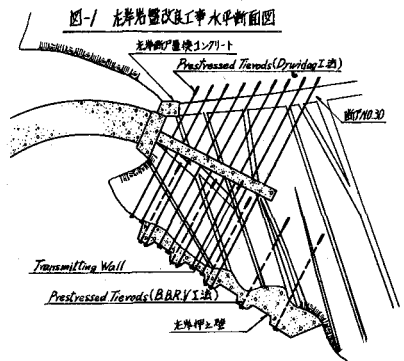


岩盤基礎処理に関するデヴィダーク工法の応用例について

鹿島建設川俣出張所 所 長 土 居 正 典
 " " 工務主任 津 垣 昭 夫
 " " 工事係長 氏 平 長 門
 " 技術開発部 P C 課長 百 島 祐 信

1. まえがき

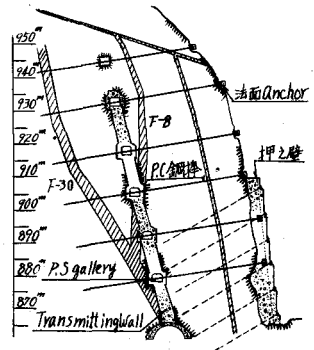
川俣ダムの悪い地質状件に対し高さ120mの薄肉ドームタイプのアーチダムを建設中であるが、川俣ダムの不良基礎岩盤に伝わる大きな推力に対しての大規模な基礎岩盤改良計画は、学会誌にて駒井・柴田両氏により報告されている通り (1) アーチアバットメントを出来るだけ山側へ追込むと共にスラスト方向が出来るだけ山側へ向くようなダムの形状を選定する。(2) 岩盤内推力方向に杭状構造物(Transmitting Wall)を築造し、荷重を地山奥深く伝達させると共にクラック群に作用するせん断応力の減少と分散を計り地山安全率を高める。(3) PS Tierodsにより岩盤を緊結し、Trans. Wallにより2分される地山の一体化をはかる。(4) コンクリート押え壁を地山表面下部に疊築し、この扶壁からもPS Tierodsを施工し、2次の補強と滑り面末端の根固めを行う。など悪い地山条件に対して充分な設計がなされ、(3)のPS Tierodsとして高張力鋼棒を使用するDywidag 工法が採用された。岩盤処理工としてPS工法を斯くも大規模に実施せる例はなく施工の概要を報告するものである。



2. 川俣ダム基礎岩盤におけるPS Tierods の機能

図-1, 2に示す如くTrans. Wallの内部Galleryより山川両側へPSを導入し、Gallery内にて両者を緊結する方法を採る事により (1) 地山内部のクラック・シーム面のせん断強度を増加する。(2) Trans Wallにより2分される地山の一体化を計る。(3) 不安定な滑り目による地山表面の崩落を防止する。(4) 貯水位変動のための繰返し荷重によるTrans Wallと周囲の岩盤との剝離を防止する。などの諸点が期待出来るもので、岩盤を完全弾性体と仮定せる場合の満水時に於けるスラストに直交する推定引張応力約16,000tのPS量が導入されたものである。

図-2 左岸岩盤改良工事横断面図



3. Dywidag工法の特徴

当工法はDyckerhoff & Widmann A. G.により考案され、その頭文字をとつてDywidag 方式と呼ばれるものでP C 鋼棒に冷間加工によるロールネジを切り、カブラーによる接続又はナットによる支承板への直接支承する方法である。ロールネジとする利点は、(1)切さくネジと異り表面を押しつける事により造られるので断面

積は減少せず (2)ネジに丸味を持つているので切欠きの影響が少く (3)冷間加工のためネジ部の強度が増加する。などネジ部の引張強度の減少を考慮する必要はない。又施工上の利点は、(1)鋼棒を施工条件によりいかなる長さにも分離・接続が可能で運搬・取扱・組立が容易である。(2)碇着はナットを用いるので締直しが可能で、予備緊張によりコンクリート、岩盤などのクリープ或は鋼棒のリラクセーションなどの影響を除く事が出来る。(3)鋼棒を1本宛緊張するのでジャッキは軽量である。など緊張・碇着が簡便確実で適用範囲が広く、橋梁は勿論各種構造物のアンカーなどへ容易に利用出来るものである。

表-1 岩盤PS工施工経括表

4. 施工概要

Trans. Wall (高70m, 巾3.5m, 奥行天端24m~下端56m)内のGallery (6本, 巾3.5m, 高2.5m)内に2.5m間隔にて山側(φ150mm)川側(φ130mm)へ35m~20m穿孔後、孔中へφ27mmの3種PC鋼棒6本を1組として挿入し、先端を碇着後山川両側共夫々1孔当り240t(Yield

PS 番号	E.L	岩盤 傾度	穿孔 径	穿孔 長さ	鋼棒 径	鋼棒 長さ	鋼棒 本数	岩盤 強度
1	963.5	7°	φ150mm	178.6	φ130mm	116.2	24	1.680
2	920.5	8°	φ150mm	166.8	φ130mm	108.3	22	1.720
3	917.0	11°	φ150mm	237.2	φ130mm	154.4	22	2.640
4	903.0	13°	φ150mm	275	φ130mm	179.2	26	3.120
5	890.0	12°	φ150mm	263	φ130mm	167.2	26	2.880
6	865.0	15°	φ150mm	357.1	φ130mm	229.5	26	3.600
計				1,633.7		9,252	13,240	15,840

Pointの80%)の引張りを与え、両側の引張りをGallery内コンクリートアンカーブロックを介して緊結し、各Gallery 7~15ヶ所全量66ヶ所15,840tのPS量を与えたものである。以下施工細目について述べる。

(1) PC鋼棒及びカブラー(鋼棒接続用ナット)鋼棒は一般にφ27mm, φ33mmが用いられ引張強度により1種~4種迄製作されている。当施工にはφ27mm 3種長さ2.5m~3m (Gallery内面巾3.5m)を使用した。カブラーはネジ長90mm φ50mmのものを使用した。

(2) ボーリング、穿孔方向は穿孔孔の難易及び地山クラック面への直角を期して山側へ府角川側へ仰角夫々10°とし、山側は孔底にて鋼棒を碇着するための附属品(パッカー、注入パイプ等)挿入に必要な断面からφ150mmとし、川側は貫通後孔外にて碇着のため鋼棒配置断面のみで良くφ130mmとした。穿孔機は表-4の能力のものをを用い、ビットは薄肉のダイヤモンド量の比較的少ないものが良好であった。孔曲りは長尺のコアーチューブ(3m)を用いて防止した。

(3) 鋼棒の組立及挿入 6本の鋼棒先端は鋼板(厚32mm)及びナットで固定した。カブラーの重りによる断面増加を少なくするために3本の2組に分け両組の接続ヶ所に差(300mm)をつけた。パッカーは穿孔コア観察後決められた所要アンカー長の位置で鋼棒に組込み挿入した。緊張の際のアンカー始点に於ける応力集中を防止するためパッカーよりアンカー部1m区間のモルタルと鋼棒をアスファルト塗料で絶縁した。挿入はヒツパー、ウインチ又は油圧式挿入装置(特許)を用いた。Gallery内の山川両側の鋼棒接続部(アンカーブロック内)は曲加工(曲率半径7m)した鋼棒で組立てた。此の塑性曲加工によるStress~Strainに与える影響は無視出来る範囲内であ

表-2 PC鋼棒の機械的性質

種類	記号	引張強度 (kg/mm ²)	降伏強度 (kg/mm ²)	伸率 (%)
PC鋼棒/種	SBPC 30	80以上	60以上	6.0以上
"	"	95	75	5.0
"	"	110	90	5.0
"	"	125	110	5.0

図-3 鋼棒の曲加工の機械的性質

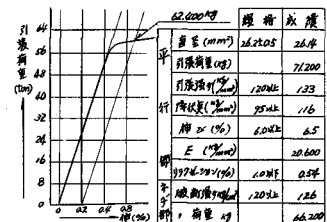


表-4 採用Boring Machineの仕様

機種名	能力	最大径	重量	回転数	送り	電力
UPE-5	400~600	150~115	143	900rpm	6.00~3.00	22.0
UPE-2	400~600	150~115	110	1,000rpm	6.00~3.00	22.0
UPE-1	400~600	150~115	110	1,000rpm	6.00~3.00	22.0
UPE-1	400~600	150~115	110	1,000rpm	6.00~3.00	22.0

(4) パツカー（モルタル逆流防止装置） 鋼棒を山側孔底に碇着する為に最も重要なもので、モルタルの漏泄ある場合は、PSの計画量の導入及び導入量の検査など不能となるので、各種試作試験の結果K型エアーパツカー（特許）を考案実用化した。之は構造簡単頑丈で安価であり、部品交換により孔内閉塞を目的とするあらゆるものに利用出来るなどの特色をもち、当工事の不可欠要件である鋼棒の孔底碇着が確実に施工し得たものである。

[illegible]

＝7 mmを標準とした。たゞし附着強度が期待出来ない断層部等はボーリングコアから判断し、当該延長をアンカー長から除外して適宜決定した。

表-5 Mortar配合表 (1B当)

配合	果汁	水	砂	水泥	灰土	9-1	砂浆	砖
A	100	47	65	10	300	180	105	220
B	100	50	90	10	300	150	123	4

表-6 採用のMortar Pumpの仕様

名 稱	12-9- 加飽數	吐出量	最大入力	最大出力	12-9- 吐出量	出力
アベックン ⁹⁰	100 N.1000	20 55/min	5 ¹⁰ 5/cm ²	2 ¹⁰ 2/cm ²	257	3 ¹⁰ 4.207

(9) 有効P S量の検討、ストレス導入後約1ヶ月間放置し、再び設計荷重迄緊張してその間のリラクゼーションクリープ等の測定後防錆のため口元迄モルタルで埋戻した。

当施工により基礎岩盤がどの程度改善されたかを確認する事は、当工事が Trans. Wall 等の他の処理工事と総合された計画であり又ダム湛水後の之等処理工事施工の場合との比較実測が不可能である現状に於て、困難である。しかし一応の定性的な効果を判断するための容易な方法は、(a)施工前後の弾性波速度の測定。(b)岩盤内へ計

器挿入による施工前後の Strain の測定。(c)緊張時の鋼棒の伸びによる判定。などである。(a)は現在施工前の測定を終え、(b)は実施出来なかつたが(c)の実測結果は図-5の通りであつた。鋼棒の伸びのカブラーによる影響は当施工のク数程度では無視出来る事が判明し、伸びの実測値と計算値(40t/本に於て3.5mm/m)の差が地山の締付けられた尺度と見做す事が出来る。図-5に於て

(1) 図表が鋸状の場合 伸びが隣接孔と差のある事を示し、早期に緊張せるものが後期に緊張せるものより伸びが大なる時は、1つ置きの孔間隔で引張られる事により既に有効に地山が締付けられ、岩盤は一枚岩としての緊張方向のせん断抵抗があるものと推定される。逆に後期に緊張せるものの方が伸びが大なる時は、部分的に締付けられたと云うよりむしろ隣接孔同志の綜合緊張力により始めて有効に締付けられ之もやはり一枚岩として締付けが均等に行われたものと解釈するのが妥当であらう。

(2) 図表が平坦な場合 若し岩盤が堅硬で1孔毎に徐々に均等に締付けられたものとした場合には、1次緊張と2次緊張で伸びの差が出なければならぬが之が余りなく、地山は脆弱で一枚岩としてのせん断抵抗に乏しく、緊張順序に無関係に1孔の受持つ範囲夫々独立して締付けられたと判断される。之は川側上部の締付け観察によつても明らかであつたことを付記する。

現在当工事は95%の進捗で記録も全部整理されておらず、部分的なものから上記の判断は早計かも知れぬが、何れにしてもPSが地山に導入されている事は確実で、又鋼棒の伸び結果も種々な形として現われている事から孔間隔は当地質条件に於てほぼ妥当な Pitch (2.5m) であつたと云えよう。

6. むすび

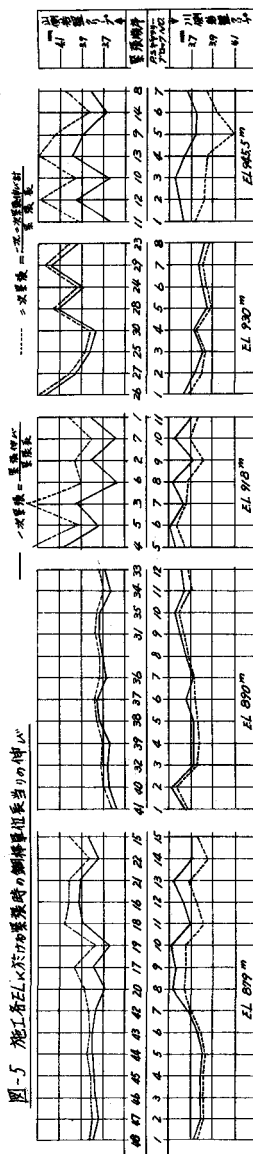
諸種構造物の補強として、構造物を包含しての岩盤に対するPS施工の実績はあるが、不良基礎岩盤そのものゝ大規模な処理を目的とするPS施工は前例も乏しく、当工事の岩盤又はクラック群を綜合せる地山そのものゝクリーブ、或はダム湛水後のスラストに対する効果などは、長期の観測を要し、又岩盤そのものが充分解析されておらぬ今日、岩盤に与えたPSの定量的な結論は不可能に近いが、本文はDywidag工法を採用し、当工事の条件に対する種々な考案を補足する事により確実に基礎岩盤へPSの設計量を導入し得た記録としての報告にとり、今後のデータの解析を期するものである。

最後に当工事施工に終始御指導賜りました水資源公団 駒井勲課長及び建設省川俣ダム工事々務所関係諸官に対し厚く御礼申し上げます。

参考文献 駒井 勲・柴田 功：「アーチダムの岩盤処理」、土木学会誌、Vol. 47, 4611 (1962)

飯島 弘：「岩盤PS工法によるアーチダムの基礎処理」(1962)

土居正典・津垣昭夫・氏平長門・百島祐信：「ダム基礎岩盤補強のためのPS工法」鹿島建設第11回技術研究報告(1962)



Application of Prestressed Tiered by DYWIDAG System
For the Foundation Rock Treatment of the Kawamata Dam

Mr. Shosuke DOI, Project Manager of Kawamata Office of Kajima Construction Co., Ltd.
Mr. Akio TSUGAKI, Chief Engineer of " " "
Mr. Nagato UJIHIRA, Chief of P.C. Section of " " "
Mr. Sukenobu MOMOSHIMA, Chief Engineer of P.C. Department of " "

The Kawamata Dam, 120 m high thin dome type arch dam, is being constructed on a foundation which has lots of faults, cracks and seams. A large scale treatment for the unsteady features of the foundation was particularly required for the left side bank where such features are especially observed. The treatment involved the reduction of shearing stresses acted on the faults and seams by means of building a foundation structure in the rock. The structure is similar to foundation piles and is called "Transmitting Wall". There existed a fear, however, that the construction of such walls might cause parting effects on the mountain to be treated which will result in consequent loosening of the neighbouring foundations. Therefore, application of prestressing force to the treatment was planned with the object of cancelling these stresses and preventing slips of the rocks as well as ensuring solidification of the mountain. Amount of the force applied was 15,800 tons, the amount that corresponds to the tensile stresses in the normal direction of the thrust which was obtained through an experimental model test.

The DYWIDAG System was applied to the treatment and prestress was introduced by prestressing steel bars embeded into holes which were drilled from the galleries prepared inside the Transmitting Walls.

- (1) Prestressing Steel Bar:- Prestressing steel bar used was SBPC 95/120, 27 mm. dia., 2.5 - 3 m in length and connected to 20 - 30 m. long with couplers.
- (2) Holes for Placement of Bars:- Holes towards the mountain side were 150 mm. in diameter having enough spaces for placement of 6 bars as well as mortar injection pipes, vent pipes and a packer which were necessary to fix the bars. 130 mm. diameter holes were drilled towards the river side where spaces for steel bars only were required.
- (3) Placement and Anchoring of Prestressing Steel Bar:- Six bars were assembled with accessory pipes and a packer in the gallery and placed into bored hole by means of lever winch or specially designed hydraulic rig (patented). At the boring hole on mountain side, compressed air was sent to operate special air packer (patented), then the mortar was injected into the anchoring part. At the hole on the river side, the top of bars were anchored within concrete block located on the bank surface. The concrete block was so constructed in the gallery that bars of both sides be intersected and connected through the block with each other, and each of them was exposed outside of the anchor block.
- (4) Application of Prestressing Force: - After the mortar in anchoring parts at both end of bars reached to sufficient strength for prestressing, force of 40 tons each bar, 240 tons each hole, equivalent to 80% of yield point of the bar were applied one by one by a DYWIDAG jack in the gallery. Introduced stresses were confirmed by gauges and extension of bars. After one month from the initial prestressing work, retensioning work was executed to recover the decrease in prestressing due to plastic deformation of rock and relaxation of steel bars. Finally all holes were filled with cement mortar for the total length to prevent corrosion of bars.