



ASSEGNERATO A *Reticoli*
IL 28/06/2013

ROMA.

Viale del Policlinico, 2 - 00161 - tel 06/4989532889 fax 44442523

Ministero delle infrastrutture e dei trasporti

Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche
Divisione 4 - Coordinamento istruttoria progetti e vigilanza lavori

Prot. 24.2013 0012781
16-07-2013

Alla Infrastrutture lombarde S.p.A.
Via Nicolò Copernico, 38
20125 MILANO

Alla Regione Lombardia
Direzione generale territorio e urbanistica
Piazza Città di Lombardia, 1
20124 MILANO

Al Ministero delle infrastrutture e dei trasporti
Ufficio tecnico per le dighe di Milano
Via Cordusio, 4
20123 MILANO

M INF DIGHEIDREL
D.G. Dighe Infrastr. Idr. Eletr.
REGISTRO UFFICIALE
Prot:0008587 - 28/06/2013
USCITA

N.arch. 143
LAGO D'IDRO

Prog. 929
Al:0



OGGETTO : Diga del Lago d'Idro (n. arch. SND: 143) (BS).
Progetto definitivo "Nuove opere di regolazione per la messa in
sicurezza del lago d'Idro".
Approvazione tecnica, con prescrizioni, ai sensi della L. 584/94.

Questa Direzione generale ha condotto l'esame istruttorio del progetto definitivo in epigrafe, inerente nuove opere di regolazione del Lago d'Idro consistenti essenzialmente nella realizzazione di una galleria di scarico in sponda destra ed in una traversa di tipo mobile sull'emissario naturale. La nuova galleria in progetto, che si sviluppa su un tracciato di circa 1.300 m e rispetto alla attuale galleria ha rispettivamente l'imbocco avanzato a monte e lo sbocco spostato a valle, può essere suddivisa in quattro manufatti : opera d'imbocco, galleria di by-pass, manufatto di dissipazione, opera di scarico e restituzione al fiume Chiese. La traversa in progetto, posizionata a monte della zona caratterizzata da pericolosità per frana ove insiste quella attuale, è costituita da una struttura in conglomerato cementizio ordinario composta da platea, muri d'ala verticali, pila centrale ed è dotata di due paratoie principali metalliche a settore di luce 11,50 m nonché di una paratoia piana per il rilascio del minimo deflusso vitale. In progetto è pure prevista la dismissione della traversa attuale e la chiusura della esistente galleria interessata da estesi tratti di dissesto strutturale.

Il progetto definitivo in argomento, in sostituzione della precedente versione del 2011, è stato formalmente inviato da *Infrastrutture Lombarde S.p.A.* con la nota n. prot. ENE-010612-00002 del 1/6/2012; gli elaborati progettuali sono firmati dall'Associazione temporanea : Favero & Milan Ingegneria S.p.a., Ingegneria 2P & Associati S.r.l., Studio Cancelli associato ed Ing. Giuseppe Baldo.

Successivamente la Regione Lombardia - Direzione generale territorio e urbanistica - Tutela e valorizzazione del territorio - Programmazione, reticoli idrografici e demanio idrico, con la nota e n. prot. Z1.2012.30118 del 28/11/2012 ha trasmesso le verifiche di stabilità della traversa allo scorrimento ed il Rapporto di monitoraggio della frana in sinistra idrografica del fiume Chiese in Comune di Idro (BS) predisposto da A.R.P.A. Lombardia ed aggiornato al 12/11/2012.

Ai fini dell'emissione, da parte di questa Direzione, di un compiuto pronunciamento, la proposta progettuale in argomento è stata poi trasmessa - con nota n. prot. 2931 del 28/2/2013 ed unitamente alla relazione istruttoria di questa Divisione - al Consiglio superiore dei lavori pubblici, che l'ha esaminata nelle sedute della IV Sezione del 16.5.2013 e 6.6.2013 ed ha in definitiva espresso - con il Voto n.40/2013 pervenuto con nota n. 5291/24.06.13 - il parere che il Progetto definitivo relativo alle "Nuove opere di regolazione per la messa in sicurezza del lago d'Idro" debba essere sviluppato ed attuato con le prescrizioni, osservazioni e raccomandazioni riportate nel Voto stesso, da intendersi integrative rispetto a "quanto già espresso dalla Direzione generale per le dighe".

Le prescrizioni rese dalla IV Sezione sono testualmente anche riportate nell'allegata relazione istruttoria di questa Divisione e sono focalizzate principalmente - riassumendo - sui seguenti aspetti :

Aspetti amministrativi

E' opportuno che venga definita l'adozione del provvedimento di concessione, con gli aspetti necessari a definire il soggetto preposto all'esercizio delle opere ed alla regolazione del lago, nonché i regimi delle fasce rivierasche interessate dall'escursione del livello del lago e quindi il limite superiore del demanio lacuale.

Aspetti gestionali

Nella definizione della regola di gestione del lago, che potrà essere articolata in condizioni ordinarie e condizioni straordinarie, è da condurre una verifica, se non già disponibile, in merito alla compatibilità fra valori di portata esitabili dalla nuova galleria e i valori di portata transitabili nell'alveo a valle della zona di rilascio dalla galleria.

Per una più efficace attuazione della regola adottata si potrà prevedere il supporto di un sistema di previsione, mediante modellazioni di scenario e rilievi di grandezze che consentano di calibrare con continuità le previsioni degli afflussi dal bacino di monte, nonché le misure e le modalità di attivazione del piano di emergenza per condizioni straordinarie.

Aspetti inerenti il movimento franoso

Riguardo le opere previste nel progetto definitivo preso in esame, si ritiene debba essere rielaborata ed aggiornata la sintesi degli studi ed indagini disponibili, sulla base degli ulteriori dati acquisiti, da prendere quale riferimento per una verifica che escluda una qualunque interferenza dello scenario evolutivo della frana in sponda sinistra con l'ubicazione della nuova traversa. Fermo restando che si dovrà comunque proseguire nel monitoraggio della frana, eventualmente rimodulando il piano delle misure.

Aspetti idrologici

Le opere in progetto non dovranno porre a rischio il territorio di valle scaricando una portata che, aggiungendosi ai contributi dei vari affluenti, risulti incompatibile con le condizioni dell'alveo fluviale. Affinché l'intervento in progetto risulti funzionale e la gestione delle opere non induca future situazioni di rischio di inondazione, la Sezione suggerisce che sia condotto un esaustivo studio idrologico finalizzato alla definizione degli scenari di rischio idraulico lungo il percorso del fiume Chiese emissario, sia nella valle Sabbia che nel tratto arginato di pianura.

Aspetti idraulici

Il dimensionamento idraulico della galleria di deviazione, pur condotto con attenzione, accetta un molto accentuato grado di riempimento della sezione: ciò avviene anche nella parte iniziale della galleria dalla quale proviene la alimentazione di aria che mantiene il pelo libero alla pressione circa atmosferica; sussistono dubbi che in caso di passaggio della massima portata non si realizzi l'attacco della vena liquida al cielo della galleria con conseguente mal funzionamento dell'opera e si raccomanda quindi di riservare un idoneo tirante d'aria in galleria a garanzia del buon funzionamento dell'opera idraulica. A parere della Sezione i calcoli sull'andamento trasversale del pelo libero e sulla formazione di onde stazionarie appaiono migliorabili ed è pure consigliabile una verifica della formazione di *roll waves*.

Il punto più critico dell'opera di deviazione è costituito dalla restituzione dello scarico nell'alveo del Chiese; i calcoli idraulici con il codice HEC-RAS non descrivono correttamente il problema e non possono in alcun modo sostituirsi allo studio su modello idraulico. Anche la sperimentazione su modello pone problemi di interpretazione in quanto la riproduzione in scala della formazione del risalto in galleria non è, per ragioni teoriche, pienamente rappresentativa. La relazione idraulica riporta molto succintamente i risultati della sperimentazione di laboratorio. In mancanza della relazione completa del laboratorio non è possibile formulare ulteriori osservazioni in proposito. Infine, si ritiene che dovrebbe essere approntata anche la modellazione fisica del tratto del fiume Chiese nel quale si immette lo scarico, per ben visualizzare possibili fenomeni di erosione localizzata. La simulazione dell'immissione in Chiese col codice HEC-RAS è da considerarsi inadeguata e non può sostituire una più corretta simulazione come è, ad esempio, quella riferibile al modello bidimensionale dell'Università di Parma.

Il Progetto prevede la possibilità di panconare le luci della traversa ma le tavole grafiche esaminate non individuano né l'area di deposito dei panconi né il dispositivo (carro ponte o altro) richiesto per calare panconi di non indifferente lunghezza in spazi di ridotta agibilità. Medesime osservazioni riguardano la galleria di deviazione.

Particolare attenzione richiede la fornitura di aria in condotto, soprattutto se si considera che il franco d'aria è piccolo. Le tavole grafiche non evidenziano il posizionamento di un aeroforo a valle delle paratoie d'imbocco. Parimenti si rileva che l'aeroforo posto a valle della vasca del risalto risulterebbe più efficace se l'alimentazione d'aria venisse spostata a monte del risalto che, per la sua turbolenza, è il grande consumatore d'aria.

Aspetti geotecnici

I terreni di fondazione della platea della traversa si presentano con una significativa variazione in profondità e trasversali. Nello sviluppo della progettazione, si dovrà dare corso ai necessari approfondimenti di indagine, prevedendo già in questa fase che i trattamenti dei terreni di fondazione siano estesi a tutta l'impronta della platea di fondazione della traversa.

Le opere di sostegno per la realizzazione del tratto in artificiale all'imbocco della nuova galleria prevede l'uso di ancoraggi con tratto attivo a trefoli di acciaio armonico e fondazione con bulbo iniettato. Il dimensionamento degli ancoraggi presuppone l'esistenza di 5 verticali di indagine dalle quali dovrebbe essere possibile dedurre la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione. I sondaggi in realtà sono per lo più di tipo stratigrafico ed è necessario quindi giustificare le ipotesi sui fattori di correlazione adottati dai progettisti. Inoltre, nel merito del calcolo degli ancoraggi, il confronto fra resistenza a sfilamento della fondazione e resistenza limite del tratto libero deve essere svolto in termini di valori caratteristici e non di progetto.

Per la galleria il progetto prevede una articolata serie di sezioni tipo, con differenti interventi di consolidamento e di rivestimento in relazione alla presumibile variabilità delle caratteristiche dell'ammasso roccioso. La scelta delle sezioni da adottare, secondo le indicazioni di progetto, sarà condotta mediante il ricorso al metodo osservazionale, sulla base delle notizie raccolte in avanzamento allo scavo della galleria. In proposito, si ricorda, che le NTC 2008 al punto 6.2.4 prevedono che *"Nei casi in cui a causa della particolare complessità della situazione geotecnica e dell'importanza e impegno dell'opera, dopo estese ed approfondite indagini permangano documentate ragioni di incertezza risolvibili solo in fase costruttiva, la progettazione può essere basata sul metodo osservazionale"*. Ne consegue che, non essendo state eseguite indagini puntuali lungo lo sviluppo della galleria, se non nelle zone di imbocco, in quanto ritenute non risolutive in relazione alla complessità della formazione attraversata, si dovranno opportunamente valorizzare i dati e studi disponibili ovvero ricorrere ad una nuova campagna di indagini con metodi diretti e indiretti, per soddisfare la precondizione posta dalle richiamate NTC 2008 in merito alla estensione ed approfondimento delle indagini necessarie a presupposto dell'impiego del metodo osservazionale. Al riguardo la Sezione richiama altresì le previsioni di cui al punto 6.7.3 delle NTC 2008.

Aspetti strutturali

Sul volume di fondazione è attesa una forte deformabilità a fronte della quale non sono chiaramente definiti i provvedimenti di progetto. L'unico intervento rappresentato sugli elaborati grafici e di cui si dà notizia nella relazione è uno schermo di colonne jet-grouting in prossimità del filo di monte della platea con l'evidente funzione di limitare la filtrazione sotto la traversa; nella verifica allo scorrimento però viene messa in conto la presenza di colonne jet-grouting diffuse su tutta la fondazione della traversa, presenza che sembra trovare conferma negli elaborati amministrativi. Peraltro il

comportamento sismico del terreno in cui è immersa la traversa è del tutto ignorato e le verifiche sono condotte di fatto facendo riferimento a forze indotte dalla spinta del terreno dovuta al sisma, come se si trattasse di un muro di sostegno e alla spinta aggiuntiva dell'acqua. Sembra importante che il progettista valuti lo stato di deformazione che il sisma impone al terreno e di conseguenza le deformazioni che il terreno impone alla struttura ed al terreno circostante considerando la relativa interazione che ne consegue. A tal fine si potrà far riferimento anche a metodologie statiche semplificate. Peraltro le deformazioni del terreno indotte dal sisma possono avere effetto anche sulle gallerie realizzate che devono pertanto essere conseguentemente concepite e verificate.

La stessa azione sismica va attentamente valutata, non sembra logico fermarsi alla mera stima del picco di accelerazione, anche per le considerazioni sopra esposte. Peraltro, stante l'importanza dell'opera, sarebbe opportuno valutare la possibilità di terremoti differenti da quelli implicitamente considerati nelle NTC 2008, per effetto ad esempio di faglie vicine o lontane.

Altro aspetto da chiarire è come viene realizzata la continuità strutturale dell'intera traversa, che emerge nelle verifiche, in presenza dei giunti che isolano le pile dalla platea. Occorrerà inoltre dare attenta giustificazione delle formule di verifica utilizzate, e riportate nella norma italiana con riferimento a elementi strutturali diversi da quelli tozzi della struttura in questione. Infine attenta valutazione in sede di progetto esecutivo va rivolta ai dettagli costruttivi che dovranno garantire la duttilità necessaria alle varie opere per poter assecondare i movimenti e le relative distorsioni imposte dal sisma con adeguata sicurezza.

La IV sezione del Consiglio superiore, oltre a confermare le prescrizioni contenute nella istruttoria della Direzione generale per le dighe, richiama la necessità che nella programmazione delle opere si debba tener conto che la galleria di deviazione sia da considerarsi prioritaria rispetto alla realizzazione della traversa e pertanto risulti necessario prevedere un piano di emergenza sia per la situazione attuale, in attesa dell'esecuzione degli interventi, sia nelle condizioni transitorie con interventi in corso.

Sulla base di tutto quanto precede, considerato il complesso delle osservazioni esposto in sede istruttoria, unitamente al citato parere della IV Sezione del Consiglio Superiore dei LL.PP., con la presente si rilascia la formale approvazione, per quanto di competenza sotto l'esclusivo profilo tecnico, del progetto definitivo "Nuove opere di regolazione per la messa in sicurezza del lago d'Idro", ai sensi dell'art.1, commi 5 e 6, del D.L. 8.8.1994 convertito dalla L. 21.10.1994 n. 584, subordinatamente all'ottemperanza, nel prosieguo dell'iter progettuale, alle prescrizioni, raccomandazioni ed osservazioni riportate nella relazione istruttoria allegata alla presente, cui si rinvia per i dettagli, e che di seguito si riassumono :

Aspetti di carattere generale

- Il parere di questa Divisione in merito all'adozione della soglia che innalza l'imbocco dello scarico di fondo, eliminata nella versione progettuale "maggio 2012", sarebbe stato del tutto sfavorevole vista la riduzione - peraltro molto consistente - del volume di regolazione dell'invaso che rappresenta la risorsa primaria nei riguardi della mitigazione del rischio idraulico.
- Sussistono differenze nei riferimenti adottati per le quote delle opere nonché per i livelli idrici di invaso: tutta la documentazione agli atti di questa Amministrazione, dal collaudo del 1933, al F.C.E.M. del 2002, fino alle fasi di progettazione preliminare, adotta come riferimento altimetrico l'idrometro del lago d'Idro, mentre la progettazione in esame riferisce le quote alla rete IGM. Al fine di assicurare chiarezza di esposizione e di progettazione, è opportuno che il progetto sia corredato da apposita relazione che attesti la differenza tra i diversi riferimenti adottati ed è altresì opportuno che gli elaborati progettuali indichino in modo evidente oltre le quote riferite alla rete IGM anche quelle riferite all'idrometro storico del Lago.
- La portata di massima piena è stata rivalutata in progetto pari a 1086 m³/s (portata al colmo millenaria) sulla base di studi idrologici effettuati nel 2006 ed ulteriormente aggiornati, a fronte

di una portata di massima piena originaria pari a 300 m³/s (collaudo 1933) e di una rivalutazione dell'Ufficio Idraulica del Servizio Nazionale Dighe effettuata nel 1999, che indicava in 1276 m³/s il valore al colmo di portata associata ad un tempo di ritorno millenario. In progetto sono stati altresì determinati gli idrogrammi di piena più gravosi in termini di volume e di massima quota raggiunta in condizioni estreme di piena. Con riferimento alle disposizioni dell'art.5 del D.P.R. 1363/59 questa Direzione prende atto del parere favorevole sulla determinazione degli afflussi di progetto per eventi con tempi di ritorno compresi tra 20 e 1000 anni da parte del competente Servizio idrografico regionale - Arpa Lombardia (nota interlocutoria U.O. Servizio idrografico, n.91563 del 4/7/11 e successivo parere favorevole U.O. Interventi straordinari di mitigazione del rischio idrogeologico, n.132270 del 4/10/11), formalizzato dalla Regione Lombardia con la Delibera di Giunta del 10/10/12 n. IX/4148 "*Espressione del parere al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare in merito al progetto di opere per la messa in sicurezza della traversa di regolazione del lago d'Idro. Proponente: Infrastrutture lombarde s.p.a.*", ritenendo comunque condivisibile, in quanto basato su una più estesa serie storica di misure dirette e/o ricostruite di portate rispetto a quella posta a base del parere del 1999, lo studio di rivalutazione correlato e annesso al progetto.

- Per il dimensionamento della galleria di by-pass funzionale alla messa in sicurezza del lago, la portata massima di progetto è stata posta pari a 300 m³/s per motivi di compatibilità con la capacità di deflusso del fiume Chiese a valle. Tale assunzione, che di fatto, in caso di eventi o scenari estremi, ripartisce anche nei confronti dei territori circumlacuali il rischio idraulico residuo, risulta discendere da precedenti accordi tra le amministrazioni territoriali interessate, dei quali questo Ufficio prende atto. Si segnala tuttavia l'opportunità che tale scelta progettuale sia accompagnata da riferimenti (a livello idraulico, indipendentemente dallo studio di VIA) anche agli atti di pianificazione di bacino, provvedendosi altresì ad un aggiornamento della valutazione della portata massima transitabile in alveo a valle dello sbarramento ai sensi della circolare PCM 22806/95.
- Sussistono elementi di incertezza a livello progettuale relativamente alla quota di massimo invaso risultante dalla realizzazione delle nuove opere in rapporto alla piena millenaria di progetto: negli elaborati si fa riferimento alla quota 368,97 m s.l.m. (quota IGM, corrispondente alla quota 370,97 m s.l.m. riferita all'idrometro del Lago d'Idro, a fronte di una quota di massimo invaso da FCEM di 370,00 m s.l.m. parimenti riferita all'idrometro) che tuttavia discende da analisi di laminazione implicanti una condizione iniziale di pre-svaso del lago fino alla quota di 364,75 m s.l.m. (quota IGM corrispondente alla quota 366,75 m s.l.m. riferita all'idrometro). Le analisi di laminazione effettuate dal proponente assumendo, come da norma, il lago in condizioni iniziali di massima regolazione, portano a quote di massimo invaso superiori (quota IGM 371,23 m s.l.m. corrispondente ad una quota 373,23 m s.l.m. riferita all'idrometro, nell'ipotesi di regolazione dei deflussi attraverso il by-pass, con quote di massimo invaso anche maggiori regolando i deflussi attraverso la nuova traversa), con benefici decisamente minori in termini di riduzione delle aree circumlacuali soggette ad allagamento. Al riguardo occorre pertanto precisare che la quota di massimo invaso deve essere considerata pari a quella derivante dalla più gravosa analisi di laminazione dell'evento/i millenario che trovi inizialmente il lago alla quota massima di regolazione; a tale quota di massimo invaso deve farsi riferimento per le verifiche di sicurezza correlate.
- La possibilità di pre-svasi basati su previsioni meteorologiche deve in ogni caso essere assentita mediante l'adozione da parte della Regione Lombardia, di intesa con la Provincia autonoma di Trento, di apposito piano di laminazione secondo la Direttiva P.C.M. 27/2/04 recante indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento per il rischio idrogeologico ed idraulico ai fini di protezione civile. Detto piano, essendo rivolto anche alla tutela dei territori di monte, dovrà contenere riferimenti anche per gli aspetti di rischio idrogeologico, in connessione con il Documento di protezione civile della traversa e con il piano

di emergenza provinciale, entrambi da aggiornarsi in funzione delle modifiche alle opere di regolazione del lago.

- Stante la rilevanza degli effetti di propagazione delle piene naturali ed artificiali a valle dello sbarramento e degli effetti connessi con i fenomeni di laminazione sui territori di monte, è necessario che il progetto sia integrato con specifiche elaborazioni (enucleando gli elementi già in parte inseriti nei documenti di progetto) costituenti separatamente gli studi di propagazione delle onde di piena artificiali conseguenti alle manovre volontarie degli organi di scarico e all'ipotetico collasso della traversa, secondo le raccomandazioni tecniche di cui alle circolari 4.12.1987 n. 352 del Ministero dei lavori pubblici e 13.12.1995 n. DSTN/2/22806 della Presidenza del consiglio dei ministri. Nel caso specifico elaborazioni con analoghe finalità di protezione civile (pianificazione di emergenza) dovranno essere effettuate, con riferimento agli scenari di progetto, anche relativamente ai territori di monte.
- E' opportuno che sia trasmesso ed integrato con il progetto delle opere anche il progetto di gestione dell'invaso ai sensi dell'art. 114 del D.Lgs.152/06, con riferimento alla gestione dei fenomeni di interrimento (in particolare degli imbocchi degli scarichi) e agli scenari per l'utilizzazione degli scarichi di fondo in corrispondenza degli eventi di piena.
- Con riferimento all'innalzamento degli argini in sponda sinistra a monte della nuova traversa, si ravvisa la necessità di adempiere alle relative disposizioni della "Proposta di aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)" e verificare la idoneità alla permanente trattenuta dell'acqua in condizioni di sicurezza sino ad un livello di pelo libero pari alla quota massima di invasore.
- Si ritiene opportuno, vista la specificità delle opere da realizzare, l'adeguamento del progetto definitivo alle disposizioni del comma 3 art. 24 del D.P.R. 5/10/2010 n. 207, in merito al corredo dello stesso progetto definitivo con il piano di sicurezza e coordinamento.
- Con riferimento alla classe di esposizione dei conglomerati cementizi si ritiene opportuno che la definizione delle miscele sia basata anche su analisi chimiche preventive, i cui risultati dovranno essere confrontati con i "valori limite per le classi di esposizione all'attacco chimico nel suolo naturale e nell'acqua del terreno" stabiliti nel prospetto 2 della norma UNI EN 206-1.
- L'accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale utilizzata nelle verifiche delle opere del progetto esaminato è pari a 0,241·g, a fronte del valore 0,266·g ricavato da questa Divisione - mediante l'utilizzo del foglio di calcolo "Spettri-NTC 1.03" disponibile sul sito internet del Consiglio superiore dei lavori pubblici - nel punto della nuova traversa, con riferimento allo Stato Limite di Collasso ed al periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = 200$; si ritiene al riguardo necessario adeguare, ai suddetti stato limite e periodo di riferimento, le azioni sismiche considerate nelle verifiche delle opere allo stato limite ultimo.
- Per quanto concerne l'intero insieme delle opere definitive in conglomerato cementizio armato si raccomanda, nella successiva fase progettuale, il sistematico rispetto delle disposizioni contenute nell'art. 4.6.1 delle NTC 2008 e riguardanti i dettagli costruttivi.

Aspetti specifici sulla galleria di by-pass

- La soluzione della realizzazione della galleria di by pass con funzionamento idraulico sottobattente e soglia di imbocco a quota 359,50 m s.l.m. (IGM), risulta ovviamente migliorativa ai fini di sicurezza e della gestione dei livelli, dovendosi escludere l'accettabilità di soluzioni con soglie limitanti l'escursione dei livelli nel lago per motivi di sicurezza in condizioni di piena e per esigenze di flessibilità di gestione dei livelli stessi anche in condizioni di emergenza (si rimanda sul punto anche al parere tecnico pro-veritate del 2008 a firma del prof. U. Majone).
- Occorre evidenziare che, alla luce anche delle analisi di laminazione di progetto e del posizionamento della nuova traversa, il by-pass assume rilievo non solo come opera in grado di consentire i deflussi dal lago in caso di scenario limite di frana occludente l'alveo del Chiese, ma anche per consentire l'ordinaria gestione delle piene, evitandosi impegni significativi dell'alveo

al piede della frana; detta funzione dovrà essere evidentemente recepita anche negli accordi tra le amministrazioni e nel F.C.E.M..

- Tenuto conto delle approssimazioni e limitazioni cui è stato assoggettato il modello fisico del by-pass (modellazione del solo tratto terminale delle opere, escluso il tratto in curva), della posizione in galleria della vasca di dissipazione e del fatto che il risalito idraulico nella vasca stessa risulta leggermente annegato (con inizio del fenomeno dissipativo nel tratto terminale dello scivolo prima della vasca), è opportuno conseguire ulteriori valutazioni basate su un'estensione del modello oppure dimensionamenti cautelativi delle opere in galleria, con riferimento in particolare al franco rispetto all'intradosso del rivestimento della galleria stessa nelle tratte terminali.
- Nelle analisi di laminazione cui fa riferimento la relazione idraulica di progetto, la portata massima scaricata dalla galleria di by-pass nello scenario peggiore di ostruzione dell'alveo a valle dell'esistente traversa, risulta pari a $335 \text{ m}^3/\text{s}$, a fronte di una portata massima dichiarata di $300 \text{ m}^3/\text{s}$; le prove su modello fisico sono comunque state estese fino al citato valore di portata.
- Le condizioni di flusso e le elevate velocità che si manifestano a valle dello sbocco della galleria di by-pass nel fiume Chiese comportano la necessità di progettare idonee e più impegnative difese dell'alveo, in modo da garantire la funzionalità e la sicurezza delle aree anche in caso di eventi estremi.
- Nella redazione del progetto esecutivo e nello svolgimento dei lavori sarà necessario tenere presente i limiti dell'intero impianto di definizione della caratterizzazione geomeccanica del tracciato, il quale è fondato sulle rituali ed indispensabili ricerche cartografiche, su sondaggi eseguiti in prossimità degli imbocchi nell'ambito del progetto definitivo nonché sull'osservazione di dati geologici di superficie caratterizzati dalla limitatezza di giaciture e da affioramenti piuttosto distanti dal tracciato della galleria.
- Le considerazioni riguardo le incertezze conoscitive lungo l'asse del cavo circa lo schema strutturale della dorsale, portano a ritenere che le operazioni di scavo e rivestimento provvisorio/definitivo della nuova galleria debbano essere affiancate da una sorta di metodo osservazionale, supportato da sondaggi in avanzamento al fronte di scavo di lunghezza pari a 25-30 m che consentano di investigare la sequenza di litofacies e le condizioni geostrutturali dell'ammasso roccioso, non soltanto nei tratti ove il profilo geomeccanico di progetto ipotizza un passaggio tra diverse formazioni.
- Per quanto concerne le verifiche del rivestimento di I fase si prende atto dei risultati esposti nella relazione di calcolo del progetto ma nel contempo si rileva quanto segue. Nelle verifiche dello strato di spritz beton (calcestruzzo proiettato), in assenza di espliciti riferimenti della norma a tale tipologia strutturale, per la verifica alle tensioni normali si è utilizzata la resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo $f_{cd} = 0,85 f_{ck} / 1,5$ mentre per la verifica alle tensioni tangenziali si è fatto ricorso alla tensione ammissibile τ_{c0} di cui al D.M. LL.PP. 14/02/92. Al riguardo si ritiene opportuno, nella successiva fase di progettazione, prendere a riferimento un approccio normativo univoco.
- Con riferimento alle verifiche di sicurezza delle centine metalliche del priverestimento si rappresenta come nella valutazione della tensione tangenziale resistente di calcolo delle sezioni, peraltro moderatamente impegnate a taglio, non sia stato considerato il coefficiente divisore $\gamma_{M0} = 1,05$; si ritiene inoltre opportuno esplicitare le condizioni per la scelta del criterio di resistenza adottato, con riferimento alle disposizioni dell'art. 4.2.4.1.2 delle NTC 2008 ed alla possibilità di trascurare la mutua influenza tra le diverse caratteristiche di sollecitazione.
- Nelle verifiche del rivestimento di I fase della sezione tipo A2 (Arenarie di Val Sabbia Copertura 50 m), dall'esame delle curve caratteristiche e di deconfinamento, i valori di pressione fittizia riportati nella tabella del progetto a 2,0 e 4,5 m dal fronte sono apparsi errati, anche con riferimento alle uscite grafiche del modello bidimensionale che recano valori di convergenza

rispettivamente pari a circa 1,3 e 1,5 mm equilibrati da pressioni fittizie pari a 375 e 225 kPa, in accordo con gli andamenti delle curve suddette. Tale ultima circostanza induce a ritenere che nel calcolo siano stati utilizzati i valori corretti di pressione fittizia, necessaria per tenere conto del comportamento tridimensionale del cavo, ma nel contempo si richiede un controllo in merito nella successiva fase progettuale.

- I valori delle caratteristiche di sollecitazione agenti sul rivestimento di I fase “equivalente” riassunti nei relativi paragrafi (“*Risultati delle verifiche - Rivestimento di I fase*”) della relazione di calcolo, non sono stati sistematicamente riscontrati sulle uscite grafiche del programma agli elementi finiti bidimensionale utilizzato; i controlli effettuati, nei casi controversi, da questa Divisione hanno condotto a ritenere effettivamente utilizzati i valori riportati dal programma ed al riguardo si rappresenta la necessità di rendere meglio leggibili i valori delle caratteristiche di sollecitazione utilizzate e le sezioni ove esse agiscono.
- Per quanto concerne l’esecuzione del tratto in galleria naturale in prossimità dello sbocco nel detrito di versante, mediante la sezione del tipo C1 con copertura di appena 5,50 m, pari a circa la metà del diametro di scavo - tenuto conto del determinante incremento di coesione affidato in progetto ai consolidamenti con barre in VTR (valvolate ed iniettate al contorno, semplicemente cementate al fronte) - si ritiene opportuno valutare in alternativa, con particolare riferimento alla sicurezza delle operazioni di scavo nonché ai cedimenti in superficie, un preventivo intervento dall’esterno per il consolidamento del terreno circostante il futuro profilo di scavo.
- Nelle verifiche della sezione tipo C2, prevista all’imbocco nel detrito di versante con copertura di circa 20 m, la valutazione della forza resistente di calcolo prodotta dai consolidamenti suborizzontali non appare adeguatamente chiarita con riguardo alla stima della coesione ed alla geometria degli elementi in jet grouting, anche in relazione all’importante incremento di valore della coesione del terreno affidato ai trattamenti colonnari. Al riguardo si ritiene necessario esplicitare con maggiore dettaglio i passaggi relativi alla stima del miglioramento dei parametri geotecnici.
- Le verifiche del rivestimento definitivo della galleria naturale sono state svolte utilizzando uno schema agli elementi finiti monodimensionali interagenti con vincoli elastici che modellano il terreno, si ravvisa al riguardo la opportunità di associare a tali verifiche quelle conseguenti all’estensione - anche al suddetto rivestimento finale - del modello di calcolo bidimensionale già utilizzato per le verifiche del prerinvestimento.
- Le verifiche a fessurazione del rivestimento definitivo, nei casi di superamento dello stato limite di formazione delle fessure (rappresentato dalla tensione normale di trazione $\sigma_t = f_{ctm}/1,2$), sono state svolte secondo la procedura indicata dall’Eurocodice 2 con calcolo diretto dell’apertura w_k ed accettazione dei valori inferiori al $w_{max} = 0,3$ mm. Con riferimento a tale verifica ed alle disposizioni sia dell’Eurocodice 2 che dell’art. 4.1.2.2.4 delle NTC 2008, si richiama la necessità di procedere alla verifica a fessurazione anche per la combinazione di carico “quasi permanente” (oltre a quella “frequente” che risulterebbe essere stata utilizzata nel progetto esaminato) in quanto: è prevista la verifica allo stato limite di apertura delle fessure per le 2 combinazioni di carico in entrambi i testi normativi; nell’insieme delle azioni considerate non compaiono azioni variabili (“Q” in NTC 08) per cui le combinazioni “frequente” e “quasi permanente” coincidono e danno luogo ad un unico valore di calcolo di apertura delle fessure, il quale nello stato quasi permanente deve essere limitato ad un valore inferiore a quello considerato, che nel caso di condizioni ambientali “aggressive” viene indicato in $w_l = 0,2$ mm.
- Con riferimento all’attraversamento della zona di faglia, con sezioni di scavo peraltro maggiorate, si ritiene opportuno nella successiva fase di progetto valutare eventuali incrementi delle sezioni impiegate nonché ulteriori consolidamenti di una fascia significativa al contorno del cavo i cui parametri operativi di dettaglio siano compiutamente definiti a seguito dei rilievi geologici e geomeccanici del fronte.

- Con riferimento ai trattamenti in jet-grouting in avanzamento, al fine di ridurre il rischio che la gettiniezione di una colonna danneggi quelle precedentemente eseguite, si rappresenta l'opportunità che sugli elaborati progettuali di cantiere sia sistematicamente esplicitata la prescrizione di iniettare colonne non contigue.
- Per quanto concerne i tratti di galleria in cui è prevista l'impermeabilizzazione del rivestimento definitivo è opportuno prevedere l'adozione, laddove necessario, di pannelli drenanti in materiale plastico al fine di captare eventuali forti venute d'acqua che ostacolerebbero il corretto stendimento degli strati di compensazione in TNT e di impermeabilizzazione in PVC. Si ritiene inoltre opportuno al fine di garantire l'efficacia dell'impermeabilizzazione definire la procedura di verifica delle saldature tra i teli in PVC mediante test di pressione del vano risultante nel doppio cordone di termofusione.
- A prescindere dalla categoria di comportamento allo scavo del tratto di galleria naturale, e di sezione tipo adottata, è stato predisposto un sistema di drenaggio profondo in avanzamento lanciato all'esterno del nucleo definito negli elaborati grafici da "2+2 cannule microfessurate in PVC ϕ interno ≥ 40 mm rivestite di geotessile tessuto non tessuto L = 24 m sovrapposizione ≥ 16 m"; al riguardo si ritiene che - al fine di preservare effettivamente detto nucleo d'avanzamento da dannosi effetti di trascinamento connessi ad eventuali moti di filtrazione - sia opportuno: incrementare il numero delle canne che andranno disposte su una superficie conica, portarne la lunghezza ad almeno 3,0-3,5 diametri galleria e prescrivere che i tubi drenanti non siano fessurati per i primi metri a partire dal foro d'infissione.
- Con riferimento al fronte di scavo si ravvisa l'opportunità che gli elaborati di progetto ne prescrivano l'esecuzione secondo un profilo concavo longitudinale nonché l'applicazione su di esso di un adeguato spessore di calcestruzzo proiettato per i tratti a fronte instabile ed in occasione di ogni fermo cantiere.
- Per quanto concerne il consolidamento mediante jet grouting, barre in VTR ed iniezioni è necessario che la definizione dei rispettivi parametri operativi dei trattamenti e composizioni ottimali delle miscele cementizie sia suffragata, in adempimento alle disposizioni dell'art. 6.9.1 delle NTC 2008, dalla preliminare esecuzione in situ di un campo prove. Sui trattamenti colonnari si ritiene opportuno che nel progetto esecutivo vengano esplicitate le procedure di controllo in corso d'opera, finalizzate alla verifica della corretta conformazione geometrica delle colonne nonché della resistenza a compressione e del modulo elastico conseguiti dal terreno consolidato.

Aspetti specifici sulla traversa

- Il posizionamento della nuova traversa nel tratto terminale del lago con alveo a pendenza pressoché nulla fino alla traversa esistente, anche se necessario per garantire un'ubicazione esterna all'area in frana, instaura un funzionamento idraulico della traversa come luce a battente rigurgitata da valle all'aumentare della portata in arrivo. Risulta pertanto evidente che, a meno di modifiche del tratto di alveo in questione, la nuova galleria di by-pass non potrà essere utilizzata esclusivamente in caso di ostruzione dell'emissario del lago, bensì assume rilievo, come in precedenza osservato, anche al fine di gestire efficacemente i fenomeni di piena in condizioni ordinarie o eccezionali.
- Si evidenzia che già a partire da livelli superiori a quota 368,00 m s.l.m. (IGM) si ha un sormonto delle paratoie e quindi un deflusso a stramazzo dalla traversa anche nel caso in cui le paratoie rimangano chiuse; le valutazioni di progetto per detto scenario (limitate al caso di deflusso nullo attraverso la traversa nell'ipotesi di occlusione dell'alveo) devono pertanto essere estese per ricomprendervi tale condizione.
- Deve essere definita la scala di deflusso attraverso le paratoie della traversa per tutte le condizioni di apertura parziale e totale delle stesse al variare del livello di invaso, con espresse

valutazioni idrauliche in merito al contenimento o meno del risalto idraulico in platea per le più gravose condizioni che possono instaurarsi.

- L'attuale configurazione della nuova opera di sbarramento non garantisce un adeguato margine di sicurezza idraulica in termini di franco rispetto al coronamento; è pertanto necessario una modifica delle opere in progetto (quota di coronamento e zone di contenimento laterale) ovvero delle condizioni di regolazione del lago, con garanzia del rispetto del franco e del franco netto minimo regolamentare in condizioni di massimo invaso.
- Deve essere incluso tra gli scenari di verifica, anche ai fini della redazione degli studi sulle onde di piena artificiali, anche il caso di apertura contemporanea di paratoie dello scarico di by-pass e delle paratoie della traversa.
- Per quanto attiene alla dismissione della traversa esistente, è opportuno che il progetto preveda una configurazione delle opere residue che eviti, per quanto possibile, la realizzazione di un risalto sul fondo, allo stato previsto per il transito del DMV. Occorre inoltre che sia indicato il franco residuo tra pelo libero ed impalcato per lo scenario di piena più gravoso e che sia individuato il soggetto incaricato della manutenzione dell'opera residuale.
- Alcune incongruenze parrebbero emergere riguardo la situazione stratigrafica dell'imposta della spalla destra della traversa, con particolare riferimento al taglione in doppia cortina di colonne di jet grouting di profondità variabile da un minimo di 4 m in spalla destra ad un massimo di 8 m in sponda sinistra, al fine di evitare un contatto localizzato tra la base delle colonne di jet grouting ed il substrato con conseguenti possibili sbilanciamenti della fondazione ("tilting"). Al riguardo la quota di esecuzione del sondaggio S6/2009 (eseguito circa 60 m a valle dell'imposta in destra) e la estrapolazione delle relative indicazioni stratigrafiche alla zona di imposta, inducono a ritenere che alla quota di intradosso della platea di fondazione della traversa (363,00 m s.l.m.) gli scavi interesserebbero direttamente la formazione delle Arenarie di Val Sabbia, che in tale tratto vallivo viene peraltro indicata "sub affiorante" nella Carta geologica e geomorfologica (scala 1:5000) dell'area di progetto; in tale contesto il tratto terminale della traversa si intesterebbe, di fatto, entro l'ammasso roccioso arenaceo.
- Negli elaborati grafici e nella relazione di calcolo è riportata la presenza di una paratia di pali, con funzione di taglione di monte, sottostante la nuova traversa; di contro nella verifica allo scorrimento è riportata la presenza di un consolidamento in jet grouting con colonne affiancate sull'intera superficie di appoggio della traversa, rendendo necessario chiarire tale aspetto nella successiva elaborazione progettuale.
- Per quanto concerne la struttura della traversa si ritiene che la cerniera di vincolo delle paratoie sia eccessivamente prossima al filo esterno della struttura della pila esponendo pertanto detta zona ad una concentrazione di tensioni e deformazioni sfavorevoli nei riguardi della durabilità strutturale.
- L'azione sismica sulla traversa è stata determinata con un'espressione analoga a quella stabilita all'art. 7.11.6.2.1 delle NTC 2008 per una comune opera di sostegno nonché riconducibile al criterio dei carichi statici equivalenti pure previsto dal D.M. 24/3/1982, prescindendo dallo spettro di risposta del sito e da una associata ricerca del coefficiente sismico in ragione delle caratteristiche dinamiche dell'opera; si ritiene al riguardo necessaria la predisposizione, oltre all'adeguamento della verifica presentata ai richiamati valori di accelerazione orizzontale massima, di una valutazione dell'azione sismica che tenga conto dell'intero spettro di risposta di progetto ovvero motivi l'utilizzo della sola accelerazione cui esso è agganciato.
- I valori della resistenza a taglio di calcolo, delle pile della traversa, $V_{Rd} = 478 \text{ kN}$; $[v_{\min} + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = 585 \text{ kN}$, diversamente da quanto riportato nella Relazione di calcolo e pur essendo superiori al valore di calcolo dello sforzo di taglio agente - non soddisfano la limitazione inferiore fissata dalla Norme tecniche all'art. 4.1.2.1.3.1 per la resistenza di calcolo degli elementi di calcestruzzo in assenza di armature trasversali resistenti al taglio. Pertanto l'utilizzo dello schema resistente a taglio a prescindere dall'armatura trasversale potrà essere utilizzato, a

parità di geometria e materiale, con l'incremento della armatura longitudinale, comunque nei limiti previsti dal suddetto articolo delle Norme. Al riguardo si segnala inoltre la necessità costruttiva di disporre l'armatura sulle pile della traversa su almeno due strati per ciascun lato e comunque nel tassativo adempimento alle disposizioni sui dettagli costruttivi contenute nell'art. 4.1.6 delle Norme Tecniche approvate con D.M. 14/1/2008.

- Lo stato limite di fessurazione delle pile della traversa, come consentito dalle NTC 2008 art. 4.1.2.2.4.6, è stato valutato senza calcolo diretto. La verifica dell'ampiezza di fessurazione è stata assoluta limitando la tensione di trazione nell'armatura ad un massimo correlato al diametro delle barre ed alla loro spaziatura, mediante l'utilizzo delle tabelle C4.1.II e C4.1.III contenute nella circolare 2/2/2009, n. 617 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 Gennaio 2008". Dalle distribuzioni di armature verticali ed orizzontali e dalle tensioni d'esercizio per esse risultanti ne è derivato che, con riferimento alle condizioni ambientali "aggressive", la verifica esposta in progetto riguarderebbe la sola combinazione di azioni "frequente" ($w_d \leq w_2 = 0,3 \text{ mm}$) senza riferimenti alla ulteriore combinazione di azioni "quasi permanente" per la quale lo stato limite di fessurazione, nella suddetta condizione ambientale, è pari a $w_1 = 0,2 \text{ mm}$. Si ritiene pertanto necessario adeguare le suddette verifiche.
- I valori della resistenza a taglio di calcolo, delle platee della traversa, $V_{Rd} = 423 \text{ kN}$; $[\nu_{\min} + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = 585 \text{ kN}$, diversamente da quanto riportato nella Relazione di calcolo non soddisfano le verifiche di sicurezza nei riguardi dello sforzo di taglio di progetto e neppure la limitazione inferiore fissata dalla Norme tecniche all'art. 4.1.2.1.3.1 per la resistenza di calcolo degli elementi di calcestruzzo in assenza di armature trasversali resistenti al taglio. Pertanto l'utilizzo dello schema resistente a taglio a prescindere dall'armatura trasversale potrà essere utilizzato, a parità di geometria e materiale, con l'incremento della armatura longitudinale. Al riguardo si segnala, anche per le platee, la necessità costruttiva di disporre l'armatura nel tassativo adempimento alle disposizioni sui dettagli costruttivi contenute nell'art. 4.1.6 delle Norme Tecniche approvate con D.M. 14/1/2008.
- Le verifiche a scorrimento della traversa sono riferite alle azioni resistenti ed instabilizzanti relative all'intero sviluppo trasversale della traversa senza tenere conto della presenza dei giunti che definiscono una soluzione di continuità tra pile e platea, tale aspetto dovrà essere adeguatamente chiarito nella valutazione della sicurezza allo scorrimento nella successiva fase progettuale.
- Nelle verifiche a scorrimento della nuova traversa la spinta dell'acqua ritenuta non è stata moltiplicata per il coefficiente parziale per le azioni previsto dal Gruppo (A1) per carichi permanenti strutturali, a cui vengono associate le azioni dell'acqua e del terreno secondo quanto disposto dall'art. 6.2.3.1.1 delle NTC 2008; inoltre il coefficiente parziale γ_R del gruppo (R3) deve essere assunto pari a 1,15 in luogo del valore considerato 1,1, in base alle disposizioni della "Proposta di aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)" - approvata dal Consiglio superiore dei lavori pubblici in data 18/12/2009. Risulta pertanto necessario aggiornare tali verifiche tenendo presenti anche le osservazioni già esposte sulle azioni sismiche.
- Per quanto concerne la traversa non risultano svolte le verifiche relative allo stato limite ultimo che comporta il raggiungimento della resistenza in fondazione; dette verifiche dovranno essere eseguite nella successiva fase progettuale con uno dei due approcci di progetto descritti all'art. 6.2.3 delle NTC 2008, utilizzando i coefficienti γ_R per la "capacità portante" specificati all'art. 6.4.2.1 delle NTC 2008.
- Si ravvisa l'opportunità di aggiornare le verifiche al sifonamento in relazione alla possibile errata interpretazione del sondaggio S6 nonché alla esatta definizione delle opere di sottofondazione della traversa.

- Il controllo della stabilità al sollevamento (UPL) (par. 6.2.3.2 delle NTC 2008) è stato eseguito con riferimento alle azioni agenti globalmente sulla traversa senza alcuna considerazione sulla presenza dei giunti strutturali che invero risulta necessaria per valutare correttamente la sicurezza.

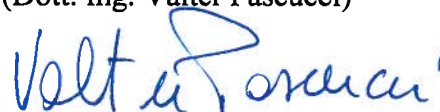
Voto n. 40/2013 della IV sezione del Consiglio superiore dei lavori pubblici

- in conformità alle indicazioni del suddetto parere della IV Sezione del Consiglio Superiore dei LL.PP., si dovrà dare adempimento alle prescrizioni, raccomandazioni ed osservazioni in esso contenute (in precedenza riassunte).

Si precisa inoltre come la presente approvazione tecnica del progetto ai fini della pubblica incolumità non sostituisca obblighi, oneri e vincoli gravanti, sul soggetto e sulle opere interessate, con riferimento alla valutazione di impatto ambientale, all'assetto idrografico, agli interessi urbanistici, paesaggistici, artistici, storico-archeologici, sanitari, demaniali, della difesa nazionale, dell'ordine pubblico e della pubblica sicurezza, che restano di competenza delle autorità previste dalle norme vigenti.

Tanto si rimette per i successivi adempimenti che codesto Concessionario vorrà intraprendere al riguardo, rappresentando che questa Direzione resta in attesa delle richieste integrazioni progettuali, per la verifica di ottemperanza alle prescrizioni, raccomandazioni ed osservazioni rese, cui potrà procedersi anche in sede di progetto esecutivo.

Il Dirigente della Divisione 4
(Dott. Ing. Valter Pascucci)



Allegati :

- Relazione istruttoria Div. 4
- Voto 40/2013 IV Sez. C.S.LL.PP.