CITTÀ DI SAN BENEDETTO DEL TRONTO

BANDIERA BLU

Settore LL.PP. Manutenzione e Gestione del Patrimonio
VIALE DE GASPERI, 120 - TEL. 0735/794330 - FAX. 0735/794309 - CODICE FISCAL E PARTITA IVA 00360140446

LAVORI DI "RIQUALIFICAZIONE E RINATURALIZZAZIONE DEL TORRENTE ALBULA"

PROGETTO DI COMPLETAMENTO PISTA CICLOPEDONALE LUNGO IL TORRENTE ALBULA da Viale DE GASPERI a Via PIEMONTE STRALCIO 3

San Benedetto del Tronto, li Dicembre 2021	PROGETTO ESECUTIVO	Scala ....
Aggiornamento	STRUTTURE	Tavola B5.1

Relazione Tecnico Illustrativa delle Strutture

Progettista Architettonico :
Arch. Annalisa SINATRA — Settore LL.PP. Manutenzione e Gestione del Patrimonio

Collaboratori :
Arch. Monia ILLUMINATI — Settore LL.PP. Manutenzione e Gestione del Patrimonio
Geom. Filippo D'ANGELI — Settore LL.PP. Manutenzione e Gestione del Patrimonio

Progettista delleStrutture e Coordinatre della Sicurezza in fase di Progettazione :
Arch. Alessio MARINI — ordine Arch. di AP n. 749

Il Progettista *Arch. Annalisa SINATRA*	Il Responsabile Unico del Procedimento *Ing. Enrico OFFIDANI*	Il Dirigente del Settore *Arch. Annalisa SINATRA*

1 – DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

Trattasi della realizzazione del marciapiede in via G. Moretti nel comune di San Benedetto del Tronto nel tratto compreso tra Viale A. De Gasperi e via Piemonte.
L' opera avrà una lunghezza di circa 143 m e prevede la costruzione di una passerella all'interno dell'alveo del torrente Albula costituita da una serie di mensole in struttura di acciaio di lunghezza pari a cm 171 con uno sbalzo di cm 131 circa poste ad interasse di circa 7,5 m sulle quali verrà poggiato il solaio di calpestio del tipo alveolare e soletta sovrastante in c.a. di altezza variabile.
All'estremità della passerella verrà realizzata una ringhiera di protezione di opportuna altezza collegata alla struttura principale mediante piastre e bulloni.
Le mensole in acciaio saranno realizzate mediante l'accoppiamento di piatti saldati a completa penetrazione di opportune dimensioni in modo da realizzare dei profili ad H avente le ali superiore ed inferiore di diversa larghezza ed altezza costante pari a cm 20.
Sulle ali inferiori verrà poggiato il solaio alveolare avente spessore di cm 20 e soletta superiore di completamento variabile da cm 7 a cm 12 circa.
Per rendere solidale la trave in acciaio alla soletta superiore verranno utilizzati dei pioli di collegamento del tipo Hilti collegati a barre di armatura e rete elettrosaldata.
Saranno previsti giunti strutturali trasversali di dilatazione ogni 30 m circa e tagli trasversali e longitudunali sulla soletta.

Prima del montaggio delle nuove strutture saranno realizzati i tagli sulla sommità dei muri in di contenimento in c.a. per l'alloggiamento delle mensole in acciaio.
Le mensole in acciaio verranno inghisate alle strutture in c.a. mediante barre filettate M24 classe 8.8 e riempite con malta ad alta resistenza per una lunghezza di cm 85.

Arch. Alessio Marini
Via C. A. Vecchi, 4 - 63100 Ascoli Piceno (AP)
Tel. 0736/521212
e-mail: info@arkteam.com

2 – NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

- D.M. del 17/1/2018 – Norme tecniche per le costruzioni.

- Circolare 21 Gennaio 2019 n°7 C.S.LL.PP.

Arch. Alessio Marini
Via C. A. Vecchi, 4 - 63100 Ascoli Piceno (AP)
Tel. 0736/521212
e-mail: info@arkteam.com

3 – VITA NOMINALE E CLASSE D' USO

Per la scelta della vita nominale e la classe d'uso si considerano i parametri definiti da NTC 2018 riportati qui per semplicità:

Tab. 2.4.I – *Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni*

	TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

2.4.2. CLASSI D'USO

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

2.4.3. PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U:

$$V_R = V_N \cdot C_U \qquad [2.4.1]$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

Tab. 2.4.II – *Valori del coefficiente d'uso C_U*

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Per le costruzioni a servizio di attività a rischio di incidente rilevante si adotteranno valori di C_U anche superiori a 2, in relazione alle conseguenze sull'ambiente e sulla pubblica incolumità determinate dal raggiungimento degli stati limite.

Si assumono i seguenti parametri:

- Vita Nominale: 50 Anni
- Classe d'uso: II

Arch. Alessio Marini
Via C. A. Vecchi, 4 - 63100 Ascoli Piceno (AP)
Tel. 0736/521212
e-mail: info@arkteam.com

4 – MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO

Per la realizzazione dell'opera in oggetto di analisi sono impiegati i seguenti materiali:

ACCIAIO DA CARPENTERIA

Per la realizzazione dell'opera in oggetto verranno impiegati i seguenti materiali:

Acciaio per strutture metalliche S275(Fe430) (Resistenza caratteristica Fyk= 275.0 N/mm2);

Materiale d'apporto per saldature S275 (Resistenza caratteristica Fyk = 275.0 N/mm2);

Acciaio per Bulloni Classe 8.8 (Resistenza caratteristica Fyk = 649.0 N/mm2);

Calcestruzzo per soletta e getti di completamento CL25/30

Acciaio per getti in c.a. B450C (Resistenza caratteristica fynom=450 N/mmq).

Tutti i materiali impiegati dovranno essere comunque verificati con opportune prove di laboratorio secondo le prescrizioni della vigente Normativa.

Arch. Alessio Marini
Via C. A. Vecchi, 4 - 63100 Ascoli Piceno (AP)
Tel. 0736/521212
e-mail: info@arkteam.com

5 – VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni delle NTC 2018

In particolare il procedimento per la definizione degli spettri di progetto per i vari Stati Limite per cui sono state effettuate le verifiche è stato il seguente:

- definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del Periodo di Riferimento dell'azione sismica.
- Individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base a_g, F_0 e T^*_c per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC); l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio.
- Determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.
- Calcolo del periodo T_c corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerate che vengono riportati a parte.

5.1 Metodo di Analisi

Il calcolo delle azioni sismiche è stato eseguito in analisi dinamica modale, considerando il comportamento della struttura in regime elastico lineare.
Il numero di modi di vibrazione considerato ha consentito, nelle varie condizioni, di mobilitare le seguenti percentuali delle masse della struttura:

Stato Limite	Direzione Sisma	%
salvaguardia della vita	X	>85
salvaguardia della vita	Y	>85
salvaguardia della vita	Z	>85
di Danno	X	>85
di Danno	Y	>85
di Danno	Z	>85

Arch. Alessio Marini
Via C. A. Vecchi, 4 - 63100 Ascoli Piceno (AP)
Tel. 0736/521212
e-mail: info@arkteam.com

5.2 Combinazione delle componenti dell'azione sismica

L'analisi sismica dell'impalcato in esame è stata condotta mediante analisi con spettro di risposta per sovrapposizione lineare, condotte nelle tre direzioni.
La valutazione degli effetti prodotti dal sisma sulla struttura in esame è stata condotta mediante tre distinte analisi con spettro di risposta, una per ogni direzione.
Per la determinazione degli effetti (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti ecc.,) complessivamente indotti dal sisma, si è proceduto ad una combinazione direzionale dei risultati dedotti da ciascuna delle precedenti analisi:

$$1.00 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y + 0.3 \cdot E_z$$

con rotazione dei coefficienti moltiplicativi così da individuare la condizione di carico più gravosa.

5.3 Fattore di struttura

Si è fissata come ipotesi quella di considerare la struttura a comportamento non dissipativo.

Il fattore di struttura da utilizzare per ciascuna direzione della azione sismica orizzontale, atto a definire gli spettri di progetto per sistemi non dissipativi q0=q=1.0

5.4 Masse sismiche associate

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai soli pesi propri e sovraccarichi permanenti, considerando nullo il valore quasi permanente delle masse corrispondenti ai carichi da traffico: l'opera in oggetto non rientra infatti fra i ponti in zona urbana di intenso traffico, per i quali si deve considerare un valore non nullo di dette masse secondo quanto prescritto al p.to 5.1.3.12 NTC2018.

Arch. Alessio Marini
Via C. A. Vecchi, 4 - 63100 Ascoli Piceno (AP)
Tel. 0736/521212
e-mail: info@arkteam.com

6 – AZIONI SULLA STRUTTURA

I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni delle NTC 2018.
I carichi agenti sui solai, derivanti dall'analisi dei carichi, vengono ripartiti dal programma di calcolo in modo automatico sulle membrature (travi, pilastri, pareti, solette, platee, ecc.).
Su tutti gli elementi strutturali è inoltre possibile applicare direttamente ulteriori azioni concentrate e/o distribuite (variabili con legge lineare ed agenti lungo tutta l'asta o su tratti limitati di essa).
Le azioni introdotte direttamente sono combinate con le altre (carichi permanenti, accidentali e sisma) mediante le combinazioni di carico; da esse si ottengono i valori da impiegare successivamente nelle verifiche.
Le azioni sulla costruzione sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle norme vigenti.

- *Combinazione fondamentale*, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

  $\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \ldots$

- *Combinazione caratteristica (rara)*, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili:

  $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \ldots$

- *Combinazione frequente*, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

  $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \ldots$

- *Combinazione quasi permanente* (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

  $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \ldots$

- *Combinazione sismica*, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

  $E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \ldots$

- *Combinazione eccezionale*, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad:

  $G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \ldots$

Arch. Alessio Marini
Via C. A. Vecchi, 4 - 63100 Ascoli Piceno (AP)
Tel. 0736/521212
e-mail: info@arkteam.com

7 – CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO

Per il calcolo e la verifica degli elementi in acciaio sono stati utilizzati i seguenti programmi di calcolo:

MidasGen v 2021 Calcolo Generale – Verifica globale

CSE Verifica nodi tipici

In allegato per ciascuno di essi è riportata la documentazione atta a valutarne l' affidabilità.

Arch. Alessio Marini
Via C. A. Vecchi, 4 - 63100 Ascoli Piceno (AP)
Tel. 0736/521212
e-mail: info@arkteam.com

8 – PROGETTO E VERIFICA DEI COLLEGAMENTI

Per ogni collegamento sono state ricavate le massime sollecitazioni agenti sugli elementi componenti (Bulloni, Tirafondi, Piastre, Costole e Cordoni di Saldatura) considerando appropriati modelli di calcolo e quindi sono state effettuate le relative verifiche. In particolare:

- Per i bulloni sono state effettuate verifiche a Taglio e Trazione sia per la singola sollecitazione che per presenza contemporanea di tali sollecitazioni.
- Per le piastre sono state effettuate verifiche a Rifollamento, a Flessione con la presenza eventuale di costole, a Punzonamento e alle Tensioni nel piano della piastra.
- Per le costole è stata effettuata la verifica controllando la tensione ideale massima calcolata considerando le tensioni parallele e ortogonali al piano della costola.
- Per i cordoni di saldatura è stata effettuata la verifica controllando la tensione ideale massima calcolata considerando le tensioni tangenziali parallele e ortogonali alla lunghezza del cordone e la tensioni normali ortogonale alla lunghezza.

Arch. Alessio Marini
Via C. A. Vecchi, 4 - 63100 Ascoli Piceno (AP)
Tel. 0736/521212
e-mail: info@arkteam.com

9 – ANALISI DEI CARICHI

- **Pesi Propri e Permanenti**

I pesi propri dei veri elementi strutturali sono valutati dal software di analisi in relazione alle caratteristiche geometriche e dei materiali costituenti gli stessi.

Peso solaio alveolare + soletta di ripartizione

Si considera un carico uniformemente distribuito di 500 kg/mq disposto sull'ala inferiore della mensola.
Interasse mensole max=7.5 m
Carico sulla mensola
Qa=500x7.5=3750 kg/ml
Carico ripartito sull'ala inferire della mensola:
qa=3750/0.40=9375 kg/mq=0.9375 kg/cmq

- **Sovraccarico accidentale solaio**

Si considera un carico uniformemente distribuito di 400 kg/mq disposto sull'ala inferiore della mensola.

Interasse mensole max=7.5 m
Carico sulla mensola
Qa=400x7.5=3000 kg/ml
Carico ripartito sull'ala inferire della mensola:
qa=3000/0.40=7500 kg/mq=0.75 kg/cmq

- **Azione della neve**

Normativa di riferimento: Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17 gennaio 2018 e Circolare 21 gennaio 2019,n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Zona di ubicazione dell'edificio: II
Arezzo, Ascoli Piceno, Avellino, Bari, Barletta-Andria-Trani, Benevento, Campobasso, Chieti, Fermo, Ferrara, Firenze, Foggia, Frosinone, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, L'Aquila, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rieti, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona

Coefficiente di esposizione del sito: Normale

San Benedetto del Tronto

Classificazione della costruzione: Copertura ad una falda senza barriera o parapetto
W (dimensione minore in pianta della copertura [C3.4.3.2]): 0.03 <m>
L (dimensione maggiore in pianta della copertura [C3.4.3.2]): 0.12 <m>
Lc (dimensione equivalente in pianta della copertura [C3.4.3.2]): 0.05 <m>
$C_{e,F}$: 1.00
T_r (tempo di ritorno): 50 anni
C_t (coefficiente termico): 1.00
a_s (altitudine sul livello del mare): 0.05 <m>

α (angolo inclinazione): 0.00 <grad>

Parametri derivati (3.4.2):
qsk (valore di riferimento del carico neve al suolo): 100.00 <daN/mq>

Arch. Alessio Marini
Via C. A. Vecchi, 4 - 63100 Ascoli Piceno (AP)
Tel. 0736/521212
e-mail: info@arkteam.com

```
Parametri derivati (tab. 3.4.I):
    CE (coefficiente d'esposizione): 1.00
    μ1 (coefficiente di forma della copertura): 0.80

Carichi agenti:
    qss (carico provocato dalla neve sulle coperture): 80.00 <daN/mq>
```

- **Azione Sismica**

L'analisi sismica dell'impalcato in esame è stata condotta mediante analisi con spettro di risposta per sovrapposizione lineare, condotte nelle tre direzioni.
La valutazione degli effetti prodotti dal sisma sulla struttura in esame è stata condotta mediante tre distinte analisi con spettro di risposta, una per ogni direzione.
Per la determinazione degli effetti (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti ecc.,) complessivamente indotti dal sisma, si è proceduto ad una combinazione direzionale dei risultati dedotti da ciascuna delle precedenti analisi:

$$1.00 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y + 0.3 \cdot E_z$$

con rotazione dei coefficienti moltiplicativi così da individuare la condizione di carico più gravosa.

Arch. Alessio Marini
Via C. A. Vecchi, 4 - 63100 Ascoli Piceno (AP)
Tel. 0736/521212
e-mail: info@arkteam.com

Arch. Alessio Marini
Via C. A. Vecchi, 4 - 63100 Ascoli Piceno (AP)
Tel. 0736/521212
e-mail: info@arkteam.com

10 – DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO UTILIZZATO

Generalità sulle analisi e verifiche svolte con l'ausilio del codice di calcolo

Le analisi strutturale volte alla determinazione delle sollecitazioni indotte dai carichi di progetto sull'opera in esame, sono state condotte mediante il software di calcolo MidasGen distribuito da Harpaceas – Milano attraverso delle analisi statiche lineari e delle analisi dinamiche lineari con spettro di risposta. Il programma analizza la struttura usando un modello agli elementi finiti (FEM) definito dall'utente mediante l'interfaccia grafica e l'interfaccia di input parametrico dell'impalcato.

La modellazione utilizzata include le seguenti caratteristiche per la rappresentazione della struttura:

- Proprietà dei materiali;
- Elementi Frame ed elementi Shell;
- Nodi che rappresentano le connessioni di elementi;
- Vincoli esterni che fanno da supporto ai nodi;
- Carichi, compresi quelli dovuti al peso proprio, termici, sismici ed altri;
- L'output delle analisi include anche spostamenti, tensioni e reazioni dovute ai carichi.

Il modello di calcolo sviluppato mediante tale software di analisi fa riferimento ad un comportamento globale di tipo spaziale o piani in funzione dei gradi di libertà imposti ai nodi della struttura. Infatti tutti gli elementi costituenti il modello sono definiti in uno spazio geometrico fisso individuato da un SISTEMA DI RIFERIMENTO GLOBALE a cui sono riferite le coordinate di tutti i nodi della struttura. Si tratta di un sistema tridimensionale, destrorso, rettangolare. I tre assi, denotati X, Y, e Z, sono mutuamente perpendicolari e soddisfano la regola della mano destra.
Ciascun componente del modello (nodo, elemento Frame, elemento Shell, ecc.) ha il suo proprio sistema locale di coordinate usato per definire proprietà, carichi e risposta per quel dato componente.

Arch. Alessio Marini
Via C. A. Vecchi, 4 - 63100 Ascoli Piceno (AP)
Tel. 0736/521212
e-mail: info@arkteam.com

Metodologia di Analisi

Per il calcolo delle sollecitazioni indotte sulla struttura in esame dai carichi di progetto si è fatto ricorso a due differenti modalità di analisi:

- Analisi Statica Lineare

utilizzata per tutte le condizioni di carico di tipo statico quali i carichi da peso proprio, i carichi permanenti e le azioni da neve e da vento.

- Analisi Dinamica Lineare con Spettro di Risposta

utilizzata per le condizioni di carico di tipo sismico, in particolare sono state considerate 3 differenti casi di carico, una per ciascuna componente delle azioni sismiche. Alle prime due, relative al sisma agente in direzione X (longitudinale all'impalcato) ed Y (trasversale all'impalcato) è stato assegnato lo spettro di progetto relativo alle azioni orizzontali, mentre alle 3, relativa alla direzione Z (verticale) è stato assegnato lo spettro di progetto relativo al sisma verticale. Ovviamente considerando i vari stati limite previsti da normativa, considerando un numero di modi tale da eccitare un'aliquota di massa superiore all'85% del totale.

Arch. Alessio Marini
Via C. A. Vecchi, 4 - 63100 Ascoli Piceno (AP)
Tel. 0736/521212
e-mail: info@arkteam.com