



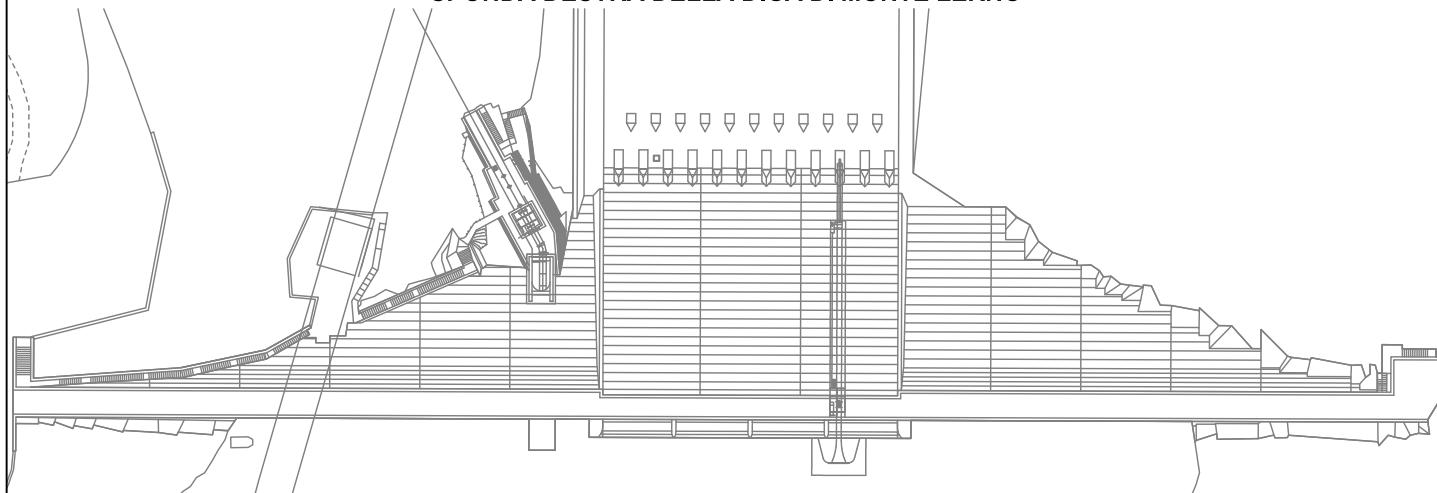
**REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

Ente acque della Sardegna



R.1.3 "Diga di Monte Lerno sul Rio Mannu di Pattada, 1° lotto: Adeguamento del sistema di drenaggio alla normativa vigente. Intervento di ripristino schermo di impermeabilizzazione. Manutenzione straordinaria delle apparecchiature elettromeccaniche e dell'impianto oleodinamico dello scarico di fondo. Lavori civili complementari"

**LAVORI NECESSARI PER LA REALIZZAZIONE DI INDAGINI GEOTECNICHE IN
SPONDA DESTRA DELLA DIGA DI MONTE LERNO**



PROGETTO

RELAZIONE TECNICO - ILLUSTRATIVA

Allegato

A1

Redatto dal Servizio Dighe

Progettisti

*Ing. Stefania Todde
Ing. Francesco Caturano*

**Coordinatore della Sicurezza
in fase di progettazione**

Ing. Piergiorgio Cadeddu

Il Responsabile Unico del Procedimento

Ing. Stefania Todde

Collaborazione Tecnica

P.I. Giorgio Zara

Il Direttore Generale

Ing. Sergio Virgilio Cocciu

Il Direttore del Servizio Dighe

Ing. Antonio Loche

Novembre 2016

INDICE

| | |
|---|---|
| Premessa | 2 |
| Impostazione del programma di indagini | 2 |
| Posizione e caratteristiche dei fori di indagine | 3 |
| Ispezioni di alcune canne di drenaggio nel corpo diga | 5 |
| Prove tipo LUGEON | 5 |
| Altre prove da eseguire in foro | 6 |
| Rilievi televisivi BHTV | 6 |
| Carotaggi sonici | 6 |
| Tomografie soniche..... | 7 |
| Tempi di esecuzione..... | 7 |

Premessa

I presenti lavori sono necessari per poter realizzare un piano d'indagini geotecniche propedeutiche alla progettazione dell'intervento ***R.1.3 "Diga di Monte Lerno sul Rio Mannu di Pattada, 1° lotto: Adeguamento del sistema di drenaggio alla normativa vigente. Intervento di ripristino schermo di impermeabilizzazione. Manutenzione straordinaria delle apparecchiature elettromeccaniche e dell'impianto oleodinamico dello scarico di fondo. Lavori civili complementari"***. Nel complesso il piano d'indagini geotecniche propedeutiche alla progettazione sono state predisposte, su incarico dell'ENAS, dall'Ing. Alessandro Graziani con lo scopo di accertare per quanto possibile la situazione geotecnica della sponda destra dello sbarramento.

Impostazione del programma di indagini

L'obiettivo primario del predetto piano è quello di acquisire dati utili per la valutazione delle caratteristiche meccaniche e di permeabilità dell'ammasso di fondazione della diga, con particolare riguardo alla zona in sponda destra. Inoltre, alcune delle indagini proposte potranno fornire anche indicazioni sulle attuali condizioni di efficienza dello schermo di impermeabilizzazione della diga e sull'interfaccia calcestruzzo-roccia (posizione effettiva del contatto, eventuale apertura/sconnessione della superficie di contatto stessa).

Il piano di indagini proposto è stato concepito per poter essere eseguito in condizioni di invaso a monte limitato ma non vuoto. In particolare, si prevede di eseguire le perforazioni di sondaggio nell'ammasso di fondazione di alcuni conci in sponda destra in un periodo caratterizzato da quote d'invaso inferiori a 550 m s.l.m.

Appare opportuno eseguire queste indagini mantenendo un sia pur limitato esercizio del bacino, oltre che per ovvie ragioni di continuità del servizio, per poter acquisire un primo insieme di dati, necessario per orientare le successive decisioni e il progetto del previsto intervento di miglioramento della zona di fondazione in sponda destra.

L'esame delle misure di monitoraggio effettuate nel corso delle varie fasi di invaso della diga non sembra infatti sufficiente a chiarire le cause delle consistenti portate di deflusso e degli elevati carichi idraulici misurati in numerosi dreni in sponda destra.

Posizione e caratteristiche dei fori di indagine

La posizione in pianta e in sezione verticale dei fori d'indagine proposti è indicata nei disegni allegati.

I fori da eseguire dal coronamento diga sono 4, numerati da B1 a B4, con interasse secondo la direzione dell'asse della diga di 10 m. La lunghezza di perforazione in calcestruzzo è variabile a seconda del foro, mentre la lunghezza da perforare nella roccia è di 30 m.

Per questi 4 fori è richiesta:

- per il primo tratto una perforazione a distruzione del nucleo del diametro di 101 mm, tratto che va dal coronamento ad una quota superiore alla quota di corona del cunicolo inferiore (vedi tavole allegate);
- per il secondo tratto una perforazione a rotazione con carotaggio continuo con carotiere doppio di tipo T6 e diametro 101 mm, con corona diamantata, in modo da rendere minimo il disturbo delle carote di roccia in fase di perforazione ed estrazione, tratto che va dalla predetta quota sopra il cunicolo sino al fondo della perforazione (vedi tavole allegate).

Inoltre, si dovrà eseguire qualche breve tratto a carotaggio continuo anche nel tratto iniziale di perforazione in calcestruzzo, a quote superiori a quelle del cunicolo inferiore, per consentire il prelievo di alcune carote. La lunghezza cumulata di tali carote è prevista di almeno 5 m per ogni perforazione.

Per la giacitura e il posizionamento dei fori è stato effettuato un rilievo topografico per verificare l'effettiva posizione planoaltimetrica del cunicolo inferiore e superiore, in modo da poter eseguire le perforazioni con un asse tale da non interferire con il loro tracciato.

Per quanto riguarda la giacitura di questi fori all'interno di un piano verticale avente direzione monte-valle è stata scelta quella con asse passante a valle del cunicolo inferiore della diga. Mentre la posizione in pianta dei fori è risultata condizionata dalla distanza minima tra parete del foro e parete del cunicolo (circa 0,5 m) e dalla distanza tra lo spigolo di valle del coronamento e l'asse del foro (spazio di manovra necessario per la sonda, assunto pari a circa 1 m).

In base ai dati del rilievo, avendo posizionando la testa dei fori verticali ad una distanza di 1 m dal ciglio di valle del coronamento (vedi tavole allegate), la distanza minima teorica tra l'asse dei fori e la parete di valle del cunicolo inferiore risulta di 0,85 m.

In fase esecutiva si dovrà tenere conto degli inevitabili scarti tra l'asse teorico di perforazione e l'effettivo tracciato del foro. Quindi la ditta esecutrice delle perforazioni dovrà garantire uno scarto massimo verso monte dall'asse verticale teorico delle perforazioni pari a $0^{\circ}40'$ tale da ottenere al massimo una distanza minima non inferiore a 0.4 m tra la perforazione e la parete del cunicolo inferiore. A tale fine è previsto che durante le perforazioni l'impresa esecutrice dei lavori monitori con opportuna strumentazione la verticalità dell'asse di perforazione e in caso di superamento delle prescrizioni apprestati tutti i possibili correttivi per far rientrare le perforazioni all'interno delle prescrizioni.

I fori da eseguire dall'interno del cunicolo sono due. Per l'esecuzione di questi fori sono state individuate due postazioni alternative:

- la prima nella piazzola a quota inferiore (544.65 m s.m.), è da preferirsi, essendo situata all'interno del concio 10 e a minore distanza dai sondaggi verticali eseguiti dall'esterno (fori B5 e B6 vedi tavole allegate);
- la seconda nella piazzola a quota superiore (551.45 m s.m.) all'interno del concio 12, da utilizzare solo se si riscontrassero particolari difficoltà operative nella realizzazione della postazione precedente (fori B7 e B8 vedi tavole allegate).

Come si vede nelle tavole allegate, la geometria dei fori delle due coppie in alternativa è analoga: un foro è verticale, l'altro è sub-orizzontale (inclinazione verso il basso di 5°), la lunghezza da perforare in roccia è in ogni caso di 30 m.

I fori da eseguire dall'interno del cunicolo sono richiesti a carotaggio continuo per l'intera lunghezza perforata, sia in calcestruzzo sia in roccia. Per quanto riguarda il diametro e il tipo di carotiere valgono le stesse prescrizioni date per i fori eseguiti dal coronamento.

Nella esecuzione delle perforazioni si dovrà iniziare dai fori eseguiti dall'interno del cunicolo inferiore.

La ridondanza nel numero dei fori indicati è utile anche nel caso si verifichino particolari difficoltà nella realizzazione di uno specifico foro (ad esempio, per instabilità delle pareti di un tratto di foro), o problemi nell'esecuzione delle successive indagini in foro, per cui si renda necessario rimpiazzare il foro problematico con un nuovo foro.

Tutte le carote andranno conservate con cura, disposte in opportune cassette e protette, in modo da facilitare i successivi rilievi e prelievi di campioni.

Il diametro di alcuni fori potrebbe essere lievemente incrementato (diametro 116 mm) se richiesto dalla preparazione dei fori per specifiche indagini, in particolare, per l'esecuzione delle indagini geofisiche previste. Inoltre l'esecuzione di carotaggi sonici e di tomografie soniche che si dovranno realizzare nei fori possono richiedere l'installazione preventiva nei fori di indagine di un rivestimento interno continuo, generalmente un tubo in PVC chiuso all'estremità profonda, con intercapedine tra tubo e roccia integralmente riempita da boiacca cementizia.

Poiché nei fori è prevista l'esecuzione sia di rilievi televisivi BHTV sia di indagini geofisiche specialistiche, è necessario programmare delle fasi distinte di lavoro da parte della impresa esecutrice dei lavori e della impresa esecutrice delle indagini specialistiche:

- Prima fase: l'impresa esecutrice dei lavori esegue le perforazioni e le prove Lugeon;
- Seconda fase: l'impresa esecutrice delle indagini specialistiche esegue i rilievi televisivi BHTV;
- Terza fase: l'impresa esecutrice dei lavori allestisce, se necessari, i tubi di rivestimento dei fori, sulla base delle indicazioni della DL;
- Quarta fase: l'impresa esecutrice delle indagini specialistiche procede alla realizzazione delle indagini specialistiche (Carotaggi Sonici e Tomografie Soniche);

- Quinta fase: l'impresa esecutrice dei lavori procede alla loro chiusura.
In generale per tutti i fori si prevede l'esecuzione di indagini in foro a perforazione ultimata, previo accurato lavaggio del foro per asportazione dei detriti. All'occorrenza, nel corso della perforazione, si può anche valutare l'opportunità di cementare e riperforare limitati tratti di foro eventualmente instabili

Ispezioni di alcune canne di drenaggio nel corpo diga

Si dovrà procedere alla ispezione televisiva delle canne di drenaggio poste in corrispondenza del giunto 4/6 e 6/8 all'interno del corpo diga.

Le ispezioni televisive, che saranno realizzate dalla impresa esecutrice delle indagini specialistiche, forniranno indicazioni sull'eventuale presenza di fessure macroscopiche nel calcestruzzo e di eventuali afflussi localizzati in corrispondenza dei giunti tra i conci o di alcune fessure.

Si procederà ad una ispezione televisiva previo un lavaggio con lancia in pressione delle canne da ispezionare.

L'impresa esecutrice dei lavori dovrà quindi procedere alla pulizia delle canne, consentendo all'impresa esecutrice delle indagini specialistiche l'esecuzione delle ispezioni televisive.

Si fa presente che le canne di drenaggio non possono essere intercettate dal coronamento dello sbarramento e sono raggiungibili esclusivamente dai cunicoli inferiore e superiore interni allo sbarramento.

Prove tipo LUGEON

Queste prove è previsto vengano realizzate dall'impresa esecutrice dei lavori nell'ambito del presente appalto.

Le prove di assorbimento d'acqua (tipo Lugeon) sono da eseguire nei tratti in roccia di tutti i fori di indagine indicati nel precedente paragrafo. Inoltre è richiesta l'esecuzione di una prova a cavallo del contatto calcestruzzo-roccia e, all'occorrenza, in alcuni tratti isolati all'interno dei conci in calcestruzzo, orientativamente, non più di 4-5 sezioni di prova in calcestruzzo.

Le prove saranno eseguite con il sistema del doppio otturatore (packer), con lunghezza del tratto di prova non superiore a 3 m, in modo da ottenere un diagramma sostanzialmente continuo delle portate filtranti tratto per tratto, per valori prefissati della differenza di carico idraulico. La procedura di prova (incrementi di pressione, tempi, etc.) verrà stabilita in dettaglio in funzione delle effettive caratteristiche dell'ammasso. È comunque prevedibile che la sovrappressione massima tra camera di prova e ammasso circostante (con riferimento alle condizioni idrauliche stazionarie dell'ammasso stesso, da valutare prima dell'esecuzione della prova di immissione) debba essere limitata a non più di 2 – 2,5 atm, almeno nella fascia di contatto tra calcestruzzo e roccia.

Questo tipo di indagine è di particolare importanza in quanto, oltre a fornire indicazioni sulle caratteristiche di permeabilità dell'ammasso, fornisce un contributo essenziale per l'identificazione delle zone con giunto calcestruzzo-roccia aperto.

Altre prove da eseguire in foro

Queste prove saranno realizzate dalla impresa esecutrice delle indagini specialistiche. L'impresa esecutrice dei lavori dovrà tenere conto di queste prove nella organizzazione delle sue attività.

Rilievi televisivi BHTV

Da eseguire in almeno 4 tra i fori di indagine indicati precedentemente, per una lunghezza complessiva di circa 150 m.

Il rilievo ha finalità e modalità esecutive in parte diverse per il tratto di perforazione in calcestruzzo e in roccia. Nel tratto in calcestruzzo ha interesse verificare l'eventuale presenza di singole fessure estese e il rilievo può essere eseguito anche in condizioni asciutte. Il tratto in roccia sarà rilevato in condizioni sature (foro pieno d'acqua), in modo sistematico, iniziando dal fondo foro.

E' richiesto l'utilizzo di telecamera ottica digitale a colori ad alta risoluzione ("scanner ottico" CCD a 360° con specchio conico) con registrazione continua durante la risalita. Il filmato dovrà essere successivamente elaborato con software specifico per l'analisi d'immagine e il rilievo sistematico della giacitura delle fratture o della traccia di altre superfici intercettate dal foro, con restituzione grafica delle giaciture assolute (immersione / inclinazione) e dell'apertura delle fratture individuate.

Carotaggi sonici

Da eseguire in almeno due fori del gruppo B1 – B4 e nei due fori B5 e B6 (oppure B7 e B8) per una lunghezza complessiva di circa 150 m.

Il carotaggio sonico viene eseguito mediante apposita sonda nel foro riempito d'acqua; il foro può essere all'occorrenza rivestito con tubo in PVC, di diametro adeguato e chiuso all'estremità profonda, con intercapedine tubo – roccia sigillata integralmente con boiacca cementizia.

Il carotaggio sonico consente di rilevare le velocità e le modalità di propagazione delle onde elastiche nel materiale circostante una perforazione. Tali onde sono di diverso tipo e possiedono differenti proprietà: onde longitudinali o di compressione (P); onde trasversali o di taglio (S); onde superficiali (pseudo Rayleigh, Stoneley). Per i rilievi di carotaggio sonico si utilizza una sonda su cui sono montati un trasmettitore e da un ricevitore di impulsi sonici. La sonda, generalmente del diametro di circa 60 mm, contiene dei trasduttori di tipo piezoelettrico distanziati di un metro ed isolati acusticamente tra loro tramite l'interposizione di un materiale ad alto assorbimento di onde acustiche.

Per ciascun foro, dovranno essere forniti le diagrafie soniche, i diagrammi delle velocità delle onde P ed S lungo il foro e i diagrammi delle costanti elastiche ottenute.

Tomografie soniche

Da eseguire nei quattro fori del gruppo B1 – B4, operando dal coronamento diga, in modo da ottenere un rilievo tomografico della velocità V_p per profondità comprese tra la quota del cunicolo inferiore della diga (zona basale dei conci in calcestruzzo) e il fondo foro (circa 30 m in roccia).

La tomografia sonica richiesta (onde P) potrebbe richiedere il pre-rivestimento dei fori con tubo in PVC chiuso all'estremità profonda, con intercapedine tubo – roccia sigillata integralmente con boiaccia cementizia. Il tubo viene riempito d'acqua per ottenere un adeguato accoppiamento acustico tra strumenti (sorgente e ricevitori di onde P), tubo e roccia circostante.

Per consentire una corretta elaborazione dei dati di misura, è necessario effettuare un rilievo preliminare della geometria dei fori, mediante rilievo inclinometrico bidirezionale di ciascuna verticale e rilievo topografico della posizione della testa dei 4 fori.

Il rilievo di tomografia sonica permette di ricavare mappe (tomogrammi) della distribuzione della velocità di propagazione delle onde P (e quindi delle caratteristiche elastiche del mezzo) lungo sezioni piane. Il punto di partenza per la ricostruzione di tali mappe è dato dalla misura dei tempi di propagazione delle onde longitudinali lungo un elevato numero di percorsi i quali, con diverse inclinazioni, si incrociano mutuamente nella zona delimitata dalla posizione dei punti di emissione e ricezione in foro.

L'indagine sarà eseguita nel rispetto dei seguenti requisiti. Posizionamento della catena dei ricevitori idrofonici (passo 1 m) in un foro e della sonda trasmittente nel foro adiacente, posizionando quest'ultima a profondità variabile con passo 1 m. Riposizionamento di sorgente e ricevitori in un'altra coppia di fori in modo da ottenere un'adeguata copertura di percorsi delle onde sull'intera sezione investigata (delimitata dai fori esterni B1 e B4). Le caratteristiche della sorgente e dei ricevitori saranno scelte in modo da ottenere una risoluzione ottimale in un ammasso granitico prevedibilmente di qualità discreta-buona (con riferimento all'indice di qualità GSI).

Tempi di esecuzione

Come precedentemente indicato i lavori potranno avere inizio quando la quota di invaso dello sbarramento è significativamente inferiore a 550 m s.l.m., in modo che per tutta la durata delle indagini si possa ragionevolmente prevedere che la quota di invaso resti inferiore al valore prescritto.

Per la realizzazione dei lavori sono stati previsti 60 giorni naturali e consecutivi, nella stima sono stati valutati e ricompresi i tempi necessari all'esecuzione delle lavorazioni dovute allo svolgimento delle indagini specialistiche da parte di altra impresa specializzata in indagini geotecniche.

I Progettisti

Ing. Stefania Todde

Ing. Francesco Caturano