

Anchored in history

The Loch Arklet dam in Stirling-shire, Scotland

David Gibson, BAM Ritchies' business development manager, talks us through a ground-anchor installation project on a dam in Scotland



BAM Ritchies' general foreman Patrick Mayberry and senior geotechnical engineer Gilson Gaston

"It was decided to repair and strengthen the dam by the installation of a line of high-capacity ground anchors to post-tension the structure"

Left: a 6800kN long-stroke jack for the testing and stressing of the anchors

Centre column: the anchors are installed by flooding the sheathing internally to overcome buoyancy

Between Loch Katrine and Loch Lomond in Stirling-shire, Scotland, the beautiful, remote Loch Arklet is impounded by a masonry-faced concrete gravity dam.

Built by contractor Charles Brand & Son over a five-year period and completed in June 1914, the dam provides water to the city of Glasgow.

After 100 years of service, owner Scottish Water has reviewed the future of the dam. With assistance from Jacobs Engineering, through its role in Scottish Water Solutions, the utility decided to repair and strengthen the dam by the installation of a line of high-capacity ground anchors to post-tension the structure.

This work has been let to one of Scottish Water's framework contractors – Expanded Group, part of Laing O'Rourke.

The ground anchors are being installed by ground-engineering specialist BAM Ritchies, which has extensive dam ground-anchor experience and in recent years has successfully completed similar projects at Clunie Dam and Spey

Dam in Scotland, along with Lyn Alaw on Anglesey, Wales.

SITE CHALLENGES

BAM Ritchies is undertaking the drilling, installation and testing of 64 vertical ground anchors through the concrete core of the dam and into the underlying bedrock. The anchors have capacities between 3,000kN and 4,000kN and have 22, 23, 24 or 27 strands accordingly.

Load testing of anchors is carried out to a maximum of 1.5 x working load (1.5 x 4,000kN = 6,000kN). These are some of the highest-capacity ground anchors installed in the UK. Work on site started at the end of July 2014 and is expected to run through to the spring of 2015.

Challenges facing the contractor on site include access constraints. "At Clunie Dam, BAM Ritchies was able to use floating plant to install the anchors, so limiting the number of movements on the narrow dam crest," says BAM Ritchies' general foreman, Patrick Mayberry.

"However, at Loch Arklet this is not possible since the loch water



level does not lend itself to the use of floating plant.

"In addition, one section of the viaduct over the spillway section has had to be removed owing to its poor condition, so preventing access from the northern end."

Therefore, the logistical arrangements for the three primary operations of drilling, anchor installation and stressing are critical, since there is only one very restricted access route from the southern end of the dam.

DRILLING

Expanded has constructed manhole chambers by means of large-diameter coring and saw cutting in advance of the anchor-hole drilling.

A BAM Ritchies Hütte HBR 203 drilling rig with a Numa RC100 Challenger down-the-hole (DTH) hammer is being used to drill 311mm-diameter anchor holes into schist bedrock with quartz veins.

To ensure high levels of environmental control, reverse-circulation flush is being used, with the disposal of the cuttings and water arisings handled by the main contractor through a complex system of dewatering, skips and tankers. As the work has progressed towards the area of deepest bedrock, water entering the drill holes has increased. Holes are progressed between 11m and 25m into rock, giving overall hole





depths between 36m and 56m.

BAM Ritchies' senior geotechnical engineer Gilson Gaston notes: "There are some notable changes in bedrock level. Indeed, during drilling done so far, we have noted the rock level suddenly dropping by some 7m for a 20m section of the dam. This is compounded by seepage inflows, which make the drilling and cutting-handling/disposal far from straightforward. We have had to install a special hole-top safety device and use a high-pressure capacity wash piping to cope with the high-pressure compressed air used."

INSTALLATION

The installed anchors, supplied by Dywidag-Systems, are double corrosion-protected. The maximum anchor length is 54.5m with a weight of 2.2t, so specialist handling is required for installation on the dam crest.

A protective nose cone is provided at the base of the anchor, and each anchor is delivered to site on special ring frames, which fit onto the BAM Ritchies anchor-spooling wheel. Owing to the narrow and undulating single-track road from local town Aberfoyle, only four anchors, stacked on special frames, can be delivered per load on rigid vehicles.

Using the hydraulically powered anchor-spooling device, the anchors are installed by flooding



the sheathing internally to overcome buoyancy.

Since the anchors need to be spooled, they have been supplied as grout in-situ anchors, where the fixed length is not factory grouted (as would be the case in many unrestricted installations) but bond-length grout is placed on site, displacing the internal water by pumping via a tremie line.

The external grout is also placed by tremie. All grout has a design strength of 40N/mm² but to achieve high early strengths, so as to enable quick stressing, a higher-strength grout is being used on site.

Since there is a large head block with up to 27 wedges, the strands are required to splay out at the proximal end: therefore control of the wash-back of primary grout and secondary grout is very important, before making up the head termination. A specialist suction pump is also being used, so that the precise control of primary and secondary grout levels can be achieved.

STRESSING

In advance of the main works, the team installed and tested a trial anchor to prove the in-house design done by BAM Ritchies. The bond lengths vary between 8m and 9.5m. Three of the working anchors are being 'suitability' tested, and all anchors have 'acceptance' tests at 1.5 times design working load. The anchors are locked off at 110% of working load.

For the testing and stressing of the anchors, a 6,800kN long-stroke jack with internal gripping wedges has been brought in especially from Dywidag in Germany. It is thought that this is the highest-capacity anchor-stressing jack in the UK at present. Since it operates in a different manner from conventional strand-anchor jacks, the site team has had to develop modified stressing and testing procedures to employ this jack.

All anchor heads are fitted with sealed, corrosion-protected 'top hats' within the manholes. The anchors have re-stressable head details, i.e. long caps, to accommodate 450mm protruding strands. This will enable the client to re-stress the whole anchor or each strand individually in the future if any drop-off of load is detected and is of great benefit to the client.

All activities are being carefully recorded by geotechnical engineer Peter Brum, who uses a rugged tablet device whenever out on site. The information recorded and photographs taken are input into the building information modelling (BIM) being used on the project.

"It is great to progress a high-capacity anchoring job on a 20th-century structure using 21st-century BIM. Progress in this regard is rapid at present, and I am sure that there is much more we can develop and do with BIM on ground-engineering projects. It's great to be part of the BAM Ritchies team, which is leading the field in this regard," explains Brum. ▽

Drilling on the dam crest

Reverse-circulation DTH drilling on site

A BAM Ritchies Hütte HBR 203 drilling rig with a Numa RC100 Challenger DTH hammer

"Work on site started at the end of July 2014 and is expected to run through to the spring of 2015"

In der Geschichte verankert

David Gibson, Manager für Geschäftsentwicklung bei BAM Ritchies, spricht mit uns über ein Firmenprojekt: die Installation von Bodenankern auf einem Damm in Schottland

Zwischen Loch Katrine and Loch Lomond in Stirlingshire, Schottland, wird der malerische und verlassene See „Loch Arklet“ durch eine mit Mauerwerk verkleidete Staumauer gestaut. Die im Juni 1914 nach fünf Jahren Bauzeit durch das Bauunternehmen Brand & Son fertiggestellte Talsperre versorgt Glasgow mit Wasser.

Nach 100 Betriebsjahren hat sich der Besitzer, Scottish Water, nun die weitere Zukunft der Talsperre überdacht. Mit Unterstützung der Firma Jacobs Engineering, ein renommierter Partner von Scottish Water Solutions, entschied das Versorgungsunternehmen, den Damm zu reparieren und ihn durch die Installation von Bodenankern mit hoher Leistung zu festigen, um die Baustruktur im Nachhinein zu stärken.

Diese Arbeiten wurden an ein Verbundunternehmen von Scottish Water, die Firma Expanded Group (Teil von Laing O'Rourke) übergeben.

Die Installation der Bodenanker wurde von den Spezialtiefbau-Fachleuten BAM Ritchies übernommen, welche über weitreichende Erfahrungen bei der Installation von Bodenankern in Dämme verfügen und bereits in den letzten Jahren ähnliche Arbeiten erfolgreich ausgeführt haben, z.B. am Clunie Damm und Spey Damm in Schottland und am Lyn Alaw in Anglesey, Wales.

Herausforderungen der Baustelle

BAM Ritchies bohrte und installierte die 64 vertikalen Bodenanker durch den Betonkern des Damms in das darunterliegende Fundament und führte auch die anschließenden Tests durch. Die Tragkraft der Anker liegt zwischen 3.000 und 4.000 kN und sie bestehen aus 22, 23, 24 oder 27 Strängen. Der Belastungstest wurde mit dem 1,5 fachen der Nutzlast durchgeführt ($1,5 \times 4.000 \text{ kN} = 6.000 \text{ kN}$). Sie gehören somit zu den Ankern mit der höchsten Nutzlast, die jemals im Vereinigten Königreich installiert wurden. Die Bauarbeiten begannen Ende Juli 2014 und sollen im Frühjahr 2105 beendet sein.

Zu den Herausforderungen der Baustelle zählten unter anderem die eingeschränkten Zugangsmöglichkeiten. „Am Clunie Damm konnte BAM Ritchies Pontons zur Ausführung der Arbeiten nutzen, wodurch die Anzahl der Fahrten auf dem engen Dammrücken minimiert wurde“, so der BAM Ritchies Vorarbeiter Patrick Mayberry.

„Leider war dies am Loch Arklet nicht möglich, da der Wasserstand den Einsatz von Pontons unmöglich machte.

Zusätzlich musste ein Abschnitt des Viadukts über dem Ablauf aufgrund der schlechten Bausubstanz abgetragen werden, weshalb ein Zugang über den Nördlichen Abschnitt nicht möglich war.“

Daher war der logistische Aufwand für die ersten drei Bohrabschnitte, die Ankerinstallation und die Belastungstests sehr kritisch, da es nur einen beschränkten Zugang vom südlichen Ende des Damms gab.

Bohrarbeiten

Durch Kernbohrungen mit großem Durchmesser und Sägearbeiten fertigte die Expanded Group den eigentlichen Bohrarbeiten für die Ankerlöcher Einstiegsschächte.

Ein Bohrgerät vom Typ Hütte HBR 203 von BAM Ritchies mit einem Numa RC100 Challenger Imlochhammer wurde genutzt, um die 311-mm-Ankerbohrungen in das Schieferfundament mit Quarzschichten durchzuführen

Um den hohen Umweltstandards gerecht zu werden, wurde eine Reverse-Circulation-Spülung eingesetzt. Die Entsorgung der Bohrrückstände und des Schmutzwassers wurde durch ein komplexes System von Entwässerung, Containern und Tanks durchgeführt. Da die Bohrarbeiten zwischenzeitlich in den Bereich des tiefsten Fundaments vorgedrungen waren, erhöhte sich die Menge des in das Bohrloch eintretenden Wassers. Die Löcher wurden 11 bis 25 m in das Gestein gebohrt, welches zu einer Gesamtlöchlänge von 36 bis 56 m führte.

Senior Spezialtiefbauer Gilson Gaston von BAM Ritchies hierzu: „Das Fundament wies deutliche Strukturunterschiede auf. Tatsächlich haben wir bei den bisherigen Bohrarbeiten festgestellt, dass das Felsniveau plötzlich um sieben Meter auf einem 20-m-Dammabschnitt fiel. Zusammen mit dem von der Seeseite eindringendem Wasser, erschwerte dies die Bohrarbeiten und Entsorgung erheblich. Wir mussten eine spezielle Sicherung oben auf der Bohrung anbringen und benutzten eine Hochdruckwaschpumpe, um die verwendete Hochdruck-Druckluft zu händeln.

Installation

Die installierten Dywidag Systems Anker sind zweifach vor Korrosion geschützt. Die maximale Ankerlänge beträgt 54,5 m bei einem Gewicht von 2,2 t, sodass ein spezielles Handling während der Installation auf dem Dammkamm notwendig war.

Eine Schutzkappe wurde auf das Ende des Ankers aufgesetzt und jeder Anker wurde auf speziellen Ringgerüsten auf die Baustelle geliefert, die direkt auf das Rad der Ankerspulen von BAM Ritchies passten. Aufgrund der engen und hügeligen Einbahnstraße konnten von der Ortschaft Aberfoyle nur vier Anker, befestigt auf speziellen Gerüsten, pro Fahrt auf steifen Fahrzeugen ausgeliefert werden. Unter Einsatz einer hydraulisch angetriebenen Ankerspule wurden die Anker installiert, indem die Beplankung inwendig geflutet wurde, um den Auftrieb zu überwinden.

Da die Anker gespült werden mussten, wurden sie als vor Ort zu verpressende Anker geliefert, bei denen die fixe Länge nicht in einer Firma verpresst wurde, sondern deren Bindungslänge vor Ort verpresst wurde, wobei das eindringende Wasser durch eine Pumpe per Trichterrohr abgeführt wurde.

Der Mörtel wurde durch ein Rohr zugeführt. Die Stärke des Verpressmörtels ist auf 40N/mm² ausgelegt, um schnell eine hohe Belastbarkeit zu ermöglichen. Dafür wurde Verpressmörtel mit höherer Festigkeit auf der Baustelle genutzt.

Da es ein großes Kopfgelenk mit bis zu 27 Ecken gab, mussten sich die Litzen am proximalen Ende ausdehnen: Deshalb war die Kontrolle der Auswaschung des ersten und zweiten Vergusses sehr wichtig, bevor der Kopf fertiggestellt wurde. Eine Spezialsaugpumpe wurde genutzt, um eine präzise Kontrolle des ersten und zweiten Vergusses zu erreichen.

Belastung

Bevor die Hauptarbeiten stattfinden konnten, installierte und testete das Team einen Testanker, um das Inhouse-Design von BAM Ritchies zu bestätigen. Die Einbindetiefe variierte zwischen 8 und 9,5 m. Drei Arbeitsanker wurden als geeignet eingestuft und alle Anker mussten einen Test bei 1,5facher Arbeitslast bestehen. Die Anker wurden bei 110% Arbeitslast befestigt.

Für den Test und die Belastung der Anker wurde eine 6.800 kN Langhub-Heber mit internen Haltepunkten speziell von Dywidag in Deutschland angeliefert. Dies ist gegenwärtig das leistungsfähigste Anker-Belastungsgerät in UK. Da dies anders als konventionelle Litzenhebesysteme arbeitet, musste das Team eine modifizierte Methode entwickeln, um alle Belastungs- und Testprozeduren mit diesem System durchführen zu können.

Alle Ankerköpfe wurden mit versiegelten, korrosionsgeschützten Abdeckungen in dem Schacht versehen. Die Anker haben nachspannbare Kopfbestandteile, z. B. lange Kappen, um 450 mm herausstehende Litzen aufzunehmen. Dadurch ist der Kunde in der Lage, in Zukunft den gesamten Anker oder jede Litze nachzuspannen. Sollte ein Lastabfall festgestellt werden, bekommt der Kunde dies glücklicherweise sofort mit.

Alle Arbeiten wurden präzise durch den Geotechnik-Ingenieur Peter Brum aufgezeichnet, der ein geschütztes Outdoor-Tablet nutzte, immer wenn er auf der Baustelle war. Die gewonnenen Informationen und Fotos flossen in das BIM (building information modelling – Gebäudemodellierung anhand von Informationen) des Projektes ein.

„Es ist wundervoll, einen Hochleistungsanker-Auftrag an einem Bauwerk aus dem 20. Jahrhundert mit einer BIM Software aus dem 21. Jahrhundert zu kombinieren. Der Fortschritt in diesem Bereich ist aktuell sehr schnell und ich bin sicher, dass wir noch viel mehr entwickeln und vor Ort auf der Baustelle mit BIM erledigen können. Es ist toll, ein Teil des BAM Ritchies Team zu sein, die Marktführer in diesem Bereich sind“, sagt Brum.