</p> <h4>2. 事前注入の施工順序</h4> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 水圧試験において管理値以上の地盤への逸水量が計測された場合は、事前注入を行う。</li> <li>② 事前注入後（強度が十分でないうち）に再削孔を行い、再度水圧試験を実施する。</li> <li>③ 地盤への逸水量が管理値を超えない場合は、次の作業であるテンドン挿入を行う。</li> <li>④ 地盤への逸水量が管理値以上である場合は、上記の①と②を繰り返す。事前注入を繰り返すことで、地盤への逸水は少なくなる。</li> </ol> <p>事前注入の配合は、水圧試験の結果、孔壁破壊の程度を踏まえて決定する。W/Oの小さい富配合のグラウトは、強度が大きくなり再削孔に悪影響を及ぼすため適切ではない。また、削孔長（深度）が長い場合はセメント分の沈降により孔底付近のグラウトの強度が大きくなるため注意を要する。事前注入に用いる材料としては、主にセメントミルクが用いられ、配合例としては、W/Oが70から100%のものが使用されている。</p>  <p>図 6.22 事前注入状況（セメントミルク使用）</p> |
| <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>6.9 テンドンの組立(P91)</h3> <p>39</p> <p>テンドン組立は、定められた器具や手順で行い、組立時にはPC鋼より線の損傷、組み立てたテンドンのねじれや曲がりがない事を確認するものとする。</p> <p>【解説】</p> <h4>1. テンドンの組立における留意点</h4> <p>直線性の維持</p> <p>曲がりや捻じれがあると<br/>プレストレス導入時にPC鋼より線の損傷や<br/>定着長におけるグラウトの破壊の可能性</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① テンドンに曲がりがないこと</li> <li>② PC鋼より線が捻じれていないこと</li> </ol>  <p>緊張時の真っすぐな方向に作用する力がグラウトに作用</p> <p>緊張時のねじれがほどける方向にトルクがグラウトに作用</p> <p>テンドン加工台適用により、直線性を確保</p>   | <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>6.10 テンドンの挿入(P94)</h3> <p>42</p> <p>テンドンの挿入は、ねじれやたわみを抑えて直線状に行う。異常時は直ちに挿入を中断するとともに、損傷時はテンドンの補修や交換を行う。</p> <p>【解説】</p> <h4>テンドン挿入時の留意点(テンドンの損傷防止)</h4> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 専用の吊り用具を用いる。</li> <li>② 挿入速度を制御する。</li> <li>③ 挿入の時のケーシング上端にラップ状等の防具を設置する。</li> <li>④ 挿入中にねじれが生じにくい挿入方法・アンカー構造を選択する。</li> <li>⑤ 余裕りを考慮してテンドンを配置する。</li> </ol> <p>※防食被覆の削れや潰れ、ピンホールテスターに反応する場合、被覆を補修。鋼材が露出する場合は当該PC鋼材を交換することが望ましい。</p>  <p>テンドンの吊上げ、挿入の状況(川俣ダム)</p>   |
| <p>P.98 ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>6.12 注入(P98)</h3> <p>48</p> <h4>3. 注入方法</h4> <p>グラウトの孔内への注入は、注入ホースの使用を基本とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・注入方法（順序）は、フルボンドタイプ、バッカータイプにより異なる。</li> <li>・フルボンドタイプでは、定着長にのみグラウトを注入し、硬化後にテンドンを緊張・定着することから注入時にバッカーが必要となる。</li> </ul>  <p>図 6.37 フルボンドタイプのバッカー方式による注入順序</p>   | <p>P.100 ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>6.13 ケーシングの引上げ(P100)</h3> <p>53</p> <p>対応策</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ケーシング引上げ時にテンドンが共上りしないように監視</li> <li>・共上り防止装置を併用した抜管機を用いて慎重かつ確実に引き上げる</li> </ul> <p>共上りが解消しない場合<br/>無理をせずケーシングを引き上げて再削孔して再度挿入する等の処置をとる</p>  <p>図 6.40 テンドン挿入後の抜管機の設置とケーシングの抜管作業（川俣ダム）</p>  |
| <p>P.102 ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>6.15 アンカー力の導入(P103)</h3> <p>62</p> <h4>3. 定着作業</h4>  <p>ジャッキによる載荷作業（頭部除荷時）</p> <p>PC鋼より線切断後の仕上げ作業の完了</p> <p>図 6.46 定着作業（千本ダム）：孔径 165 mm、設計アンカー力 970 kN</p> <h4>4. その他の定着方法</h4> <ul style="list-style-type: none"> <li>・千本ダムでは、堤体頂部の弱部を考慮して、頭部除荷法を採用した。</li> <li>・作業は、フルボンドタイプ作業の定着具の設置までは同じで、その後、緊張ジャッキでアンカー頭部をリフトオフさせてからリングナットを緩めジャッキを10%程度に下げて定着させた。</li> </ul>   | <p>P.106 ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>6.17 施工管理結果の記録と整理(P106)</h3> <p>67</p> <p>ダム用PSアンカーの施工経過、品質管理、作成図面等の施工管理結果は、適切に記録かつ整理するものとする。</p> <p>【解説】</p>  <p>図 6.50 施工経過図の例（千本ダム）</p>  <p>図 6.51 PSアンカー地中3次元図の例(川俣ダム)</p>  |



表-11 7章荷重試験 抽出画面： 荷重試験、引抜き試験、長期引張り試験、適性試験、確認試験等


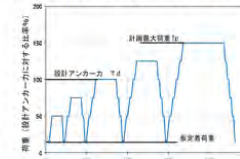
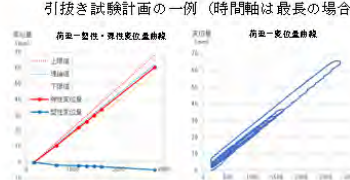
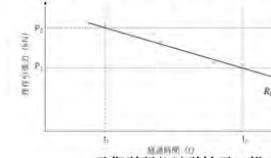
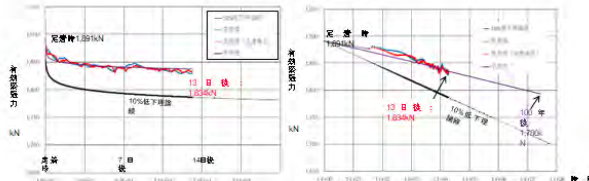
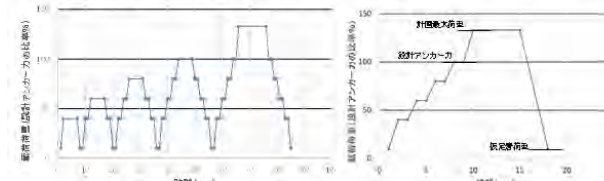
| 7.1 一般 (p.107)  | 7.2 荷重試験の方法 (p.107)  |  |  |            |          |                     |         |        |  |  |      |                            |    |    |                     |   |      |   |    |   |       |     |    |               |   |     |     |     |                   |         |         |         |
|---|--|--|--|------------|----------|---------------------|---------|--------|--|--|------|----------------------------|----|----|---------------------|---|------|---|----|---|-------|-----|----|---------------|---|-----|-----|-----|-------------------|---------|---------|---------|
| <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <p><b>7.1 一般 (p.107)</b> 2</p> <p>ダム用PSアンカーにおいては、設計、施工および管理が適切に行われていることを、試験等による荷重計測によって確認するものとする。</p> <p>【解説】</p> <p>影響大<br/>ダム用PSアンカーの品質 (＝設計アンカー力の確保) ← 定着岩盤の強度・クリープ、PC鋼材品質、グラウト品質</p> <p>設計アンカー力を確保するため、適宜試験を実施する</p> <p>① 基本調査試験 (引抜き試験、長期引張り試験) : 施工前に実施<br/>一極限周面摩擦抵抗の設定<br/>クリープ・長期ロス等の影響を考慮した定着時緊張力の設定</p> <p>② 品質確認試験 (適性試験、確認試験、追加確認試験) : 施工時に実施</p> <p>③ 荷重の経年変化確認 (軸力計測、リフトオフ試験) : 施工後に実施</p> <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p>   | <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <p><b>7.2 荷重試験の方法 (p.107)</b> 3</p> <p>各荷重試験の方法は、設計値の確認、緊張力の管理等の目的に応じて作成した試験計画に従い、試験機器、計画最大荷重、現場条件等を適切に考慮したものとする。</p> <p>【解説】</p> <p>試験機器<br/>油圧ジャッキ<br/>試験荷重に対して十分な能力、一定速度、荷重保持<br/>油圧ジャッキのゲージ<br/>±2%の精度、検査証明<br/>変位計<br/>0.01mm読み取り可能、十分な測定範囲、定期点検</p> <p>油圧ジャッキについて<br/>テンダンの長さ 50m以上<br/>大きな荷重を必要とする引抜き試験<br/>→ストローク、ジャッキ容量不足</p> <p>ジャッキ連結や海外ジャッキで対応</p> <p>ジャッキ連結による対応</p>  <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p>  |  |  |            |          |                     |         |        |  |  |      |                            |    |    |                     |   |      |   |    |   |       |     |    |               |   |     |     |     |                   |         |         |         |
| <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <p><b>7.3 引抜き試験 (p.109)</b> 4</p> <p>引抜き試験は、アンカー定着長の設計に用いる定着岩盤の極限引抜き抵抗力とテンダンの極限付着抵抗力を確認するために、実際に近い仕様で事前に実施するものとする。</p> <p>【解説】</p> <p>1 試験数量<br/>試験数量は1現場1箇所を基本とする<br/>アンカーの定着岩盤が2種類以上存在する場合は、岩盤毎に1箇所ずつ行う。</p> <p>2 計画最大荷重Tp<br/>テンダンとグラウトの極限付着抵抗力より算定されるアンカー力I<br/>岩盤とグラウトの極限引抜き抵抗力より算定されるI2<br/>上記の小さいほうの値 (＝極限引抜き力) を基に設定<br/>※ 供用アンカーを用いて試験を行う場合<br/>0.80 Tps or 設計アンカー力 × 1.33倍の小さいほうの値</p> <p>3 載荷方法<br/>5回以上の多サイクル方式<br/>塑性領域に入った時点、または計画最大荷重に達した時点で終了</p> <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p>                                 | <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <p><b>7.3 引抜き試験 (p.109, p.111)</b> 6</p>  <table border="1" data-bbox="1149 716 1340 851"> <thead> <tr> <th>ステージ</th> <th>試験荷重</th> <th>荷重保持時間 (分)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.10 T<sub>p</sub></td> <td>5分</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.25 T<sub>p</sub></td> <td>5分</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1.00 T<sub>p</sub></td> <td>5分</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1.25 T<sub>p</sub></td> <td>5分</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>T<sub>p</sub> ≤ 0.80 T<sub>p</sub>、1.33 T<sub>p</sub></td> <td>5分</td> </tr> </tbody> </table> <p>引抜き試験計画の一例 (時間軸は最長の場合)</p>  <p>岩盤における引抜き試験の実施事例</p> <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p>  | ステージ   | 試験荷重   | 荷重保持時間 (分) | 1        | 0.10 T <sub>p</sub> | 5分      | 2      | 0.25 T <sub>p</sub>                              | 5分   | 3    | 1.00 T <sub>p</sub>        | 5分 | 4  | 1.25 T <sub>p</sub> | 5分  | 5    | T <sub>p</sub> ≤ 0.80 T <sub>p</sub> 、1.33 T <sub>p</sub> | 5分 |   |       |     |    |               |   |     |     |     |                   |         |         |         |
| ステージ  | 試験荷重   | 荷重保持時間 (分)                                       |  |            |          |                     |         |        |  |  |      |                            |    |    |                     |   |      |   |    |   |       |     |    |               |   |     |     |     |                   |         |         |         |
| 1   | 0.10 T <sub>p</sub>  | 5分   |  |            |          |                     |         |        |  |  |      |                            |    |    |                     |   |      |   |    |   |       |     |    |               |   |     |     |     |                   |         |         |         |
| 2   | 0.25 T <sub>p</sub>  | 5分   |  |            |          |                     |         |        |  |  |      |                            |    |    |                     |   |      |   |    |   |       |     |    |               |   |     |     |     |                   |         |         |         |
| 3   | 1.00 T <sub>p</sub>  | 5分   |  |            |          |                     |         |        |  |  |      |                            |    |    |                     |   |      |   |    |   |       |     |    |               |   |     |     |     |                   |         |         |         |
| 4   | 1.25 T <sub>p</sub>  | 5分   |  |            |          |                     |         |        |  |  |      |                            |    |    |                     |   |      |   |    |   |       |     |    |               |   |     |     |     |                   |         |         |         |
| 5   | T <sub>p</sub> ≤ 0.80 T <sub>p</sub> 、1.33 T <sub>p</sub>  | 5分   |  |            |          |                     |         |        |  |  |      |                            |    |    |                     |   |      |   |    |   |       |     |    |               |   |     |     |     |                   |         |         |         |
| <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <p><b>7.4 長期引張り試験 (p.112)</b> 7</p> <p>長期引張り試験は、ダム用PSアンカーの長期特性を把握して定着時緊張力を設定するために、事前に実際に近い条件によって行うものとする。</p> <p>【解説】</p> <p>1 試験数量および試験期間<br/>試験数量は1現場1箇所を基本とする<br/>アンカーの定着岩盤が2種類以上存在する場合は、岩盤毎に1箇所ずつ行う。<br/>試験期間は少なくとも7～14日間とするが、その後も有効緊張力の長期監視対象とすることが望ましい。</p> <p>2 計画最大荷重および載荷方法<br/>計画最大荷重は、長期載荷を考慮して設計アンカー力の1.1倍とする。<br/>試験アンカーの見掛けのばね定数を算定するために1サイクルの確認試験を実施後、長期引張り試験を行う。</p> <p>3 試験方法<br/>試験方法にはリラクゼーション方式 (緊張力低下量を計測) とクリープ方式 (同一荷重保持で変位量を計測) の2種類があるが、試験の実施が比較的容易なリラクゼーション方式を用いてよい。</p> <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> | <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <p><b>7.4 長期引張り試験 (p.113, p.114)</b> 9</p>  <p>長期引張り試験結果の模式図</p>  <p>長期引張り試験の実施例</p> <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p>   |  |  |            |          |                     |         |        |  |  |      |                            |    |    |                     |   |      |   |    |   |       |     |    |               |   |     |     |     |                   |         |         |         |
| <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <p><b>7.5 品質管理試験 (p.115)</b></p> <p>施工したダム用PSアンカーの品質確認のために、多サイクル載荷による適性試験と単サイクル載荷による確認試験を実施するものとする。</p> <p>適性試験載荷例 (時間軸は分)</p> <p>ダム用PSアンカーの品質を大きく左右する設置地盤、アンカー設計、打設方法等が異なる場合に試験を行う、施工アンカー全数量の8割以上を対象として行う。</p> <p>確認試験載荷例 (時間軸は分)</p> <p>適性試験を実施したアンカーを除く全てのアンカーに対して、設計アンカー力に対する安全を確認する。</p>  <p>※ 油圧回路の圧力損失、温度変化、孔壁変状等を避けるために、測定値の安定の確立し次第、次のステップに移行することで、載荷時間までできるだけ早くして最大荷重に速やかに到達すべきである。</p> <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p>              | <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <p><b>7.5.2 適性試験と確認試験の試験結果の判定 (p.115)</b></p> <p>適性試験と確認試験の試験結果の判定は、変位(クリープ)、荷重、荷重-変位量関係の判定基準に従って行うものとする。</p> <p>判定基準</p> <p>① 変位 下表による<br/>② 荷重: 計画最大荷重に耐えられる<br/>③ 荷重-変位量関係: PC鋼より線の伸び量が設計上の理論伸び量に対し±10%以内</p> <table border="1" data-bbox="925 1792 1404 1993"> <thead> <tr> <th rowspan="2">項目</th> <th rowspan="2">適性試験判定基準</th> <th rowspan="2">確認試験判定基準</th> </tr> <tr> <th>荷重</th> <th>項目</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">通常の試験時間</td> <td>計画最大荷重</td> <td>1.33T<sub>p</sub>または0.8T<sub>p</sub>のうち低い方の値</td> <td>1.33T<sub>p</sub>または0.8T<sub>p</sub>のうち低い方の値</td> </tr> <tr> <td>保持時間</td> <td>t<sub>1</sub>* (試験開始時まで)</td> <td>1分</td> <td>2分</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">試験時間を延長する場合</td> <td>変位 ΔS** = S<sub>1</sub> - S<sub>2</sub></td> <td>1.0分</td> <td>10分</td> <td>5分</td> </tr> <tr> <td>変位 ΔS** = S<sub>1</sub> - S<sub>2</sub></td> <td>1mm以下</td> <td>20分</td> <td>2分</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">適性試験の判定基準(変位)</td> <td>変位 ΔS** = S<sub>1</sub> - S<sub>2</sub></td> <td>60分</td> <td>60分</td> <td>10分</td> </tr> <tr> <td>クリープ係数*** Δc (mm)</td> <td>0.5mm以下</td> <td>0.5mm以下</td> <td>2.0mm以下</td> </tr> </tbody> </table> <p>* t<sub>1</sub>: 最大荷重時の緊張力保持時間 (分)、t<sub>2</sub>が試験開始時まで、t<sub>3</sub>が試験終了までの時間<br/>** S<sub>1</sub>: S<sub>2</sub>: t<sub>1</sub>、t<sub>2</sub>の時間におけるテンダンの伸び量 (mm)<br/>*** Δc = ΔS / log (t<sub>2</sub> / t<sub>1</sub>)</p> <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> | 項目   | 適性試験判定基準   | 確認試験判定基準   | 荷重       | 項目                  | 通常の試験時間 | 計画最大荷重 | 1.33T <sub>p</sub> または0.8T <sub>p</sub> のうち低い方の値 | 1.33T <sub>p</sub> または0.8T <sub>p</sub> のうち低い方の値 | 保持時間 | t <sub>1</sub> * (試験開始時まで) | 1分 | 2分 | 試験時間を延長する場合         | 変位 ΔS** = S <sub>1</sub> - S <sub>2</sub> | 1.0分 | 10分   | 5分 | 変位 ΔS** = S <sub>1</sub> - S <sub>2</sub> | 1mm以下 | 20分 | 2分 | 適性試験の判定基準(変位) | 変位 ΔS** = S <sub>1</sub> - S <sub>2</sub> | 60分 | 60分 | 10分 | クリープ係数*** Δc (mm) | 0.5mm以下 | 0.5mm以下 | 2.0mm以下 |
| 項目  | 適性試験判定基準   |  |  |            | 確認試験判定基準 |                     |         |        |  |  |      |                            |    |    |                     |   |      |   |    |   |       |     |    |               |   |     |     |     |                   |         |         |         |
|   |  | 荷重   | 項目   |            |          |                     |         |        |  |  |      |                            |    |    |                     |   |      |   |    |   |       |     |    |               |   |     |     |     |                   |         |         |         |
| 通常の試験時間   | 計画最大荷重   | 1.33T <sub>p</sub> または0.8T <sub>p</sub> のうち低い方の値 | 1.33T <sub>p</sub> または0.8T <sub>p</sub> のうち低い方の値 |            |          |                     |         |        |  |  |      |                            |    |    |                     |   |      |   |    |   |       |     |    |               |   |     |     |     |                   |         |         |         |
|   | 保持時間   | t <sub>1</sub> * (試験開始時まで)                       | 1分   | 2分         |          |                     |         |        |  |  |      |                            |    |    |                     |   |      |   |    |   |       |     |    |               |   |     |     |     |                   |         |         |         |
| 試験時間を延長する場合   | 変位 ΔS** = S <sub>1</sub> - S <sub>2</sub>  | 1.0分   | 10分  | 5分         |          |                     |         |        |  |  |      |                            |    |    |                     |   |      |   |    |   |       |     |    |               |   |     |     |     |                   |         |         |         |
|   | 変位 ΔS** = S <sub>1</sub> - S <sub>2</sub>  | 1mm以下  | 20分  | 2分         |          |                     |         |        |  |  |      |                            |    |    |                     |   |      |   |    |   |       |     |    |               |   |     |     |     |                   |         |         |         |
| 適性試験の判定基準(変位)   | 変位 ΔS** = S <sub>1</sub> - S <sub>2</sub>  | 60分  | 60分  | 10分        |          |                     |         |        |  |  |      |                            |    |    |                     |   |      |   |    |   |       |     |    |               |   |     |     |     |                   |         |         |         |
|   | クリープ係数*** Δc (mm)  | 0.5mm以下  | 0.5mm以下  | 2.0mm以下    |          |                     |         |        |  |  |      |                            |    |    |                     |   |      |   |    |   |       |     |    |               |   |     |     |     |                   |         |         |         |



表-12 8章管理 抽出画面：維持管理計画、監視計画、緊張力計測、点検、健全度調査・評価等

| <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>8.1 一般</h3> <p>3</p> <p>ダム用PSアンカーにおいては、設置後、計測、点検、補修による管理を継続的に行うことで、健全性を適切に判断するものとする。</p> <p>【解説】<br/>計測監視と点検は、アンカー施工時だけでなくアンカー対象物（堤体、基礎岩盤）の供用期間に対応して長期的に行うことが重要</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 施工期間（各アンカーの設置以降）             <ul style="list-style-type: none"> <li>・各アンカー施工時の写真・試験結果の整理保存</li> <li>・各アンカー設置後は緊張力等の計測</li> <li>・アンカー頭部表面に現れる異常の目視主体の点検確認</li> </ul> </li> <li>2 施工後の供用期間             <ul style="list-style-type: none"> <li>・計測と点検と補修によってアンカー対象物を含む安全管理を行い、適宜、記録として整理保存</li> <li>・異常のある場合は、速やかに対応策を検討し、観測機器設置、追加アンカー等の迅速な措置の実施</li> <li>・点検については、ダムにおけるアンカー点検マニュアル(案)に準拠</li> </ul> </li> </ol>   | <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>8.2 維持管理計画</h3> <p>5</p> <p>「計測監視計画」と「点検計画」の作成かつ更新</p> <p>図8.1 ダム用PSアンカー維持管理フロー（千本ダムの事例）</p>   |  |  |           |                      |          |         |                 |                            |          |                                    |  |                    |        |   |  |                                |           |                   |   |  |       |                           |                                       |  |  |                               |                                       |   |          |   |   |  |                |          |                           |                     |
|---|---|--|--|-----------|----------------------|----------|---------|-----------------|----------------------------|----------|------------------------------------|--|--------------------|--------|---|--|--------------------------------|-----------|-------------------|---|--|-------|---------------------------|---------------------------------------|--|--|-------------------------------|---------------------------------------|---|----------|---|---|--|----------------|----------|---------------------------|---------------------|
| <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>8.3 計測監視計画</h3> <p>7</p> <p>【解説】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2 計測機器の配置<br/>緊張力を計測する機器の配置数</li> </ol> <p>表8.1 リフトオフ試験数の目安</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>マニュアル</th> <th>種類</th> <th>アンカー対象物</th> <th>アンカーの本数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ダムにおけるアンカー点検マニュアル(案)</td> <td>堤体PSアンカー</td> <td>堤体</td> <td>全アンカーの15%以上</td> </tr> <tr> <td></td> <td>岩盤PSアンカー</td> <td>堤体周辺岩盤</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>PCアンカー</td> <td>ゲート固定部</td> <td></td> </tr> <tr> <td>グラウンドアンカー維持管理マニュアル</td> <td>グラウンドアンカー</td> <td>貯水池土質斜面 (地すべり対策等)</td> <td>全アンカー数が50 孔 以下の場合は10%以上</td> </tr> </tbody> </table> <ol style="list-style-type: none"> <li>3 計測機器の計測期間<br/>施工期間だけでなく、長期の供用期間に対応した計測</li> <li>4 計測結果の整理および分析<br/>逐次収集・整理・分析・評価</li> </ol> | マニュアル   | 種類   | アンカー対象物  | アンカーの本数   | ダムにおけるアンカー点検マニュアル(案) | 堤体PSアンカー | 堤体      | 全アンカーの15%以上     |                            | 岩盤PSアンカー | 堤体周辺岩盤                             |  |                    | PCアンカー | ゲート固定部  |  | グラウンドアンカー維持管理マニュアル             | グラウンドアンカー | 貯水池土質斜面 (地すべり対策等) | 全アンカー数が50 孔 以下の場合は10%以上                       | <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>8.5 有効緊張力の計測</h3> <p>10</p> <p>有効緊張力の計測は、代表孔において継続し、PSアンカーの機能と安全性を長期的に監視するものとする。</p> <p>【解説】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 アンカータイプ別の緊張力計測方法</li> </ol> <p>表8.3 ボンドタイプ別の有効緊張力の計測方法</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>タイプ</th> <th>計測方法</th> <th>注意点</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">アンボンドタイプ</td> <td>アンカー頭部に設置したテンドン荷重に対応した軸力計による計測(最も直接的な方法)</td> <td>荷重が大きい場合は軸力計も大きくなり空間と費用面で非現実的</td> </tr> <tr> <td>リフトオフ試験による有効緊張力の計測(テンドンごとジャッキで載荷して計測)</td> <td>・大型器材を使う場合は足場が必要<br/>・テンドンを傷めやすいので何度も計測は不可</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">フルボンドタイプ</td> <td>簡易リフトオフ試験による有効緊張力の計測(PC鋼より線の数を1本毎に測り平均する)</td> <td>・可搬式器材が持ち込める場合に可能<br/>・計測するPC鋼より線の偏りを無くす必要あり</td> </tr> <tr> <td>テンドン内に自由長を持たせたPC鋼より線(シャース取納)を入れて、アンカー頭部で計測</td> <td>初期校正して有効緊張力に換算</td> </tr> <tr> <td>フルボンドタイプ</td> <td>テンドン内に光ファイバーを入れてアンカー頭部で計測</td> <td>光ファイバーは安価だが、受信機等が高価</td> </tr> </tbody> </table> | タイプ   | 計測方法                      | 注意点                                   | アンボンドタイプ                                       | アンカー頭部に設置したテンドン荷重に対応した軸力計による計測(最も直接的な方法) | 荷重が大きい場合は軸力計も大きくなり空間と費用面で非現実的 | リフトオフ試験による有効緊張力の計測(テンドンごとジャッキで載荷して計測) | ・大型器材を使う場合は足場が必要<br>・テンドンを傷めやすいので何度も計測は不可 | フルボンドタイプ | 簡易リフトオフ試験による有効緊張力の計測(PC鋼より線の数を1本毎に測り平均する) | ・可搬式器材が持ち込める場合に可能<br>・計測するPC鋼より線の偏りを無くす必要あり | テンドン内に自由長を持たせたPC鋼より線(シャース取納)を入れて、アンカー頭部で計測 | 初期校正して有効緊張力に換算 | フルボンドタイプ | テンドン内に光ファイバーを入れてアンカー頭部で計測 | 光ファイバーは安価だが、受信機等が高価 |
| マニュアル   | 種類  | アンカー対象物  | アンカーの本数  |           |                      |          |         |                 |                            |          |                                    |  |                    |        |   |  |                                |           |                   |   |  |       |                           |                                       |  |  |                               |                                       |   |          |   |   |  |                |          |                           |                     |
| ダムにおけるアンカー点検マニュアル(案)  | 堤体PSアンカー  | 堤体   | 全アンカーの15%以上                                    |           |                      |          |         |                 |                            |          |                                    |  |                    |        |   |  |                                |           |                   |   |  |       |                           |                                       |  |  |                               |                                       |   |          |   |   |  |                |          |                           |                     |
|   | 岩盤PSアンカー  | 堤体周辺岩盤   |  |           |                      |          |         |                 |                            |          |                                    |  |                    |        |   |  |                                |           |                   |   |  |       |                           |                                       |  |  |                               |                                       |   |          |   |   |  |                |          |                           |                     |
|   | PCアンカー  | ゲート固定部   |  |           |                      |          |         |                 |                            |          |                                    |  |                    |        |   |  |                                |           |                   |   |  |       |                           |                                       |  |  |                               |                                       |   |          |   |   |  |                |          |                           |                     |
| グラウンドアンカー維持管理マニュアル  | グラウンドアンカー   | 貯水池土質斜面 (地すべり対策等)                              | 全アンカー数が50 孔 以下の場合は10%以上                        |           |                      |          |         |                 |                            |          |                                    |  |                    |        |   |  |                                |           |                   |   |  |       |                           |                                       |  |  |                               |                                       |   |          |   |   |  |                |          |                           |                     |
| タイプ   | 計測方法  | 注意点  |  |           |                      |          |         |                 |                            |          |                                    |  |                    |        |   |  |                                |           |                   |   |  |       |                           |                                       |  |  |                               |                                       |   |          |   |   |  |                |          |                           |                     |
| アンボンドタイプ  | アンカー頭部に設置したテンドン荷重に対応した軸力計による計測(最も直接的な方法)  | 荷重が大きい場合は軸力計も大きくなり空間と費用面で非現実的                  |  |           |                      |          |         |                 |                            |          |                                    |  |                    |        |   |  |                                |           |                   |   |  |       |                           |                                       |  |  |                               |                                       |   |          |   |   |  |                |          |                           |                     |
|   | リフトオフ試験による有効緊張力の計測(テンドンごとジャッキで載荷して計測)   | ・大型器材を使う場合は足場が必要<br>・テンドンを傷めやすいので何度も計測は不可      |  |           |                      |          |         |                 |                            |          |                                    |  |                    |        |   |  |                                |           |                   |   |  |       |                           |                                       |  |  |                               |                                       |   |          |   |   |  |                |          |                           |                     |
| フルボンドタイプ  | 簡易リフトオフ試験による有効緊張力の計測(PC鋼より線の数を1本毎に測り平均する)   | ・可搬式器材が持ち込める場合に可能<br>・計測するPC鋼より線の偏りを無くす必要あり    |  |           |                      |          |         |                 |                            |          |                                    |  |                    |        |   |  |                                |           |                   |   |  |       |                           |                                       |  |  |                               |                                       |   |          |   |   |  |                |          |                           |                     |
|   | テンドン内に自由長を持たせたPC鋼より線(シャース取納)を入れて、アンカー頭部で計測  | 初期校正して有効緊張力に換算                                 |  |           |                      |          |         |                 |                            |          |                                    |  |                    |        |   |  |                                |           |                   |   |  |       |                           |                                       |  |  |                               |                                       |   |          |   |   |  |                |          |                           |                     |
| フルボンドタイプ  | テンドン内に光ファイバーを入れてアンカー頭部で計測   | 光ファイバーは安価だが、受信機等が高価                            |  |           |                      |          |         |                 |                            |          |                                    |  |                    |        |   |  |                                |           |                   |   |  |       |                           |                                       |  |  |                               |                                       |   |          |   |   |  |                |          |                           |                     |
| <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <p>【解説】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2 軸力計測機器の事例</li> </ol> <p>図8.2 アンボンドタイプにおける通常の軸力計測とリフトオフ試験の状況</p> <p>図8.3 軸力計測ストランドの設置(千本ダム)</p>  | <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>8.7 点検・調査</h3> <p>17</p> <p>【解説】 表8.5 ダム用PSアンカーの点検区分、頻度点検方法（千本ダムの事例）</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>区分</th> <th>頻度</th> <th>点検項目と点検対象</th> <th>資料整理の方法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>基礎調査</td> <td>点検計画作成時</td> <td>アンカー維持管理に必要なデータ</td> <td>収集した情報の整理・確認<br/>計測データ整理・確認</td> </tr> <tr> <td>通常点検</td> <td>施工時：1回/1日程度<br/>管理以降：1回/1~2週<br/>間程度</td> <td>・巡視等日常的な管理において確認<br/>・必要と判断された場合は健全性調査の一部実施</td> <td>・目視点検<br/>・計測データの確認</td> </tr> <tr> <td>定期点検</td> <td>・施工完了後3年までは1回/1年程度<br/>・3年以後はダムの定期点検 1回/3~5年程度</td> <td>・通常点検において確認が困難なアンカーに対して重点的に実施<br/>・健全性調査の一部組み込み</td> <td>・目視点検(基本全数)<br/>・計測データの経時的変化の確認</td> </tr> <tr> <td>異常時点検</td> <td>豪雨または地震等の災害時の都度</td> <td>・既設点検ルートにて確認可能なアンカー<br/>・必要と判断された場合は健全性調査の一部実施</td> <td>・目視点検<br/>・計測データの確認</td> </tr> <tr> <td>健全性調査</td> <td>何らかの異常が認められ、より詳細な調査が必要な場合</td> <td>健全性調査が必要と判断された全アンカーとその隣接アンカー、代表的なアンカー</td> <td>ダムにおけるアンカー点検マニュアル(案)<br/>グラウンドアンカー維持管理マニュアル を参照</td> </tr> </tbody> </table> | 区分   | 頻度   | 点検項目と点検対象 | 資料整理の方法              | 基礎調査     | 点検計画作成時 | アンカー維持管理に必要なデータ | 収集した情報の整理・確認<br>計測データ整理・確認 | 通常点検     | 施工時：1回/1日程度<br>管理以降：1回/1~2週<br>間程度 | ・巡視等日常的な管理において確認<br>・必要と判断された場合は健全性調査の一部実施 | ・目視点検<br>・計測データの確認 | 定期点検   | ・施工完了後3年までは1回/1年程度<br>・3年以後はダムの定期点検 1回/3~5年程度 | ・通常点検において確認が困難なアンカーに対して重点的に実施<br>・健全性調査の一部組み込み | ・目視点検(基本全数)<br>・計測データの経時的変化の確認 | 異常時点検     | 豪雨または地震等の災害時の都度   | ・既設点検ルートにて確認可能なアンカー<br>・必要と判断された場合は健全性調査の一部実施 | ・目視点検<br>・計測データの確認   | 健全性調査 | 何らかの異常が認められ、より詳細な調査が必要な場合 | 健全性調査が必要と判断された全アンカーとその隣接アンカー、代表的なアンカー | ダムにおけるアンカー点検マニュアル(案)<br>グラウンドアンカー維持管理マニュアル を参照 |  |                               |                                       |   |          |   |   |  |                |          |                           |                     |
| 区分  | 頻度  | 点検項目と点検対象                                      | 資料整理の方法  |           |                      |          |         |                 |                            |          |                                    |  |                    |        |   |  |                                |           |                   |   |  |       |                           |                                       |  |  |                               |                                       |   |          |   |   |  |                |          |                           |                     |
| 基礎調査  | 点検計画作成時   | アンカー維持管理に必要なデータ                                | 収集した情報の整理・確認<br>計測データ整理・確認                     |           |                      |          |         |                 |                            |          |                                    |  |                    |        |   |  |                                |           |                   |   |  |       |                           |                                       |  |  |                               |                                       |   |          |   |   |  |                |          |                           |                     |
| 通常点検  | 施工時：1回/1日程度<br>管理以降：1回/1~2週<br>間程度  | ・巡視等日常的な管理において確認<br>・必要と判断された場合は健全性調査の一部実施     | ・目視点検<br>・計測データの確認                             |           |                      |          |         |                 |                            |          |                                    |  |                    |        |   |  |                                |           |                   |   |  |       |                           |                                       |  |  |                               |                                       |   |          |   |   |  |                |          |                           |                     |
| 定期点検  | ・施工完了後3年までは1回/1年程度<br>・3年以後はダムの定期点検 1回/3~5年程度   | ・通常点検において確認が困難なアンカーに対して重点的に実施<br>・健全性調査の一部組み込み | ・目視点検(基本全数)<br>・計測データの経時的変化の確認                 |           |                      |          |         |                 |                            |          |                                    |  |                    |        |   |  |                                |           |                   |   |  |       |                           |                                       |  |  |                               |                                       |   |          |   |   |  |                |          |                           |                     |
| 異常時点検   | 豪雨または地震等の災害時の都度   | ・既設点検ルートにて確認可能なアンカー<br>・必要と判断された場合は健全性調査の一部実施  | ・目視点検<br>・計測データの確認                             |           |                      |          |         |                 |                            |          |                                    |  |                    |        |   |  |                                |           |                   |   |  |       |                           |                                       |  |  |                               |                                       |   |          |   |   |  |                |          |                           |                     |
| 健全性調査   | 何らかの異常が認められ、より詳細な調査が必要な場合   | 健全性調査が必要と判断された全アンカーとその隣接アンカー、代表的なアンカー          | ダムにおけるアンカー点検マニュアル(案)<br>グラウンドアンカー維持管理マニュアル を参照 |           |                      |          |         |                 |                            |          |                                    |  |                    |        |   |  |                                |           |                   |   |  |       |                           |                                       |  |  |                               |                                       |   |          |   |   |  |                |          |                           |                     |
| <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>8.8 健全度の評価</h3> <p>21</p> <p>【解説】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3 健全度の評価事例<br/>アンボンドタイプにおけるリフトオフ試験の結果</li> </ol> <p>図8.8 1番アンカーの荷重・変位図</p> <p>図8.10 2番アンカーの荷重・変位図</p>   | <p>ダム用PSアンカー設計施工マニュアル講習会</p> <h3>8.9 補修、補強、更新等の対策検討</h3> <p>25</p> <p>【解説】</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3 将来的な健全性低下を考慮したダム用PSアンカーの長期的な維持管理</li> </ol> <p>図8.11 ダム用PSアンカーの既設PC鋼材(テンドン)における耐力と荷重の長期変化</p>   |  |  |           |                      |          |         |                 |                            |          |                                    |  |                    |        |   |  |                                |           |                   |   |  |       |                           |                                       |  |  |                               |                                       |   |          |   |   |  |                |          |                           |                     |