COMUNE DI VARENNA

Provincia di Lecco

Regione Lombardia

ALLESTIMENTO PERCORSO GROTTA DI FIUMELATTE E RIQUALIFICAZIONE ESTERNA

PROGETTO ESECUTIVO

Allegato **H**

CALCOLI ESECUTIVI DELLE STRUTTURE

data: 09-12-2013

scala:

agg.:

rep.: 10-2013

Dott. Ing. Luigi BERNARDI

Dott. Ing. Fabio BERNARDI

STUDIO DI INGEGNERIA

23823 COLICO (Lecco) Via Villatico, 12

tel. 0341 940768 e-mail: info@ingbernardi.it

Il progettista:

Dott. Ing. Luigi BERNARDI

Il progettista:

Dott. Ing. Fabio BERNARDI

PROPRIETA' RISERVATA A TERMINE DI LEGGE

RELAZIONE STRUTTURALE

DESCRIZIONE DELL'OPERA.

Si prevede di realizzare una passerella pedonale in acciaio per l'accesso secondario alla grotta.
La struttura è costituita da due travi parallele in acciaio (UPN 180 S235). Tali elementi sono a loro volta fissati sul lato di monte al versante roccioso mentre sul lato opposto poggiano su dei puntoni in acciaio (HEA 180 S235) aventi un interasse pari a 1.60 m (Fig. 1).
Sopra la struttura portante vengono posizionate, e fissate con bulloni, le pedate dei gradoni realizzati in grigliato di acciaio.
Il dimensionamento e la verifica sono stati condotti in osservanza alla normativa vigente, con particolare riferimento al D.M. 14 gennaio 2008 e relativa circolare applicativa.

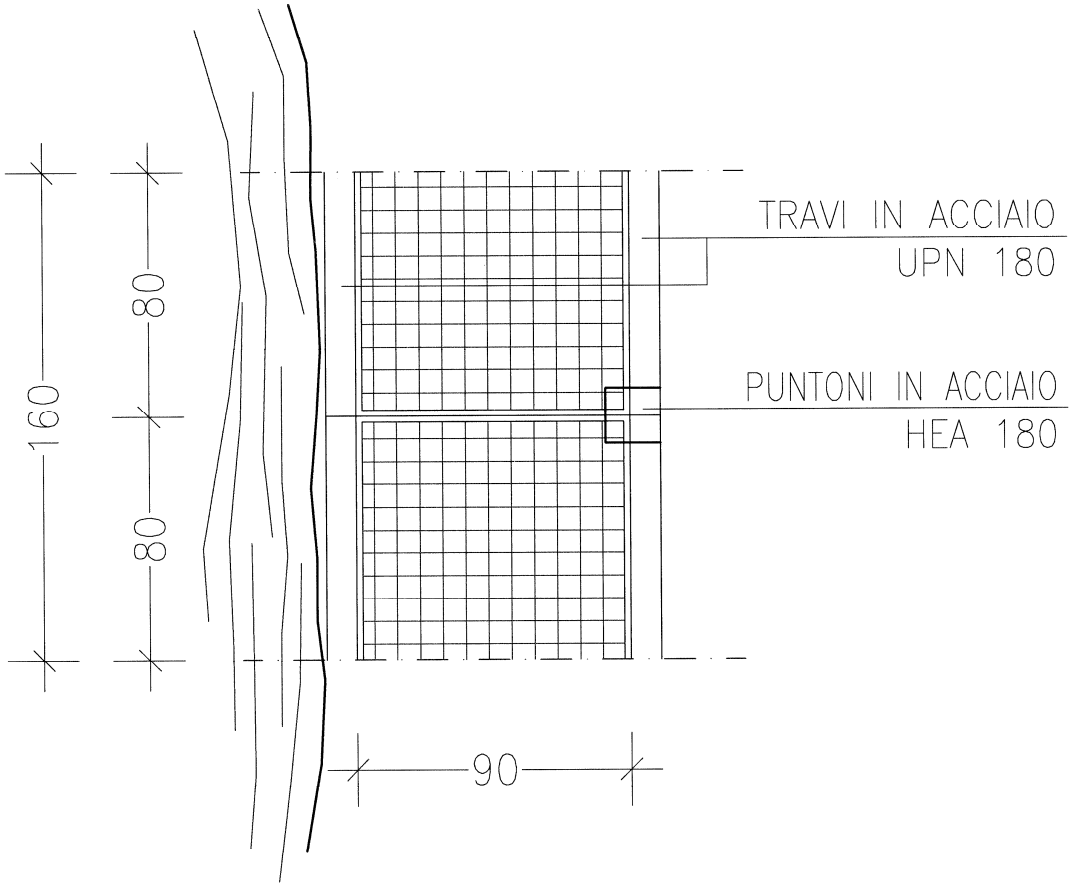

Figura 1 – Vista in pianta della struttura.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. 14 gennaio 2008 *"Norme tecniche per le costruzioni"*.
- Circolare 2 febbraio 2009, n° 617 *"Circolare applicativa D.M. 14 gennaio 2008"*.
- UNI EN 1993-1 "*Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio*".

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le proprietà dell'acciaio sono elencate nella tabella 1.

Resistenza caratteristica a snervamento	$\mathbf{f_{yk}}$	235 [N/mm^2]
Modulo elastico	$\mathbf{E_s}$	206000 [N/mm^2]
Coefficiente parziale	$\boldsymbol{\gamma_{M0}}$	1.05
Coefficiente parziale	$\boldsymbol{\gamma_{M1}}$	1.05

Tabella 1 – Proprietà dell'acciaio

Il legame costitutivo è assunto elasto-plastico perfetto.

ANALISI DEI CARICHI

La passerella è soggetta ai seguenti carichi:

- $g_1 = 0.22$ kN/m
- $g_{2,\ grigliato} = 0.32$ kN/m^2
- $g_{2,\ parapetto} = 0.08$ kN/m^2
- $q_K = 4$ kN/m^2

Viene considerata la combinazione fondamentale (SLU):

$Q_{distribuito} = \gamma_{G2} \cdot G_{2,grigliato} + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} = 6.5$ kN/m^2

$P_{concentrato} = \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2,parapetto} \cdot G_2 = 0.45$ kN/m

I carichi agiscono sulla struttura secondo lo schema riportato nella Figura 2.

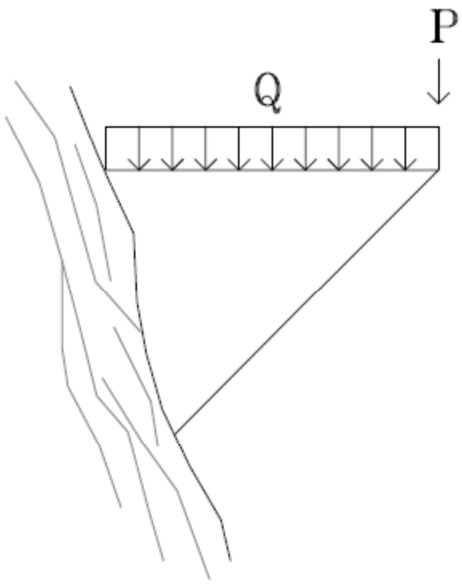

Figura 2 – Schema di carico.

VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO (SLU)

L'analisi allo stato limite ultimo viene svolta secondo quanto previsto dal D.M. 14.01.2008.
Di seguito viene riportata sia la verifica del puntone compresso (HEA 180) che del corrente (UPN 180) sottoposto a flessione semplice.

Verifica di instabilità del puntone

Dal calcolo strutturale è emerso che il valore massimo dell'azione assiale (Fig. 3) nel puntone è pari a:
N_{ed} = 7.81 kN

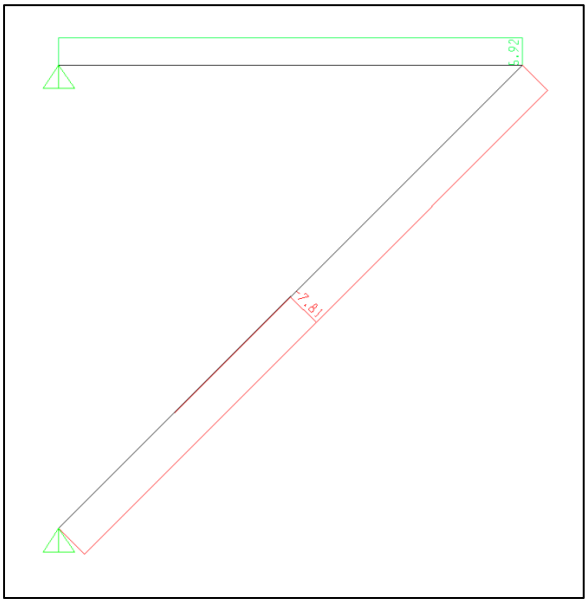

Fig 3 – Diagramma azione assiale Ned [kN]

Il profilo della sezione (HEA180) del puntone rientra nella classe 1.

- Instabilità:
  La verifica di stabilità di un'asta si effettua nell'ipotesi che la sezione trasversale sia uniformemente compressa. Deve essere:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

  dove
  N_{ed} è l'azione di compressione di calcolo = 7.81 kN
  $N_{b,Rd}$ è la resistenza all'instabilità nell'asta compressa data da:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_{yk}}{\gamma_{M1}} \qquad \text{per le sezioni di classe 1, 2, 3}$$

I coefficienti dipendono dal tipo di sezione e dal tipo di acciaio impiegato; essi si desumono, in funzioni di appropriati valorid della snellezza adimensionale $\bar{\lambda}$, dalla seguente formula

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} \leq 1.0$$

dove

$$\phi = 0.50\left[1 + \alpha\left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \bar{\lambda}^2\right]$$

e la snellezza adimensionale $\bar{\lambda}$ è pari a:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_{yk}}{N_{cr}}} \qquad \text{per le sezioni di classe 1 , 2 e 3}$$

N_{cr} è il carico critico elastico basato sulle proprietà della sezione lorda e sulla lunghezza di libera inflessione l_0 dell'asta, calcolato per la modalità di collasso per instabilità appropriata.

Nel caso in cui $\bar{\lambda}$ sia minore di 0.2 oppure nel caso in cui la sollecitazione di calcolo N_{ed} sia inferiore a 0.04 N_{cr}, gli effetti legati ai fenomeni di instabilità per le aste compresse possono essere trascurati.

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche:

HE 180 A | Acciaio | S235 (Fe360) | fy (N/mm2) | 235

$\gamma_{M1} = 1.05$ $\beta_A = 1.0$ $\varepsilon = 1.0$ $\lambda_1 = 93.9\,\varepsilon =$ 93.9

			Instabilità attorno all'asse y - y	Instabilità attorno all'asse z - z
Snellezza	λ		24.16	0.0
Snellezza adimensionale	$\bar{\lambda} = \lambda/\lambda_1$	$\beta_A^{0.5}$	0.2573	0.0
Curva di instabilità			b	c
Coefficiente di imperfezione	α		0.34	0.49
$\phi = 0.5\,[1+\alpha(\bar{\lambda}-0.2)+\bar{\lambda}^2]$			0.5428	0.451
$\chi = 1 / [\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{0.5}]$			0.9796	1.0
$N_{b,Rd} = \chi\,\beta_A\,A\,f_y / \gamma_{M1}$		(kN)	992.068	1012.738
Imperfezione di freccia	$e_{0,d}$	[mm]	1.26	0.0
	N_{cr}	[kN]	16065.9	∞

Si evince che la verifica a instabilità risulta ampiamente verificata.

Verifica della sezione UPN 180

Lo schema di carico del profilato è mostrato in Figura 4.

Fig. 4 – Schema di carico

Verifica a flessione

Dal calcolo strutturale è emerso che il valore massimo del momento flettente (Fig. 5) è pari a:

M_{ed} = 1.12 kNm

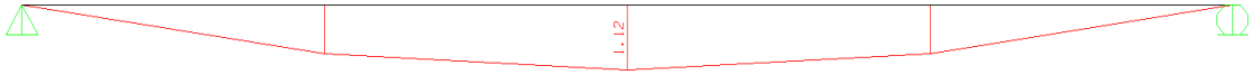

Fig. 5 – Diagramma momento flettente Med [kNm]

Il calcolo del momento resistente, Mrd, si ottiene dalla seguente relazione:

$$M_{rd} = \frac{w_{pl,x}\, f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

dove:

$W_{pl,x}$ = 179 cm^3

f_{yk} = 235 N/mm^2

γ_{M0} = 1.05

Sostituendo si ottiene M_{Rd} = 40 kNm > Med

Verifica a taglio

Come riportato in Figura 6, il valore massimo dell'azione tagliante è pari a Ved = 2.88 kN.

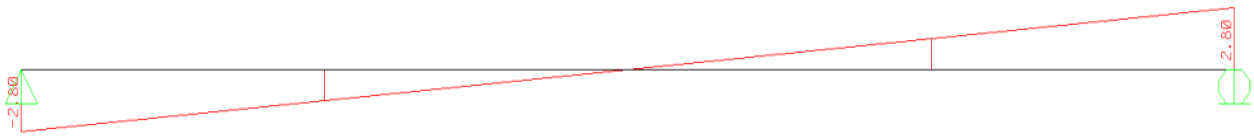

Fig. 6 – Diagramma azione di taglio Ved [kN]

Per quanto riguarda il taglio resistente, Vrd, si calcola con l'equazione:

$$V_{pl,rd} = \frac{A_v \left(f_{yk} / \sqrt{3} \right)}{\gamma_{M0}}$$

dove

A_v = 15.09 cm^2

f_{yk} = 235 N/mm^2

γ_{M0} = 1.05

Sostituendo si ottiene V_{Rd} = 195 kN > Ved.

Le verifiche a flessione e taglio risultano ampiamente soddisfatte.

Il dimensionamento del profilato è stato quindi dettato da ragioni e problematiche di tipo costruttivo dovute al fissaggio del grigliato dei gradini (alzata/pedata).