

ダム用 PS アンカー向けテンドンの試設計およびグラウト配合・充填性試験

(株)大林組	正会員	山本彰, 徳永篤, 稲川雄宣
鹿島建設(株)	正会員	神戸隆幸
三井住友建設(株)	正会員	木元敏徳
三信建設工業(株)	正会員	石田勝也
日特建設(株)	正会員	○窪塚大輔
住友電気工業(株)	正会員	中上晋志

1. はじめに

ダムの耐震補強工事において、ダム用 PS アンカー工法は海外で多数の実績があり、コスト縮減、工期短縮など多くのメリットがある。しかし、国内でのダム堤体への適用実績は、今年竣工した千本ダム以外は 1957 年に施工された藤原ダムの副ダムへの適用実績しかない。そこで、日本でのダム用 PS アンカーの導入を検討するにあたり、長期耐久性を考慮したテンドンの設計、ならびに定着長部の PC 鋼より線を覆う防食シース内へのグラウト充填性の評価を行った。

2. 開発の背景とダム用 PS アンカーの概要

ダム用 PS アンカー工法とは、プレストレスによる緊張・定着システム (PS アンカー) によりダム本体や基礎岩盤の安定性を確保する工法である。近年、大規模地震に対するダムの耐震照査が行われており、その結果によってダムの補強対策が必要になる。重力式コンクリートダムにおける従来の補強対策としては堤体上流面や下流面に腹付けする工法があるが、工事が大規模になるとともに、場合によって施工時に貯水位を下げる必要があるなど供用中のダムの運用に支障を及ぼすという問題点がある。そこで「ダム用アンカー勉強会 (大林組, 鹿島建設, 三井住友建設, 三信建設工業, 日特建設, 住友電気工業)」ではダム用 PS アンカー工法に着目し、当工法に関する材料・構造の仕様および設計・施工・維持管理方法の確立に取り組んできた。

3. 長期耐久性を考慮したテンドンの設計

長期耐久性を要求されるダム用 PS アンカーのテンドンの設計にあたっては既設ダムの供用実績、国内および海外の設計実績をふまえ、設計耐用年数を 100 年に設定した。本設計では防食被覆 PC 鋼より線を用いることを基本とし、プレストレスを維持するにあたり重要となる定着長部においては PC 鋼より線全体を覆う PE 製のコルゲートシースを設置し、内部をセメントグラウト (以下、グラウト) で充填することで多重防食化している (図 3-1)。防食 PC 鋼より線はグラウトとの付着性を考慮し表面に珪砂が埋め込まれた内部充てん型エポキシ樹脂被覆 PC 鋼より線を想定している。定着長部および頭部については部分試作を行い、各部材の組立性および不連続部となる自由長部の外周 PE 被覆と定着長部のコルゲートシース間の接続構造を確認した。定着長部の試作状況を写真 3-1 に示す。

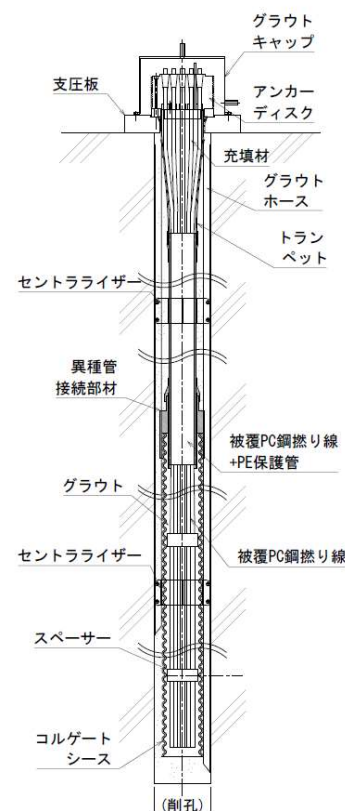


図 3-1 テンドンの設計例
(アンボンド方式)



写真 3-1 テンドンの試作例
(定着長部)

キーワード ダム用 PS アンカー, 耐震補強, 工期短縮, 長期耐久性, グラウト

連絡先 〒103-0004 東京都中央区東日本橋 3-10-6 日特建設(株) 技術開発本部 TEL 03-5645-5115

4. ダム用 PS アンカーのグラウトの配合・充填性試験

ダム用 PS アンカーの機能や防食性能を確保する上で、グラウトは非常に重要なものである。グラウトに要求される性能としては、テンドンおよび地盤への付着性能、PC 鋼より線や部材が複雑に組み立てられる定着長部への充填性（流動性）、それに加え体積変化が小さいことなどが挙げられる。そこで、ダム用 PS アンカーのグラウトとしての要求性能を整理し、それに応じたグラウトの配合を検討した後、実物大の定着長部を構築してグラウトの充填性試験を行った。

(1) 要求性能 グラウトの主な要求性能を表 4-1 として設定した。ダム用 PS アンカーは長尺のため、グラウトの体積変化（収縮）によるテンドンの露出を可能な限り低減させる必要がある。このため、体積変化率の設定では、通常の斜面对策工事で適用するグラウンドアンカーのグラウトに要求される体積変化率（3.0%以下）に対して、0.5%以下と非常に厳しい値を設定した。

(2) 配合検討 通常のグラウンドアンカーのグラウト配合は、 $C=1230\text{kg}$ 、 W/C が 50%程度のもが多い。ダム用 PS アンカーのグラウトに要求される体積変化率は小さいため、配合検討では特に W/C を低くすることに着目した。検討の結果、設定した配合は、 W/C を 35%とし膨張剤を添加することで体積変化率を低下させ、高性能 AE 減水剤を用いることで流動性を確保した。設定した配合で所定の物性を得るには、ミキサーの攪拌能力および練り混ぜ時間が重要なパラメータとなることも確認した。設定した配合で所定の製造方法を採用することで、表 4-1 の目標値を満足できることを確認した。写真 4-1 に鉛直管を使用した体積変化率の試験状況を示す。

(3) 充填性試験 設定した配合のグラウトが、実物大の定着長部において確実に充填できるかを確認するために充填性試験を実施した。製作した定着長部の大きさは、全長で 2.3m、PC 鋼より線の本数は 27 本である（図 4-1）。グラウト充填は、定着長部を鉛直に設置し、グラウトを定着長部の底部より注入を行った（写真 4-2）。試験ケースは注入速度を変化させた 2 ケースを実施した。なお、グラウトの充填性の確認は、グラウトの硬化後に定着長部を切断し、その断面を観察して実施した。

写真 4-3 は、定着長部の中央付近を切断した断面である。この部分は、最も PC 鋼より線が密集している部分であるが、グラウトは空隙なく充填されていることが確認できた。

5. おわりに

「ダム用アンカー勉強会」ではすでに独自のアンカー仕様や施工方法を検討済みの他、今年度刊行の「ダム用 PS アンカー設計施工マニュアル（一般財団法人ダム技術センター編集）」の作成に携わることでダム用 PS アンカーの設計・維持管理についても検討している。今回の試作評価の成功を踏まえて設計・施工・維持管理方法を確立することでダム用 PS アンカー工法の普及を目指していく。

表 4-1 グラウトの要求性能

性 能	試験方法	目 標 値
流 動 性	JSCE-F521 (P 漏斗)	10～18 秒
圧 縮 強 度	JSCE-G531	30N/mm ²
体積変化率	JSCE-F535	0.5%以下



写真 4-1 体積変化率の試験状況

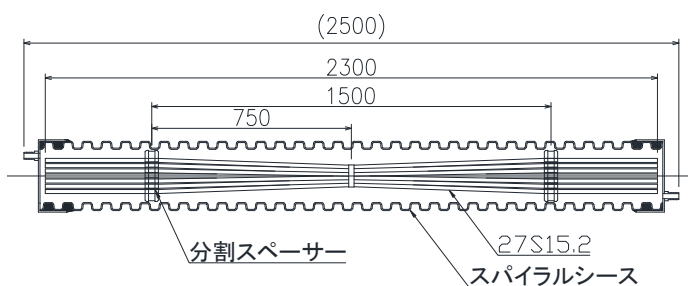


図 4-1 充填性試験用の定着長部



写真 4-2 充填性試験



写真 4-3 充填後の断面