

CASSA DI ESPANSIONE DEL TORRENTE BAGANZA NEI COMUNI DI FELINO, SALA BAGANZA, COLLECCHIO E PARMA (PR-E-1047)

PROGETTO DEFINITIVO

B	02/2018	Emissione a seguito dei rilievi del servizio di verifica (art. 26 D.Lgs. 50/2016)	PM	CM	DC
A	10/2016	Prima emissione	CM	CM	DC
INDICE	DATA	MODIFICHE	DISEGN.	CONTR.	APPROV.

STRUTTURE E IMPIANTI RELAZIONE SULLE STRUTTURE

IL RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI:

MANDATARIA
PROGETTAZIONE GENERALE ED IDRAULICA

MAJONE&PARTNERS
ENGINEERING

Prof. Ing. Ugo Majone
Dott. Ing. Denis Cerlini
Dott. Ing. Marco Belicchi
Dott. Ing. Nicola Pessarelli
Dott. Ing. Michele Ferrari
Dott. Ing. Gaetano Di Franca

MANDANTE
STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

AMBITER S.r.l.
società di ingegneria ambientale

Dott. Geol. Giorgio Neri
Dott. Amb. Gabriele Virgili
Dott. Amb. Alessio Ravera
Dott. Amb. Ecol. Adelia Sabatino
Dott. Nat. Silvia Del Fiore
Dott. Arch. Daniela Pisciotto
Dott. Leg. Rossana Valentini

MANDANTE
ASPETTI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI

EG
ENGINEERING GEOLOGY

Prof. Geol. Giovanni Paolo Beretta
Dott. Geol. Maurizio Nespoli
Dott. Geol. Monica Avanzini
Dott. Geol. Anna Cantoni
Dott. Marta Maiocchi

MANDANTE
ANALISI DELL'ASTA FLUVIALE

Studio Prof. Ing.
Alberto Bizzarri

Prof. Ing. Alberto Bizzarri

MANDANTE
ASPETTI STRUTTURALI

Ing. Claudio Marcello S.r.l.
Dott. Ing. Carlo Claudio Marcello

MANDANTE
ASPETTI GEOTECNICI

colleselli & p.
INGEGNERIA GEOTECNICA
Prof. Ing. Francesco Colleselli

PER IL R.T.P.:

Dott. Ing. Denis Cerlini

(documento firmato digitalmente)

IL R.U.P.:

Dott. Ing. Mirella Vergnani

(documento firmato digitalmente)

CONSULENTI:

MODELLAZIONE FISICA E NUMERICA

DICATeA - Università degli studi di Parma
(Prof. Ing. Paolo Mignosa)

ASPETTI ARCHEOLOGICI

AR/S Archeosistemi società Cooperativa
(Archeologa Lorenza Bronzoni)

CODICE ELABORATO:

B A G 2 0 4 S T I R R E 0 1 B

ID (1) CAP. (2) TIPO (3) DOC. (4) PROGR. (5-6) REV. (7) SCALA

OTTOBRE
2016

IL RESPONSABILE DELL'ATTIVITÀ SPECIALISTICA:

Dott. Ing. Carlo Claudio Marcello

(documento firmato digitalmente)

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. MANUFATTI DI REGOLAZIONE IN CALCESTRUZZO ‘A’ E ‘B’	4
2.1 DESCRIZIONE DEI MANUFATTI E CRITERI PROGETTAZIONE	4
2.2 MONITORAGGIO.....	8
2.3 CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO	8
2.4 MESSA IN OPERA DEL CALCESTRUZZO	10
2.5 IPOTESI DI CALCOLO ADOTTATE NELLE VERIFICHE	11
2.6 RISULTATI DEI CALCOLI E DELLE VERIFICHE.....	12
3. MANUFATTO ‘C’	14
3.1 CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO	15
3.2 DURABILITÀ DELLE STRUTTURE	17
3.3 MESSA IN OPERA DEL CALCESTRUZZO	17
3.4 IPOTESI DI CALCOLO ADOTTATE NELLE VERIFICHE	17
3.5 RISULTATI DEI CALCOLI E DELLE VERIFICHE.....	18
4. PONTI A CORONAMENTO DEI MANUFATTI	19
4.1 DESCRIZIONE DEI PONTI E CRITERI PROGETTAZIONE	19
4.2 CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO	20
4.3 DURABILITÀ DELLE STRUTTURE	21
4.4 MESSA IN OPERA DEL CALCESTRUZZO	22
4.5 IPOTESI DI CALCOLO ADOTTATE NELLE VERIFICHE	23
4.6 RISULTATI DEI CALCOLI E DELLE VERIFICHE.....	24

1. PREMESSA

Con Det. n°749 del 13.07.2016, L'AIPO - Agenzia interregionale per il fiume Po, ha reso efficace l'aggiudicazione della progettazione definitiva relativa ai Lavori di realizzazione della Cassa di espansione del torrente Baganza nei comuni di Felino, Sala Baganza, Collecchio e Parma (PR-E-1047) allo scrivente R.T.P. Majone & Partners S.r.l. – Ambiter S.r.l. – Studio Prof. Ing. Alberto Bizzarri – Studio Colleselli & Partners – EG Engineering Geology di G.P. Beretta e Associati – Ing. Claudio Marcello S.r.l. (di seguito RTP).

Il progetto preliminare (marzo 2015), trasmesso dall'AIPO a Regione e Autorità di Bacino del fiume Po, è stato validato ed inserito da questi ultimi, nel luglio 2015, tra le istanze di finanziamento per interventi di mitigazione del rischio idrogeologico proposte dalla Regione Emilia-Romagna, mediante la validazione delle schede istruttorie inserite nella piattaforma telematica ReNDIS-web, dando atto che l'intervento è coerente con gli atti di pianificazione territoriale e tra gli interventi prioritariamente individuati attraverso gli strumenti di analisi del rischio.

Con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 15 settembre 2015 è stato approvato il Piano stralcio per le aree metropolitane e le aree urbane con alto livello di popolazione esposta al rischio di alluvioni, nel quale l'intervento in questione è stato inserito in tabella D¹ allegata all'atto, con la previsione di un finanziamento di 55.000.000,00 Euro, come da previsione del progetto preliminare.

Al fine di individuare, nei tempi ristretti assegnati per la progettazione, soluzioni condivise che perseguissero obiettivi a scala sovracomunale (di bacino) nel rispetto delle esigenze locali, è stato avviato un percorso progettuale in grado di definire le migliori opzioni d'intervento attraverso una progettazione integrata e multidisciplinare, che analizzasse ex ante in modo coordinato le esigenze tecniche, le esigenze territoriali e le esigenze ambientali e che consentisse un confronto costruttivo con le Amministrazioni coinvolte e con i portatori di interesse e più in generale con la cittadinanza attiva.

Tale percorso di partecipazione con i diversi stakeholder, avviato da AIPO nell'autunno 2015 e conclusosi nel novembre dello stesso anno, ha così permesso d'individuare gli elementi migliorativi da utilizzare nello sviluppo della progettazione definitiva della Cassa d'espansione sul Torrente Baganza. In particolare, è emersa da diversi soggetti la necessità di sviluppare la progettazione della cassa di laminazione con una visione complessiva di bacino Parma-Baganza che permettesse, oltre alla realizzazione dell'invaso, l'individuazione delle azioni complementari da attuare lungo le aste di Parma e Baganza al fine della riduzione e mitigazione del rischio residuale.

Nel presente progetto definitivo è pertanto contenuta, oltre al progetto dell'opera in senso stretto, anche una prima complessiva risposta alle suddette richieste, mediante un'analisi idraulica e geomorfologica a livello d'asta fluviale

¹ Nella tabella D sono indicati gli interventi di mitigazione del rischio alluvionale che presentano un livello di progettazione preliminare e per i quali è necessario raggiungere tempestivamente un livello di progettazione definitivo od esecutivo al fine di consentire l'utilizzo immediato delle risorse che si renderanno disponibili

nel tratto di Torrente Baganza compreso tra Calestano e la confluenza con il T. Parma, ed una diagnosi sulle arginature esistenti, eseguita per tratti omogenei, nel tratto d'alveo del T. Parma a valle della città sino alla confluenza con il Fiume Po.

Il presente progetto definitivo è stato predisposto in conformità con l'art. 23 c.7 del D.Lgs 50/2016 nonché, in applicazione dell'art. 216, c.4 dello stesso, con gli artt.24÷32 del D.P.R. 207/2010 e s.m.i., ed individua compiutamente i lavori da realizzare nel rispetto dei criteri, dei vincoli, degli indirizzi e delle indicazioni stabiliti dalla stazione appaltante nell'ambito del progetto preliminare e delle successive fasi di partecipazione sopra accennate e nel rispetto, laddove possibile e/o pertinente, delle "Linee guida per le attività di programmazione e progettazione degli interventi per il contrasto del rischio idrogeologico (versione 2.0 del settembre 2016 - #italiasicura)".

La presente Relazione sulle strutture (art. 26 comma c del D.P.R. 207/2010) si articola nello specifico nei seguenti capitoli:

- Manufatti di regolazione in calcestruzzo (Capitolo 2);
- Manufatto C (Capitolo 3)
- Ponti a coronamento dei manufatti (Capitolo 4).

I due manufatti, denominati "Manufatto A" e "Manufatto B", sbarrano trasversalmente il Torrente Baganza e permettono la formazione dell'invaso di monte della cassa di espansione. I due manufatti sono dighe in calcestruzzo a gravità ordinaria, ad andamento planimetrico rettilineo, e sezione pressoché triangolare.

Il manufatto denominato "Manufatto C" è uno sfioratore in calcestruzzo armato con conformazione planimetrica a U, costituito da tre luci sfioranti che convogliano le acque in un canale che le restituisce, insieme alle due luci di fondo presenti, in una vasca di dissipazione, e quindi in alveo.

Sopra le soglie sfioranti dei due manufatti A e B, così come sopra il canale del manufatto C, sono presenti dei ponti carrabili, dimensionati per carichi di seconda categoria.

2. MANUFATTI DI REGOLAZIONE IN CALCESTRUZZO 'A' E 'B'

2.1 DESCRIZIONE DEI MANUFATTI E CRITERI PROGETTAZIONE

I manufatti A e B sono sbarramenti in calcestruzzo a gravità ordinaria, ad asse rettilineo, con profilo trasversale fondamentale triangolare, divise in conci da giunti permanenti.

Il Manufatto A è fondato a quota 128,50 m s.m., con approfondimenti a q. 127,00 m s.m. in corrispondenza dei denti a monte ed a valle. I profili trasversali sono essenzialmente triangolari e presentano una larghezza alla base di 23 m. Il ciglio di sfioro è a quota 144,90 m s.m. e l'alveo a monte (fondo della cassa di monte) a quota 133,00 m s.m.; a valle del manufatto è presente una vasca di dissipazione che parte dal piede di valle del manufatto a q. 130,90 m s.m. Sopra il ciglio di sfioro corre un ponte carrabile, avente un impalcato largo 6,70 m con piano stradale (quota del coronamento) a quota 148,25 m s.m.

Il Manufatto B è fondato a quota 130,00 m s.m., con approfondimenti a q. 128,50 m s.m. in corrispondenza dei denti a monte ed a valle. Il profilo trasversale è essenzialmente triangolare e presenta una larghezza alla base di 18,5 m. Il ciglio di sfioro è a quota 143,70 m s.m. e l'alveo a monte (fondo della cassa di monte) a quota circa 135,00 m s.m.; a valle del manufatto è presente una vasca di dissipazione che parte dal piede di valle del manufatto a q. 131,50 m s.m. Sopra il ciglio di sfioro corre un ponte carrabile, identico a quello del Manufatto A, con piano stradale sempre a quota 148,25 m s.m.

L'altezza della diga, definita come differenza tra la quota del piano di coronamento e quella del punto più depresso dei paramenti (D.M. 26/06/2014, Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta), è di 17,35 m per il Manufatto A e di 16,75 m per il Manufatto B.

Nel manufatto A sono ricavate quattro luci sotto battente governate da paratoie a settore, che rimangono sempre aperte durante il normale esercizio della cassa di espansione. Non è quindi definibile una quota di massima regolazione dei due sbarramenti, in quanto l'acqua viene invasata solamente in caso di piena. La quota di massimo invaso è invece definita dallo studio idraulico del funzionamento della cassa ed è fissata alla 145,70 m s.m., essendo questo il livello raggiunto dall'acqua in condizioni di evento di piena millenario (comparto 1).

Il franco, definito come la differenza tra la quota del piano di coronamento e quella di massimo invaso, è pari a 2,55 m. Considerando una semialtezza assolutamente cautelativa delle onde generate dal serbatoio paria a 30 cm, il franco netto è di 2,25 m. I limiti normativi (D.M. 26/06/2014) sono pertanto ampiamente verificati.

Entrambi i manufatti sono dotati di uno schermo di impermeabilizzazione al piede di monte, realizzato in jet-grouting, e da uno schermo di drenaggio in fondazione costituito da perforazioni di diametro di 200 mm ad interasse di 2,5 m. Nel corpo diga, parallelamente al paramento di monte, sono previste canne drenanti con diametro di 120 mm ed interasse 2,5 m. I fori e le canne drenanti fanno capo a cunicoli in fondazione e le acque drenate vengono scaricate con sollevamento meccanico a valle delle dighe.

Nel Manufatto A sono ricavati due cunicoli: il primo, in fondazione, corre a quota 129,00 m s.m. ed intercetta i tubi ed i fori di drenaggio; il secondo, a quota 140,00÷140,85 m s.m., è stato previsto per ispezione del sistema di movimentazione delle paratoie a settore. Nel Manufatto B è presente solamente il cunicolo in fondazione, a quota 130,50 m s.m.

Il manufatto A presenta due conci-tipo: il primo ospita una luce sotto battente, il secondo ha sezione piena; entrambi sono interamente sfioranti e sono larghi 12 m.

I conci contenenti le luci sotto battente del Manufatto A presentano profilo trasversale definito dal triangolo fondamentale avente vertice a q. 149,60 m s.m., pendenza del paramento di monte (orizzontale/verticale) di 0,25/1 e di quello di valle di 0,75/1. In ciascuno dei conci è ricavata una luce sotto battente, governata da una paratoia a settore di 3,5 m di altezza per 6 m di larghezza, a comando oleodinamico. La sezione schematica di questo conco, tracciata in asse alla luce, è riportata in Figura 1.

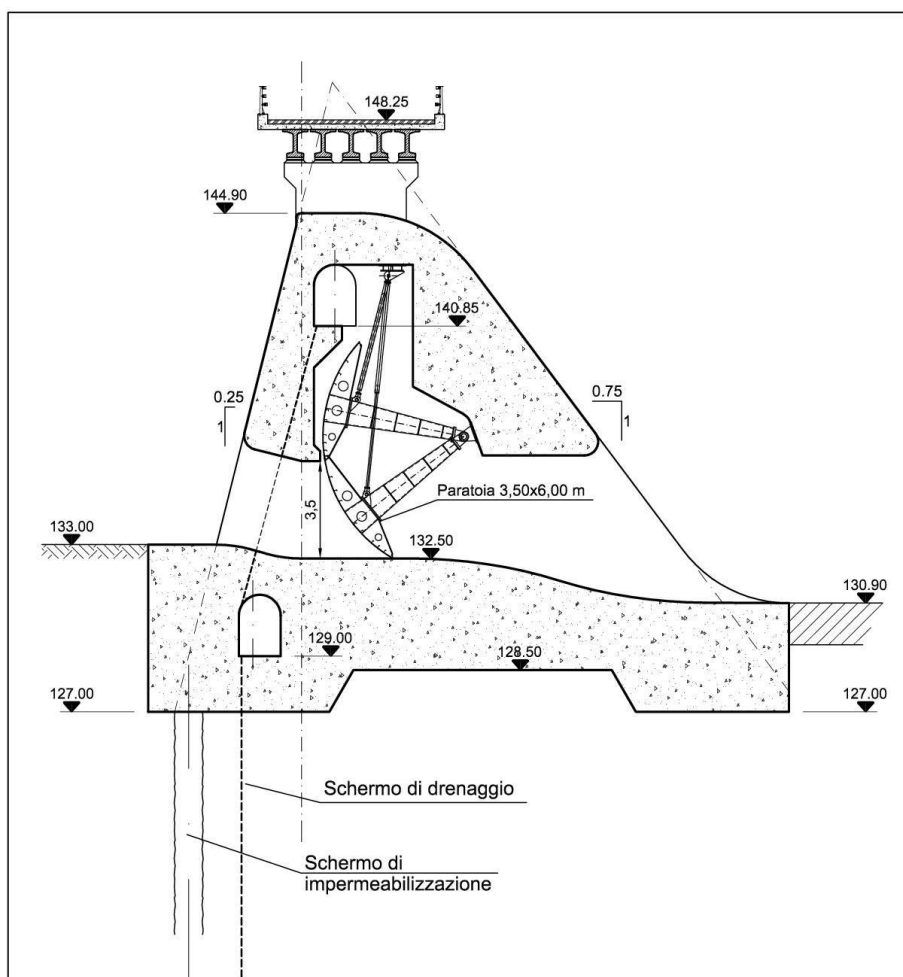


Figura 1 – Sezione dei conci con luce sotto battente del Manufatto A

I conci-tipo sfioranti del Manufatto A presentano un profilo trasversale definito dal triangolo fondamentale avente vertice a q. 146,00 m s.m., pendenza del paramento di monte (orizzontale/verticale) di 0,25/1 e di quello di valle di 1/1. La sezione schematica di questo concio è riportata in Figura 2.

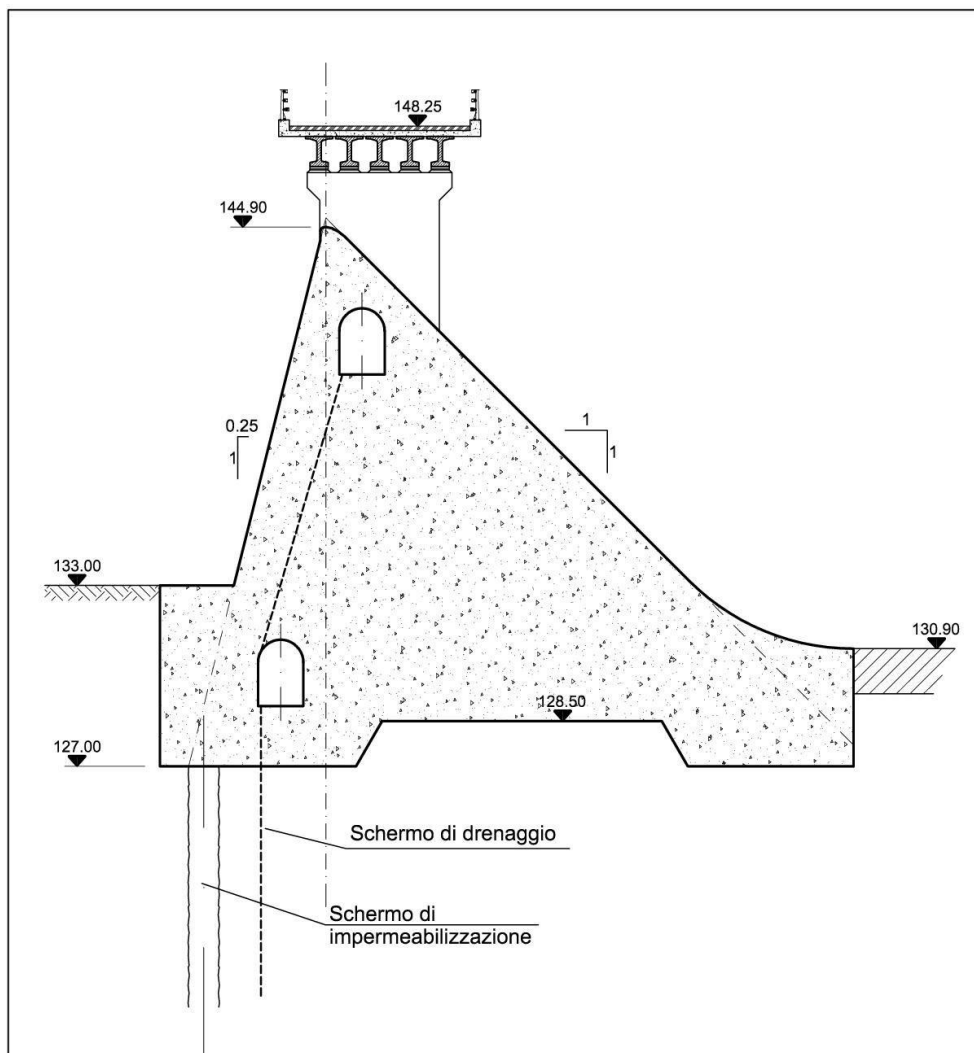


Figura 2 - Sezione dei conci sfioranti del Manufatto A

I conci-tipo del Manufatto B presentano un profilo trasversale definito dal triangolo fondamentale avente vertice a q. 146,00 m s.m., pendenza del paramento di monte (orizzontale/verticale) di 0,25/1 e di quello di valle di 0,8/1. La sezione schematica di questo concio è riportata in Figura 3.

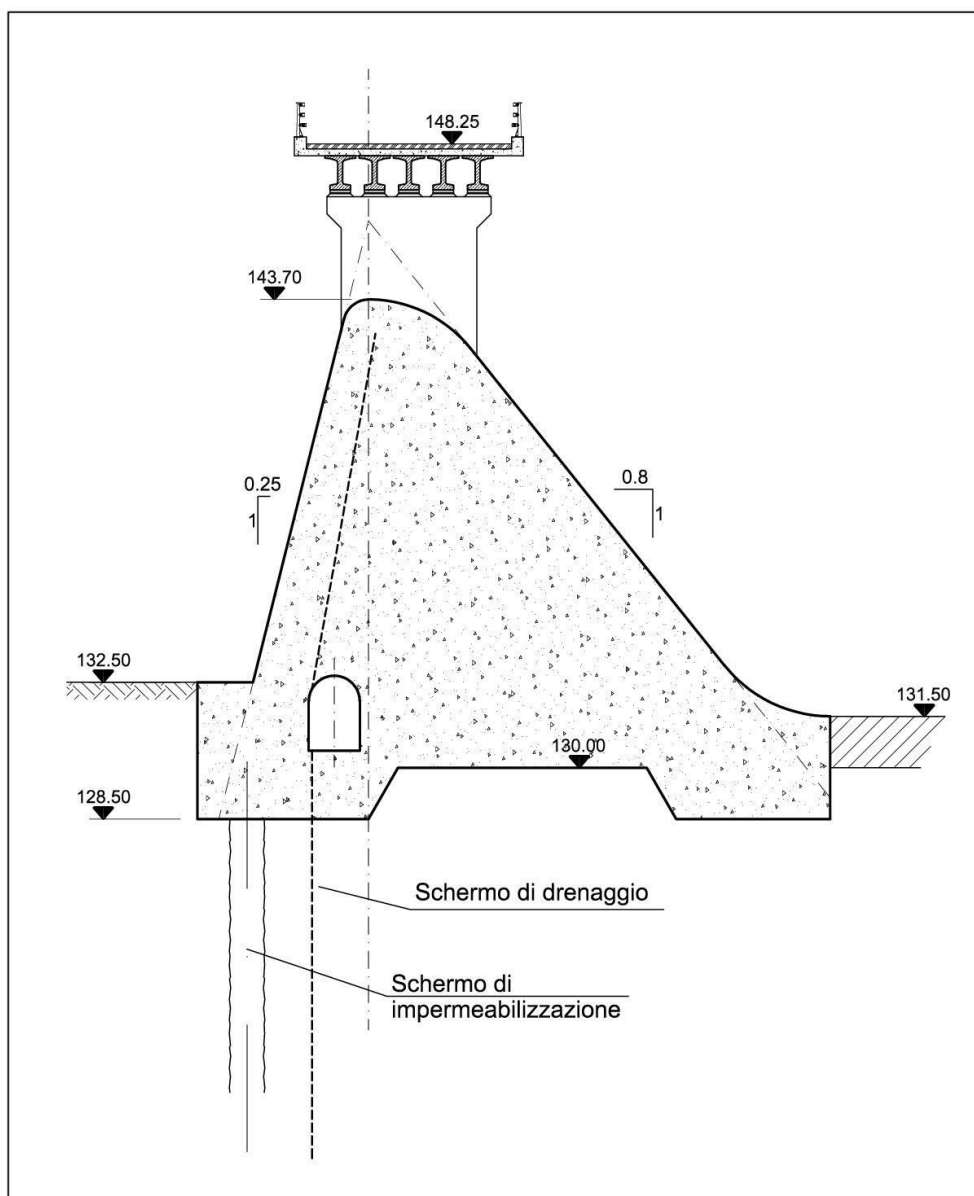


Figura 3 – Sezione del Manufatto B

Le opere sono state progettate considerando una vita nominale di 100 anni ed una classe d'uso IV.

L'impermeabilizzazione dei giunti verrà eseguita annegando al loro interno, nel calcestruzzo dei manufatti, un lamierino di rame con profilo a omega mantenuto grazie a cordone forma. Il lamierino sarà annegato per 20 cm per parte nei conci. A protezione del giunto verrà realizzata una trave coprigiunto di 50x50 cm di dimensioni, in calcestruzzo autocompattante armato. All'interno dello scasso preventivamente predisposto per la trave verranno applicati i seguenti prodotti ai lembi di calcestruzzo per impermeabilizzarla:

- posa in opera di uno strato di compensazione e supporto costituito da due nastri di PVC, protetti a monte e a valle da due fasce di tessuto non tessuto da 1000 gr/mq, il tutto ancorato lateralmente con doppio strato di resina epossidica.

- posa su tutta la superficie delle pareti di triplo strato di guaina elastoplastomerica da 4 mm di spessore armata con tessuto non tessuto a filo continuo in poliestere, previa stesura di primer. Le guaine saranno disposte per fasce orizzontali con giunti sfalsati, ed ancorate con resina epossidica.

Sopra la guaina elastoplastomerica, verrà gettato il calcestruzzo per la trave coprigiunto: di tipo autocompattante.

2.2 MONITORAGGIO

Per monitorare gli spostamenti dei manufatti, dato che la loro condizione abituale di esercizio è a serbatoio vuoto, si è previsto un sistema di monitoraggio semplice e affidabile in grado di verificare gli spostamenti altimetrici e quelli relativi tra i conci. Con questa finalità sono stati previsti:

- un sistema di livellazione con un caposaldo su ogni concio dei manufatti;
- postazioni dilatometriche triassiali con lettura manuale delle misure: costituite da basi in acciaio inox ancorate al calcestruzzo a cavallo dei giunti con 3 coppie ortogonali di basi che permettano la misurazione degli spostamenti x, y, z dei giunti, da installarsi all'interno dei cunicoli: 1 postazione per ogni giunto.

Per quanto riguarda le eventuali perdite dei manufatti, esse verranno monitorate mediante stramazzi Bazin da mettere in opera all'interno dei cunicoli con 2 postazioni per ogni manufatto in modo da monitorare sia la parte destra che sinistra di ciascuno di essi.

2.3 CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO

Si riportano di seguito alcune indicazioni tecniche in merito alle modalità di confezionamento e posa del calcestruzzo per i getti dei manufatti A e B.

Questi aspetti saranno ovviamente approfonditi in sede di progettazione esecutiva, in particolare nelle norme tecniche del capitolato speciale d'appalto.

Inoltre, prima dell'inizio dei getti, l'Appaltatore effettuerà a sua cura, responsabilità e spesa la qualifica delle miscele di calcestruzzo previste per le nuove opere, in ottemperanza alla normativa vigente. Questa qualificazione iniziale delle miscele deve effettuarsi per mezzo di prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 (Laboratori Ufficiali), in accordo in particolare al D.M. 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni) ed al D.M. 26.06.2014 (Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta).

Questa relazione di prequalifica deve essere approvata dalla D.L. per potere dare inizio ai getti di calcestruzzo.

Nel seguito si riporta una descrizione delle caratteristiche prestazionali che devono essere rispettate per la miscela di conglomerato cementizio.

Trattandosi di getti massivi, la miscela deve soddisfare requisiti non riconducibili alle abituali classi di esposizione delle opere strutturali, che prevedono un eccessivo quantitativo di cemento; infatti la miscela da utilizzare per i manufatti di sbarramento deve avere le seguenti caratteristiche prestazionali:

- peso di volume di almeno $23,5 \text{ kN/m}^3$
- resistenza caratteristica a compressione, a 90 giorni di maturazione, di 25 MPa
- ridotto sviluppo del calore di idratazione
- classe di consistenza S3

Per soddisfare questi requisiti si prevede l'impiego di un calcestruzzo con cementi pozzolanici ed eventualmente anche l'impiego di ceneri volanti, anche per garantirne una buona lavorabilità.

In fase di progettazione esecutiva verrà dettagliata la composizione tipo di questa miscela.

Cementi:

Tutti i manufatti in calcestruzzo potranno essere eseguiti impiegando unicamente cementi provvisti di attestato di conformità CE che soddisfino i requisiti di accettazione previsti dalla norma UNI EN 197-1.

Aggregati:

Gli aggregati utilizzabili, ai fini del confezionamento del calcestruzzo, debbono possedere marcatura CE secondo D.P.R. 246/93 e successivi decreti attuativi e debbono essere conformi ai requisiti della normativa UNI 8520-2 con i relativi riferimenti alla destinazione d'uso del calcestruzzo. Dovranno inoltre rispettare i requisiti minimi imposti dalla norma UNI 8520 parte 2 relativamente al contenuto di sostanze nocive.

Per il confezionamento del calcestruzzo dovranno essere impiegati aggregati appartenenti a non meno di tre classi granulometriche diverse. La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, sarà quella capace di soddisfare le esigenze di posa in opera richieste, e quelle di resistenza meccanica a compressione, di durabilità e di impermeabilità richieste per il conglomerato.

Acqua di impasto:

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008:2003.

Additivi:

Gli additivi per la produzione del calcestruzzo devono possedere la marcatura CE ed essere conformi, in relazione alla particolare categoria di prodotto cui essi appartengono, ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934. Per gli altri additivi, che non rientrano nelle classificazioni della norma, si dovrà verificarne l'idoneità

all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste, avendo la preventiva approvazione all'impiego da parte della D.L.

2.4 MESSA IN OPERA DEL CALCESTRUZZO

L'Appaltatore dovrà adottare tutti gli accorgimenti in termini di ingredienti e di composizione dell'impasto per garantire che il calcestruzzo possieda al momento della consegna in cantiere la lavorabilità prescritta.

La lavorabilità verrà controllata al momento del getto all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica convenzionale a compressione secondo le indicazioni riportate sulle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008). La misura della lavorabilità verrà condotta in accordo alla UNI-EN 206-1 dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno 0,3 m³ di calcestruzzo.

E' onere dell'Appaltatore garantire in ogni situazione le caratteristiche prescritte per le diverse miscele tenendo conto che sono assolutamente proibite le aggiunte di acqua in betoniera.

Prima del getto le superfici di posa dei calcestruzzi dovranno essere perfettamente pulite con getti di aria e/o acqua in pressione ed abbondantemente irrorate. Saranno asportati tutti quei materiali indesiderabili quali macchie d'olio, boiaccia e simili. Eventuali venute d'acqua saranno captate ed allontanate dall'area di getto. Sempre prima di procedere alla messa in opera del calcestruzzo, sarà necessario adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare qualsiasi sottrazione di acqua dall'impasto. In particolare, in caso di casseforme in legno, andrà eseguita un'accurata bagnatura delle superfici. Tutti i lavori di pulizia ed eventuale trattamento previo, saranno eseguiti seguendo le disposizioni che saranno impartite dalla D.L. in fase esecutiva.

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme, si effettuerà applicando tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione. L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, non deve eccedere i 50 centimetri.

Tenuto presente che le riprese di getto costituiscono il punto più delicato delle strutture, è necessario che il programma dei getti venga studiato e realizzato dall'Appaltatore in modo da eseguire con continuità le singole parti, elementi o conci delle strutture staticamente indipendenti.

Il getto verrà eseguito per strati e proseguendo in successione fino alla testa della cassatura o al completamento della struttura.

Per i manufatti di sbarramento sono previsti strati di getto non superiori a 2 m di altezza.

Per le riprese di getto sarà obbligo dell'Appaltatore, senza potere pretendere compensi aggiuntivi, procedere ad una preliminare rimozione, mediante scarifica, dello strato corticale di calcestruzzo già parzialmente indurito. Tale superficie, che dovrà possedere elevata rugosità (asperità di circa 5 mm) verrà opportunamente bagnata per circa due ore prima del getto del nuovo strato di calcestruzzo.

Riprese di getto dopo interruzioni superiori alle 48 ore potranno prevedere, a insindacabile giudizio della D.L., anche interventi di scarifica meccanica della superficie.

Sempre a insindacabile suo giudizio, la D.L. potrà per queste superfici di ripresa, richiedere la stesa di “betoncino” per uno spessore dell’ordine dei 2÷3 cm da ricoprirsi immediatamente con il nuovo strato di getto.

Per la compattazione del getto verranno adoperati vibrator ad immersione. L’ago vibrante deve essere introdotto verticalmente e spostato, da punto a punto nel calcestruzzo; la durata della vibrazione verrà protratta nel tempo fino all’esposizione della componente più fine e più liquida (boiaccia) in superficie.

Per quanto riguarda le temperature ambientali di messa in opera, saranno consentiti i getti solo con temperature dell’aria nelle immediate vicinanze dell’opera di esecuzione $\geq 2^{\circ}\text{C}$ con tendenza all’aumento.

2.5 IPOTESI DI CALCOLO ADOTTATE NELLE VERIFICHE

Come detto, le paratoie a settore del manufatto A rimangono aperte durante il normale esercizio della cassa di espansione. Quindi, per entrambi i manufatti A e B il serbatoio è vuoto durante il normale esercizio e si riempie solo in caso di piena (situazione eccezionale, v. § C.8 D.M. 26/6/2016). Pertanto, con riferimento al § C.8 del D.M. 26/6/2016:

- allo SLU la combinazione fondamentale di esercizio normale e la combinazione sismica non sono dimensionanti né significative, essendo entrambe a serbatoio vuoto;
- allo SLE sia la combinazione sismica che quelle caratteristica rara, frequente e quasi permanente sono a serbatoio vuoto e quindi anch’esse non significative.

Pertanto, le verifiche verranno condotte considerando come unica combinazione delle azioni quella eccezionale allo SLU, sia al livello di massimo invaso, sia a livelli intermedi, simulando cioè le differenti condizioni idrauliche che potranno verificarsi in condizioni di piena.

In definitiva, le azioni agenti sono il peso proprio, la spinta idrostatica di monte e di valle al livello massimo ed a quote intermedie significative, e le sottopressioni. In particolare, le verifiche del Manufatto B sono condotte considerando diverse combinazioni dei livelli idrici di monte e di valle in modo da simulare, oltre alla fase di riempimento delle casse di monte e di valle, anche la situazione di vuotamento della cassa di monte e non di quella di valle (situazione possibile in caso di apertura delle paratoie a settore del Manufatto A ma non del canale di restituzione della cassa di valle).

Le verifiche nei confronti dello SLU di scorrimento sono eseguite in corrispondenza della sezione di fondazione ed a quote significative della struttura.

Vista la particolarità dell’opera (presenza di acqua invasata solo in caso di piena), non sono significative le verifiche agli stati limite di esercizio richieste in Normativa (§ D.2.2.2 del D.M. 26/6/2014). Si sono comunque calcolate le tensioni allo SLU nelle condizioni eccezionali di serbatoio pieno ed a livelli intermedi significativi.

Le verifiche allo SLU di scorrimento e quelle sulle sollecitazioni nella struttura, di cui si riporta una breve sintesi al successivo § 2.6, sono riportate nella relazione di progetto BAG2_04STI_R_RE_02 ("Calcoli delle strutture"). Le verifiche di resistenza in fondazione e quelle della profondità dello schermo di impermeabilizzazione al piede di monte sono riportate nella relazione progetto BAG2_03GEO_R_RE_04 ("Relazione geotecnica").

2.6 RISULTATI DEI CALCOLI E DELLE VERIFICHE

Le verifiche sono state condotte sui due conci-tipo del Manufatto A e sul concio-tipo del Manufatto B.

Le verifiche allo SLU di scorrimento lungo la superficie piana ed orizzontale di fondazione (127,00 m s.m. per il Manufatto A e 128,50 m s.m. per il B) si riconducono al calcolo del rapporto tra il massimo taglio resistente (T_R) ed il massimo taglio agente (T_D); tale rapporto deve risultare maggiore di $\gamma_R = 1,15$:

$$\frac{T_R}{T_D} = \frac{N \tan \varnothing + cL}{T} \geq \gamma_R$$

dove $\varnothing = \varnothing_d = 29,3^\circ$ e $c=0$.

I valori minimi del rapporto T_R/T_D sono:

- per il manufatto A – sezione con luce sotto battente: $T_R/T_D = 1,20$
- per il manufatto A – sezione sfiorante: $T_R/T_D = 1,25$
- per il manufatto B: $T_R/T_D = 1,27$

e quindi tutte le verifiche a scorrimento lungo il piano di fondazione sono soddisfatte.

Data la geometria dell'opera, meno significative risultano le verifiche a scorrimento nel corpo diga, che sono tutte soddisfatte con ampi margini.

Dal calcolo delle tensioni trasmesse dall'opera in fondazione si evince che la risultante delle forze agenti cade entro il terzo medio per tutte le sezioni e per tutti i casi di carico considerati, quindi tutte le sezioni sono sempre interamente compresse. I valori delle sollecitazioni calcolate in fondazione risultano molto bassi per tutti i casi considerati, raggiungendo un massimo di:

- per il manufatto A – sezione con luce sotto battente: $\sigma = 0,215$ MPa
- per il manufatto A – sezione sfiorante: $\sigma = 0,177$ MPa
- per il manufatto B: $\sigma = 0,234$ MPa

Analogamente, dalle verifiche nel corpo diga si evince che la risultante cade sempre entro il terzo medio ed i valori massimi delle sollecitazioni calcolate sono:

- per il manufatto A – sezione con luce sotto battente: $\sigma = 0,216 \text{ MPa}$
- per il manufatto A – sezione sfiorante: $\sigma = 0,124 \text{ MPa}$
- per il manufatto B: $\sigma = 0,204 \text{ MPa}$

I valori delle sollecitazioni, calcolati con riferimento alla combinazione eccezionale all'SLU, sono abbondantemente inferiori rispetto alle tensioni limite indicate in Normativa per le verifiche agli stati limite di esercizio e pertanto le verifiche delle tensioni sono ampiamente soddisfatte.

3. MANUFATTO 'C'

Il manufatto denominato C è uno sfioratore in calcestruzzo armato con conformazione planimetrica a U, costituito da tre luci sfioranti di circa 120 m di lunghezza complessiva, che convogliano le acque in un canale che le restituisce in una vasca di dissipazione, e quindi in alveo.

Il manufatto C è fondato tra le quote 123,70 m s.m. e 125,90 m s.m.; la quota dei cigli di sfioro è a 142,00 m s.m.

Il fondo del canale di raccolta delle acque ha quota decrescente verso valle da 132,57 m s.m. a 126,70 all'immissione nella vasca di dissipazione.

Nel manufatto C sono ricavate, alla base delle luci di sfioro laterali, due scatolari in calcestruzzo armato, con sezione interna 3,00 x 3,00 m, presidiati da paratoie piane.

In corrispondenza dello sbocco del canale di raccolta delle acque sfiorate nella vasca di dissipazione, il manufatto è sormontato da un ponte carrabile, avente un impalcato largo 6,70 m con piano stradale (quota del coronamento) a quota 145,50 m s.m.

Per la parte del manufatto a monte del coronamento dell'argine, è presente uno schermo di impermeabilizzazione in jet-grouting che corre al disotto dei muri perimetrali lungo tre lati del perimetro del manufatto.

In Figura 4 si riporta la pianta del manufatto, in Figura 5 il profilo e in Figura 6 una sua sezione trasversale.

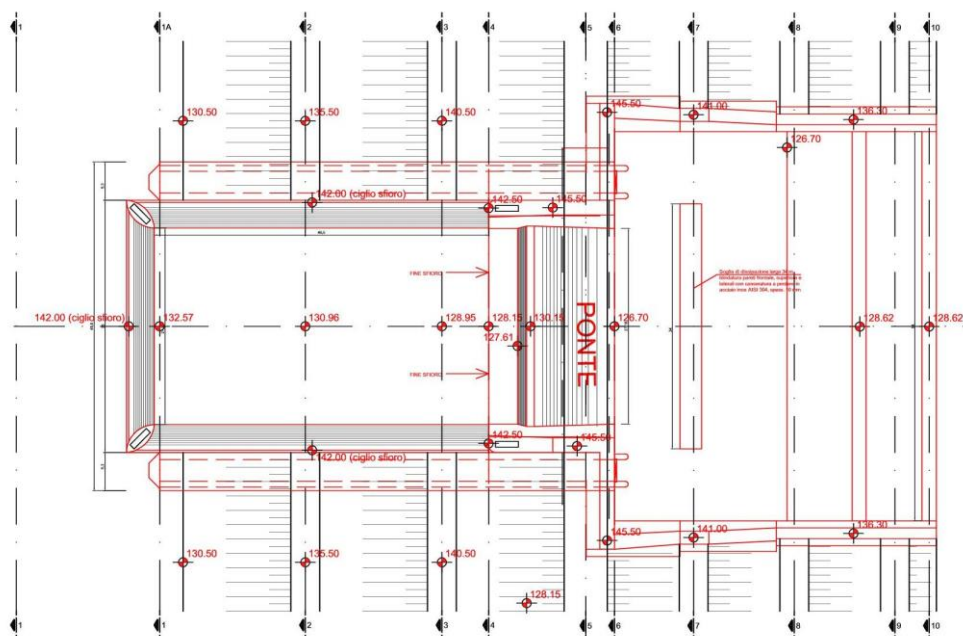


Figura 4 - Pianta del Manufatto C

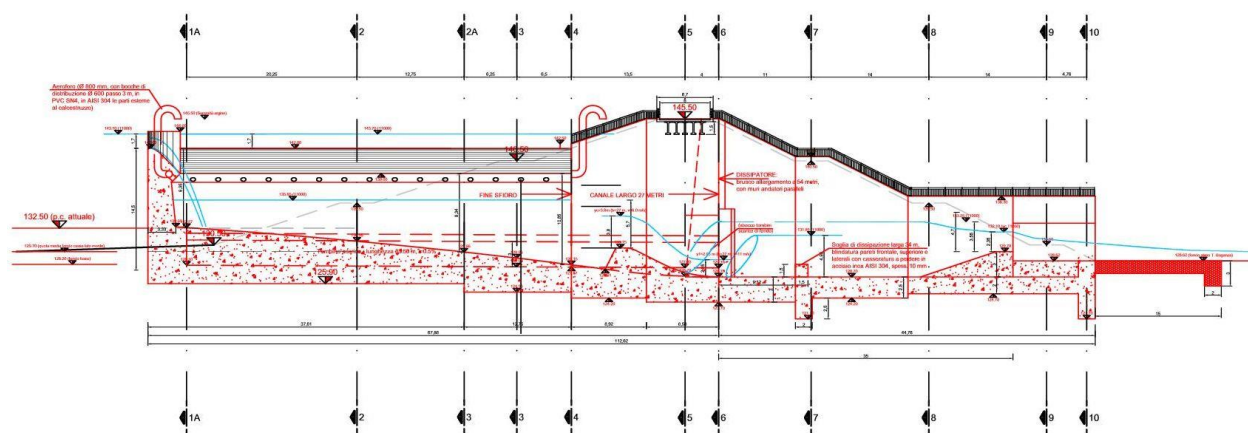


Figura 5 - Profilo del Manufatto C

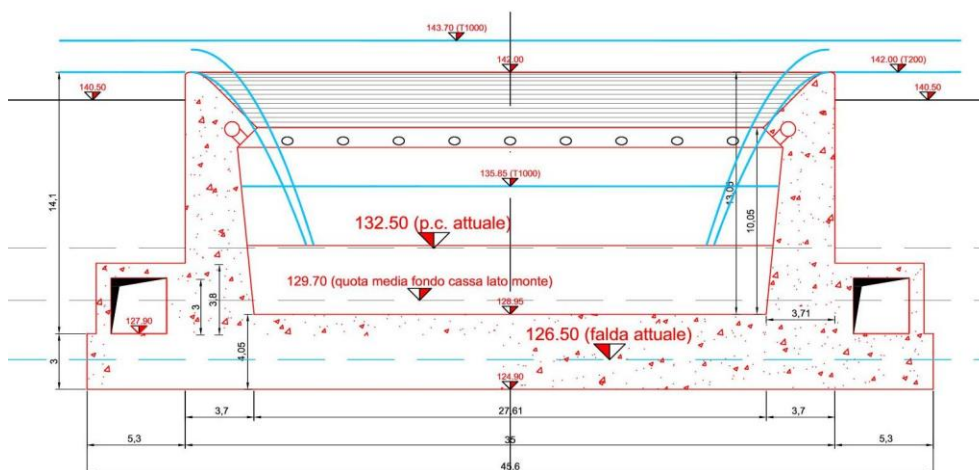


Figura 6 - Sezione del Manufatto C

L'opera è stata progettata considerando una vita nominale di 100 anni ed una classe d'uso IV.

3.1 CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO

Si riportano di seguito alcune indicazioni tecniche in merito alle modalità di confezionamento e posa del calcestruzzo per il manufatto C.

Questi aspetti saranno ovviamente approfonditi in sede di progettazione esecutiva, in particolare nelle norme tecniche del capitolato speciale d'appalto.

Inoltre, prima dell'inizio dei getti, l'Appaltatore effettuerà a sua cura, responsabilità e spesa la qualifica delle miscele di calcestruzzo previste per le nuove opere, in ottemperanza alla normativa vigente. Questa qualificazione

iniziale delle miscele deve effettuarsi per mezzo di prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 (Laboratori Ufficiali), in accordo in particolare al D.M. 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni) ed al D.M. 26.06.2014 (Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta).

Questa relazione di prequalifica deve essere approvata dalla D.L. per potere dare inizio ai getti di calcestruzzo.

Trattandosi di un'opera abitualmente non bagnata e considerato che si trattano di getti massivi, si prevede l'impiego di una miscela strutturale, avente le seguenti caratteristiche prestazionali:

- Per le strutture di fondazione a monte della sezione 4: Classe di esposizione XC2, con resistenza caratteristica a compressione, a 28 giorni di maturazione, di 30 MPa
- Per le strutture di fondazione a valle della sezione 4: Classe di esposizione XC2, con resistenza caratteristica a compressione, a 28 giorni di maturazione, di 40 MPa
- Per le strutture in elevazione: Classe di esposizione XC3 e XC4, con resistenza caratteristica a compressione, a 28 giorni di maturazione, di 40 MPa
- Classe di consistenza S4

Per questo calcestruzzo si prevede l'impiego di cementi a basso sviluppo di calore di idratazione.

In fase di progettazione esecutiva verrà dettagliata la composizione tipo di questa miscela.

Cementi:

Il manufatto potrà essere eseguito impiegando unicamente cementi provvisti di attestato di conformità CE che soddisfino i requisiti di accettazione previsti dalla norma UNI EN 197-1.

Aggregati:

Gli aggregati utilizzabili, ai fini del confezionamento del calcestruzzo, debbono possedere marcatura CE secondo D.P.R. 246/93 e successivi decreti attuativi e debbono essere conformi ai requisiti della normativa UNI 8520-2 con i relativi riferimenti alla destinazione d'uso del calcestruzzo. Dovranno inoltre rispettare i requisiti minimi imposti dalla norma UNI 8520 parte 2 relativamente al contenuto di sostanze nocive.

Per il confezionamento del calcestruzzo dovranno essere impiegati aggregati appartenenti a non meno di tre classi granulometriche diverse. La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, sarà quella capace di soddisfare le esigenze di posa in opera richieste, e quelle di resistenza meccanica a compressione, di durabilità e di impermeabilità richieste per il conglomerato.

Acqua di impasto:

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008:2003.

Additivi:

Gli additivi per la produzione del calcestruzzo devono possedere la marcatura CE ed essere conformi, in relazione alla particolare categoria di prodotto cui essi appartengono, ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934. Per gli altri additivi, che non rientrano nelle classificazioni della norma, si dovrà verificarne l'idoneità all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste, avendo la preventiva approvazione all'impiego da parte della D.L.

Armature:

Per quanto riguarda le barre di armatura dei getti in c.a., esse dovranno essere ad aderenza migliorata in acciaio tipo B450C, controllato in stabilimento, conformi al D.M. 14.01.2008.

3.2 DURABILITÀ DELLE STRUTTURE

Per le miscele dei getti in opera del manufatto C, oltre che per i getti strutturali in genere, al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004. In particolare per il manufatto C, si adottano le seguenti classi di esposizione:

- per le strutture di fondazione XC2 (acquoso, raramente secco)
- per le strutture in elevazione XC3 (umidità moderata) e XC4 (ciclicamente acquoso e secco)

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, è previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale (c_{nom}) è somma di due contributi, il copriferro minimo (c_{min}) e la tolleranza di posizionamento (h). Vale pertanto: $c_{nom} = c_{min} + h$.

La tolleranza di posizionamento delle armature h , per le strutture gettate in opera, è assunta pari a 5 mm. In definitiva, considerata la Classe di esposizione ambientale sopra indicata, si adotterà un copriferro di 35 mm.

3.3 MESSA IN OPERA DEL CALCESTRUZZO

Per quanto riguarda le modalità di messa in opera del calcestruzzo valgono le stesse prescrizioni indicate per i manufatti A e B.

3.4 IPOTESI DI CALCOLO ADOTTATE NELLE VERIFICHE

Come detto, il serbatoio è vuoto durante il normale esercizio e si riempie solo in caso di piena (situazione eccezionale, v. § C.8 D.M. 26/6/2016). Quindi, i casi di carico significativi sono:

- caso statico in condizioni di piena Tr 200;
- caso statico in condizioni di piena Tr 1000;
- caso sismico a vuoto.

La spinta sulle pareti perimetrali del manufatto del terreno costituente l'argine, ove presente, è introdotta come una forza orizzontale distribuita, con incremento lineare con la profondità. Siccome si tratta di una struttura rigida, si considera per il rilevato arginale uno stato di spinta a riposo.

La spinta sismica sulla struttura verrà valutata con metodo pseudo-statico. Per il calcolo della sovraspinta sismica del terreno laterale costituente l'argine si adotta la teoria di Wood (1973), che corrisponde al caso statico in cui il terreno si trova in situazione di spinta prossima a quella a riposo. Nei calcoli in condizioni sismiche, non si introducono coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito in quanto la struttura in esame è rigida e non può subire spostamenti relativi rispetto al terreno.

Per cinque sezioni trasversali significative del manufatto, nella relazione di progetto BAG2_04STI_R_RE_02 ("Calcoli delle strutture") si sono condotte:

- le verifiche di resistenza a pressoflessione ed a taglio della sezione di calcestruzzo armato più sollecitata, che risulta essere quella alla base dei muri perimetrali.
- la verifica di stabilità globale al sollevamento delle sezioni trasversali del manufatto.

3.5 RISULTATI DEI CALCOLI E DELLE VERIFICHE

Le verifiche delle sezioni in c.a. hanno riguardato le sezioni di base dei muri perimetrali. In particolare, sono state condotte le verifiche:

- a pressoflessione allo SLE, ricavando i seguenti valori massimi delle sollecitazioni nel calcestruzzo e nell'acciaio relativamente alla combinazione "Rara":
 - o Combinazione Rara: $\sigma_c = 3,18 \text{ MPa} < 16,80 \text{ MPa}$;
 - o Combinazione Rara: $\sigma_f = 89,73 \text{ MPa} < 0,8 f_{yk} = 360,0 \text{ MPa}$;
- a pressoflessione allo SLU, ottenendo che le combinazioni M-N di progetto sono sempre all'interno del dominio M-N delle sezioni;
- a taglio allo SLU, ottenendo sempre che il taglio resistente delle sezioni risulta maggiore del taglio sollecitante di progetto.

Tutte le verifiche a sollevamento sono soddisfatte, visto che la risultante delle forze verticali è sempre maggiore della risultante delle sottospinte.

4. PONTI A CORONAMENTO DEI MANUFATTI

4.1 DESCRIZIONE DEI PONTI E CRITERI PROGETTAZIONE

Sopra il ciglio di sfioro dei manufatti A e B corre un ponte carrabile, con sezione trasversale identica lungo tutto il suo sviluppo. La luce delle campate è variabile, fino ad un massimo di 25 m di luce netta tra gli appoggi.

Anche sopra il canale del manufatto C è presente la stessa tipologia di ponte carrabile, che garantisce la continuità del transito sopra i rilevati arginali della cassa, con una luce netta tra gli appoggi di 32 m.

Gli impalcati sono costituiti da cinque travi in c.a.p., precomprese a trefoli aderenti, di sezione a doppia T e poste in opera accostate ad interasse di circa 1 m. Le travi per i manufatti A e B sono alte 1 m, mentre per il manufatto C 1,40 m, e sono tutte armate con 20 trefoli inferiori e 6 trefoli superiori da 0,7" pretesati. Le travi sono semplicemente appoggiate e vengono solidarizzate tra loro mediante una soletta collaborante gettata in opera, che presenta uno sbalzo di circa 90 cm.

La larghezza complessiva degli impalcati è di 6,70 m, dei quali 70 cm (35 cm per parte) sono occupati dai cordoli su cui verrà ancorata la barriera laterale metallica. La larghezza netta della carreggiata è pertanto di 6,00 m.

Le pile dei manufatti A e B su cui poggia l'impalcato sono in c.a. tradizionale gettato in opera; hanno sezione rettangolare, con arrotondamenti alle estremità e spessore pari a 1,00 m.

In Figura 7 si riporta la geometria schematica della sezione trasversale dell'impalcato dei manufatti A e B.

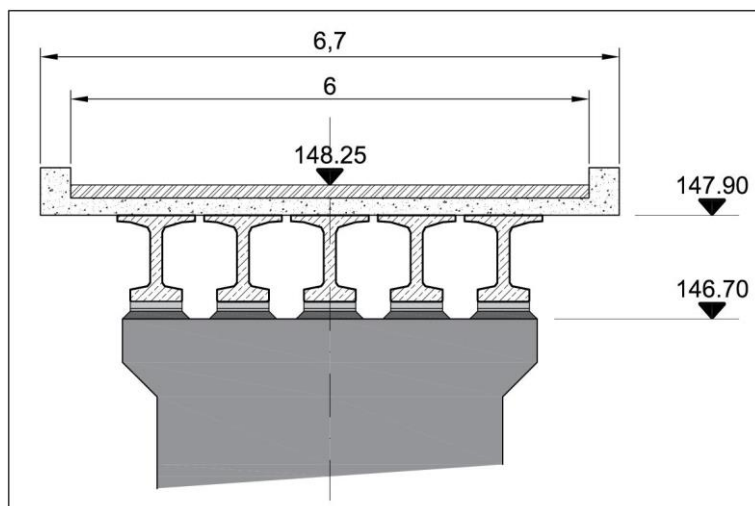


Figura 7 – Sezione dell'impalcato dei ponti a coronamento

Questi ponti sono dimensionati e verificati per i carichi di 2^a categoria definiti dal D.M. 14/01/2008. Le opere sono progettate considerando una vita nominale di 100 anni ed una classe d'uso IV.

Trattandosi di un progetto definitivo, sono state definite e verificate le travi in senso longitudinale, la sezione trasversale dell'impalcato gettato in opera e la sezione delle pile; si rimanda alle successive fasi di progettazione il dimensioneranno e la verifica dei particolari costruttivi, come ad esempio i ritegni sismici ed i traversi di testata.

4.2 CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO

Si riportano di seguito alcune indicazioni tecniche in merito alle modalità di confezionamento e posa del calcestruzzo che verrà utilizzato per i getti in opera dell'impalcato e delle pile del ponte a coronamento.

Questi aspetti saranno ovviamente approfonditi in sede di progettazione esecutiva, in particolare nelle norme tecniche del capitolato speciale d'appalto.

Inoltre, prima dell'inizio dei getti, l'Appaltatore effettuerà a sua cura, responsabilità e spesa la qualifica delle miscele di calcestruzzo previste per le nuove opere, in ottemperanza alla normativa vigente. Questa qualificazione iniziale delle miscele deve effettuarsi per mezzo di prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 (Laboratori Ufficiali), in accordo in particolare al D.M. 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni) ed al D.M. 26.06.2014 (Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta).

Questa relazione di prequalifica deve essere approvata dalla D.L. per potere dare inizio ai getti di calcestruzzo.

Nel seguito si riporta una descrizione delle caratteristiche prestazionali che devono essere rispettate per la miscela di conglomerato cementizio.

Per le pile di sostegno e per il getto degli impalcati dei ponti sopra le travi prefabbricate in c.a.p., si prevede l'impiego di una miscela strutturale, avente le seguenti caratteristiche prestazionali:

- Per le pile: Classe di esposizione XF2, con resistenza caratteristica a compressione, a 28 giorni di maturazione, di 35 MPa
- Per gli impalcati (getti in opera): Classe di esposizione XF4, con resistenza caratteristica a compressione, a 28 giorni di maturazione, di 37 MPa
- Classe di consistenza S4

Per questo calcestruzzo potranno essere adottati anche cementi a maggiore sviluppo di calore di idratazione di un pozzolanico, trattandosi di getti strutturali e non massivi.

In fase di progettazione esecutiva verrà dettagliata la composizione tipo di questa miscela.

Cementi:

Tutti i manufatti in calcestruzzo potranno essere eseguiti impiegando unicamente cementi provvisti di attestato di conformità CE che soddisfino i requisiti di accettazione previsti dalla norma UNI EN 197-1.

Aggregati:

Gli aggregati utilizzabili, ai fini del confezionamento del calcestruzzo, debbono possedere marcatura CE secondo D.P.R. 246/93 e successivi decreti attuativi e debbono essere conformi ai requisiti della normativa UNI 8520-2 con i relativi riferimenti alla destinazione d'uso del calcestruzzo. Dovranno inoltre rispettare i requisiti minimi imposti dalla norma UNI 8520 parte 2 relativamente al contenuto di sostanze nocive.

Per il confezionamento del calcestruzzo dovranno essere impiegati aggregati appartenenti a non meno di tre classi granulometriche diverse. La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, sarà quella capace di soddisfare le esigenze di posa in opera richieste, e quelle di resistenza meccanica a compressione, di durabilità e di impermeabilità richieste per il conglomerato.

Acqua di impasto:

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008:2003.

Additivi:

Gli additivi per la produzione del calcestruzzo devono possedere la marcatura CE ed essere conformi, in relazione alla particolare categoria di prodotto cui essi appartengono, ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934. Per gli altri additivi, che non rientrano nelle classificazioni della norma, si dovrà verificarne l'idoneità all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste, avendo la preventiva approvazione all'impiego da parte della D.L.

Armature:

Per quanto riguarda le barre di armatura dei getti in c.a., esse dovranno essere ad aderenza migliorata in acciaio tipo B450C, controllato in stabilimento, conformi al D.M. 14.01.2008.

4.3 DURABILITÀ DELLE STRUTTURE

Per le miscele dei getti in opera delle pile e dell'impalcato, oltre che per i getti strutturali in genere, al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edita dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004. In particolare, si adottano le seguenti classi di esposizione:

- per l'impalcato: XF4 (ambiente con elevata saturazione d'acqua con presenza di agente antigelo);
- per le pile: XF2 (ambiente con moderata saturazione d'acqua in presenza di agente disgelante).

Sia l'impalcato che le pile verranno comunque gettati utilizzando la stessa miscela di calcestruzzo, adottando per tutte le opere in c.a. previste in progetto la classe di esposizione più vincolante, cioè la XF4.

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, è previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale (c_{nom}) è somma di due contributi, il copriferro minimo (c_{min}) e la tolleranza di posizionamento (h). Vale pertanto: $c_{nom} = c_{min} + h$.

La tolleranza di posizionamento delle armature h , per le strutture gettate in opera, è assunta pari a 5 mm. In definitiva, considerate le Classi di esposizione ambientale sopra indicate, si adottano i seguenti copriferri:

Travi prefabbricate

- | | |
|---|-------|
| - copriferro minimo cavi di precompressione | mm 45 |
| - copriferro minimo armatura lenta | mm 35 |

Getti in opera

- | | |
|---|-------|
| - copriferro minimo getti massivi manufatti A e B | mm 40 |
| - copriferro minimo soletta impalcato | mm 30 |
| - copriferro minimo pile | mm 35 |

4.4 MESSA IN OPERA DEL CALCESTRUZZO

L'Appaltatore dovrà adottare tutti gli accorgimenti in termini di ingredienti e di composizione dell'impasto per garantire che il calcestruzzo possieda al momento della consegna in cantiere la lavorabilità prescritta.

La lavorabilità verrà controllata al momento del getto all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica convenzionale a compressione secondo le indicazioni riportate sulle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008). La misura della lavorabilità verrà condotta in accordo alla UNI-EN 206-1 dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno $0,3 \text{ m}^3$ di calcestruzzo.

E' onere dell'Appaltatore garantire in ogni situazione le caratteristiche prescritte per le diverse miscele tenendo conto che sono assolutamente proibite le aggiunte di acqua in betoniera.

Prima del getto le superfici di posa dei calcestruzzi dovranno essere perfettamente pulite con getti di aria e/o acqua in pressione ed abbondantemente irrorate. Saranno asportati tutti quei materiali indesiderabili quali macchie d'olio, boiaccia e similari. Sempre prima di procedere alla messa in opera del calcestruzzo, sarà necessario adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare qualsiasi sottrazione di acqua dall'impasto. In particolare, in caso di casseforme in legno, andrà eseguita un'accurata bagnatura delle superfici. Tutti i lavori di pulizia ed eventuale trattamento previo, saranno eseguiti seguendo le disposizioni che saranno impartite dalla D.L. in fase esecutiva.

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme, si effettuerà applicando tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione. L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, non deve eccedere i 50 centimetri.

Tenuto presente che le riprese di getto costituiscono il punto più delicato delle strutture, è necessario che il programma dei getti venga studiato e realizzato dall'Appaltatore in modo da eseguire con continuità le singole parti delle strutture staticamente indipendenti.

Il getto verrà eseguito per strati e proseguendo in successione fino alla testa della casseratura o al completamento della struttura.

I distanziatori utilizzati per garantire i copriferri ed eventualmente le reciproche distanze tra le barre di armatura, dovranno essere in plastica o a base di malta cementizia di forma e geometria tali da minimizzare la superficie di contatto con il cassero.

Per la compattazione del getto verranno adoperati vibratori ad immersione. L'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente e spostato, da punto a punto nel calcestruzzo; la durata della vibrazione verrà protratta nel tempo fino all'esposizione della componente più fine e più liquida (boiaccia) in superficie.

Per quanto riguarda le temperature ambientali di messa in opera, saranno consentiti i getti solo con temperature dell'aria nelle immediate vicinanze dell'opera di esecuzione $\geq 2^{\circ}\text{C}$ con tendenza all'aumento.

4.5 IPOTESI DI CALCOLO ADOTTATE NELLE VERIFICHE

Le verifiche sono state condotte sui due impalcati aventi luce netta tra gli appoggi di 25,0 m (per i ponti sui manufatti 'A' e 'B') e di 32,0 m (per il ponte trasversale al manufatto 'C'); i dimensionamenti ricavati per la luce di 25,0 m si estendono a tutti gli impalcati che presentano luci leggermente minori.

Sono state verificate sia le pile sul Manufatto A, che quelle sul Manufatto B, in quanto di altezze differenti.

La valutazione della sicurezza dell'impalcato è stata effettuata con riferimento:

- allo stato limite di esercizio, con le verifiche delle tensioni (durante le fasi di costruzione e in esercizio), della fessurazione e della deformazione;
- allo stato limite ultimo con le verifiche a flessione della sezione di mezzeria ed a taglio per la sezione all'appoggio.

Per l'impalcato si sono considerate le due fasi esecutive:

- fase 1 – posa delle travi e getto della soletta: in questa fase il peso della soletta ed il peso proprio delle travi viene sopportato dalle sole travi;
- fase 2 – impalcato completo: in questa fase si considerano i carichi permanenti portati ed i carichi accidentali.

La valutazione della sicurezza delle pile viene effettuata con riferimento allo stato limite ultimo, con verifiche a pressoflessione della sezione di base.

Le azioni considerate nelle verifiche sono, oltre al peso proprio ed ai carichi permanenti portati, i carichi accidentali dei veicoli (2^a categoria) e l'azione sismica.

Con riferimento al § 5.1.3.3.5 delle NTC 2008 (D.M. 14 gennaio 2008), i carichi accidentali dei veicoli che si considerano sulla corsia n. 1 sono un carico tandem costituito da due assali con interasse di 1,20 m e carico per asse pari a 240 kN, ed un carico distribuito $q_{ik}=7,2 \text{ kN/m}^2$, mentre sulla corsia n. 2 si applicano i carichi associati ai ponti di prima categoria ovvero carico tandem costituito da due assali con interasse di 1,20 m e carico per asse pari a 200 kN ed un carico distribuito $q_{ik}=2,5 \text{ kN/m}^2$.

4.6 RISULTATI DEI CALCOLI E DELLE VERIFICHE

Le verifiche degli impalcati e delle pile, di cui di seguito si riporta una sintesi dei risultati, sono illustrate nella relazione di progetto BAG2_04STI_R_RE_02 ("Calcoli delle strutture").

In fase di tesatura, la tensione di compressione nel calcestruzzo delle travi prefabbricate, al bordo inferiore delle stesse, risulta pari a 20,55 MPa per l'impalcato da 25 m ed a 27,45 MPa per quello da 32 m. Pertanto, la resistenza caratteristica del calcestruzzo all'atto del ritiro deve essere f_{ckj} maggiore di 29,36 MPa per l'impalcato da 25 m e maggiore di 39,21 MPa per quello da 32 m.

Per l'impalcato da 25 m:

- In fase di getto della soletta, per la trave di bordo, più sollecitata, risulta:
 - Tensione nel calcestruzzo al lembo superiore trave: 17,29 MPa
 - Tensione nel calcestruzzo al lembo inferiore trave: 8,11 MPa
 - Tensione nell'acciaio inferiore: 769 MPa
 - Tensione nell'acciaio superiore: 751 MPa
- In esercizio, nella combinazione finale "rara", risulta per la trave più sollecitata:
 - Tensione nel calcestruzzo al lembo superiore soletta: 14,94 MPa
 - Tensione nel calcestruzzo al lembo superiore trave: 17,29 MPa
 - Tensione nell'acciaio inferiore: 1246 MPa
 - Tensione nell'acciaio superiore: 800 MPa
- Sempre in esercizio, nella combinazione finale "quasi permanente":
 - Tensione nel calcestruzzo al lembo superiore trave: 18,23 MPa
 - Tensione nel calcestruzzo al lembo inferiore trave: 5,04 MPa
 - Tensione nell'acciaio inferiore: 786 MPa
 - Tensione nell'acciaio superiore: 747 MPa

Per l'impalcato da 32 m:

- In fase di getto della soletta, per la trave di bordo, più sollecitata, risulta:
 - Tensione nel calcestruzzo al lembo superiore trave: 18,49 MPa
 - Tensione nel calcestruzzo al lembo inferiore trave: 13,54 MPa
 - Tensione nell'acciaio inferiore: 1138 MPa
 - Tensione nell'acciaio superiore: 1120 MPa
- In esercizio, nella combinazione finale "rara", risulta per la trave più sollecitata:

- Tensione nel calcestruzzo al lembo superiore soletta: 7,61 MPa
 - Tensione nel calcestruzzo al lembo superiore trave: 23,48 MPa
 - Tensione nell'acciaio inferiore: 1209 MPa
 - Tensione nell'acciaio superiore: 1098 MPa
- Sempre in esercizio, nella combinazione finale “quasi permanente”:
- Tensione nel calcestruzzo al lembo superiore trave: 19,69 MPa
 - Tensione nel calcestruzzo al lembo inferiore trave: 10,30 MPa
 - Tensione nell'acciaio inferiore: 1156 MPa
 - Tensione nell'acciaio superiore: 1115 MPa

I valori delle tensioni sono sempre inferiori ai valori limite relativi ai materiali impiegati, quindi le verifiche sono soddisfatte.

La verifica allo SLU in mezzzeria alle travi prefabbricate è effettuata per la combinazione “fondamentale”, che risulta più gravosa di quella sismica. Per l'impalcato da 25 m si ha che il momento resistente della sezione è pari a 21.951 kNm, maggiore del momento agente di 28.968 kNm e pertanto la verifica è soddisfatta. Per l'impalcato da 32 m si ha che il momento resistente della sezione è pari a 40.042 kNm, maggiore del momento agente di 33.581 kNm e pertanto la verifica è soddisfatta.

Le verifiche a taglio delle travi sono svolte per la sezione di appoggio e per le seguenti fibre significative:

- baricentro trave in fase di getto in presenza di precompressione;
- superficie di scorrimento trave-soletta in fase finale in condizioni di calcestruzzo armato normale.

In entrambi i casi e per entrambi gli impalcati calcolati risulta che il taglio agente è minore di quello resistente, quindi le verifiche a taglio sono soddisfatte.

Il limite di decompressione previsto dalla normativa per le travi in c.a.p. è rispettato, essendo la sezione di mezzzeria sempre compressa, anche per la condizione di carico accidentale massimo.

La verifica dello stato limite di deformazione dell'impalcato in mezzzeria è soddisfatta, essendo il rapporto tra la luce e la freccia di calcolo pari a circa 300 per l'impalcato da 25 m e di circa 1100 per quello da 32 m.

Infine, si è verificata la soletta superiore gettata in opera come elemento inflesso in direzione perpendicolare alla tessitura delle travi. La verifica porta ad un momento resistente di 75 kNm, contro un momento agente allo SLU di 64 kNm.

Le combinazioni più gravose per le verifiche a pressoflessione allo SLU della sezione di base delle pile risultano essere quelle sismiche. Queste verifiche sono soddisfatte, risultando sempre il momento agente minore di quello resistente.