

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

FABBRICATI VIAGGIATORI

Stazione S. Antonio - Sottopasso

Relazione di calcolo delle scale tipo B

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

NN1X 00 D 78 CL FV0400 004 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	F.Durastanti	Ott-2020	G.Romano	Ott-2020	M.D'Avino	Ott-2020	D.Tiberti Gen-2021
B	Emissione Esecutiva	F.Durastanti	Gen-2021	G.Romano	Gen-2021	M.D'Avino	Gen-2021	ITA FERR S.p.A. Gruppo Ferrovie dello Stato Direzione Generale UO Infrastrutture Sud Prof. Ing. David Tiberti Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10876

NN1X.0.0.D.78.CL.FV.04.0.0.004.B

n. Elab.:

STAZIONE S. ANTONIO

Sottopasso: Relazione di calcolo delle scale tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL FV0400 004	B	1 di 21

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	3
3. PROGETTO NUOVE SCALE.....	4
3.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3.2. UNITA' DI MISURA E SIMBOLOGIA.....	5
3.3. MATERIALI.....	5
3.4. GEOMETRIA.....	6
4. MODELLAZIONE ADOTTATA.....	7
4.1. ANALISI DEI CARICHI.....	7
4.2. COMBINAZIONI DI CARICO.....	11
4.3. CARATTERISTICHE DELLE SOLLECITAZIONI.....	14
4.3.1. INVILUPPO SLU/SLV.....	14
4.3.2. INVILUPPO SLE (RARA).....	15
4.4. VERIFICHE SLU/SLV/SLE.....	15
4.5. VERIFICHE DI DEFORMABILITA'.....	18
4.6. ARMATURE DI RIPARTIZIONE.....	19
4.7. RIEPILOGO E INCIDENZA ARMATURE.....	21

1. PREMESSA

Nella presente relazione di calcolo è sviluppato il progetto, ai sensi delle norme attualmente vigenti NTC18, della struttura delle scale in c.a. di uno dei due vani scala previsti nella nuova stazione di S. Antonio lungo la linea metropolitana “Salerno-Pontecagnano aeroporto” alla progressiva 6+120.

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza richiesti all’opera.

Si riportano di seguito uno stralcio planimetrico e una sezione trasversale volta ad individuare le grandezze impiegate nel dimensionamento:

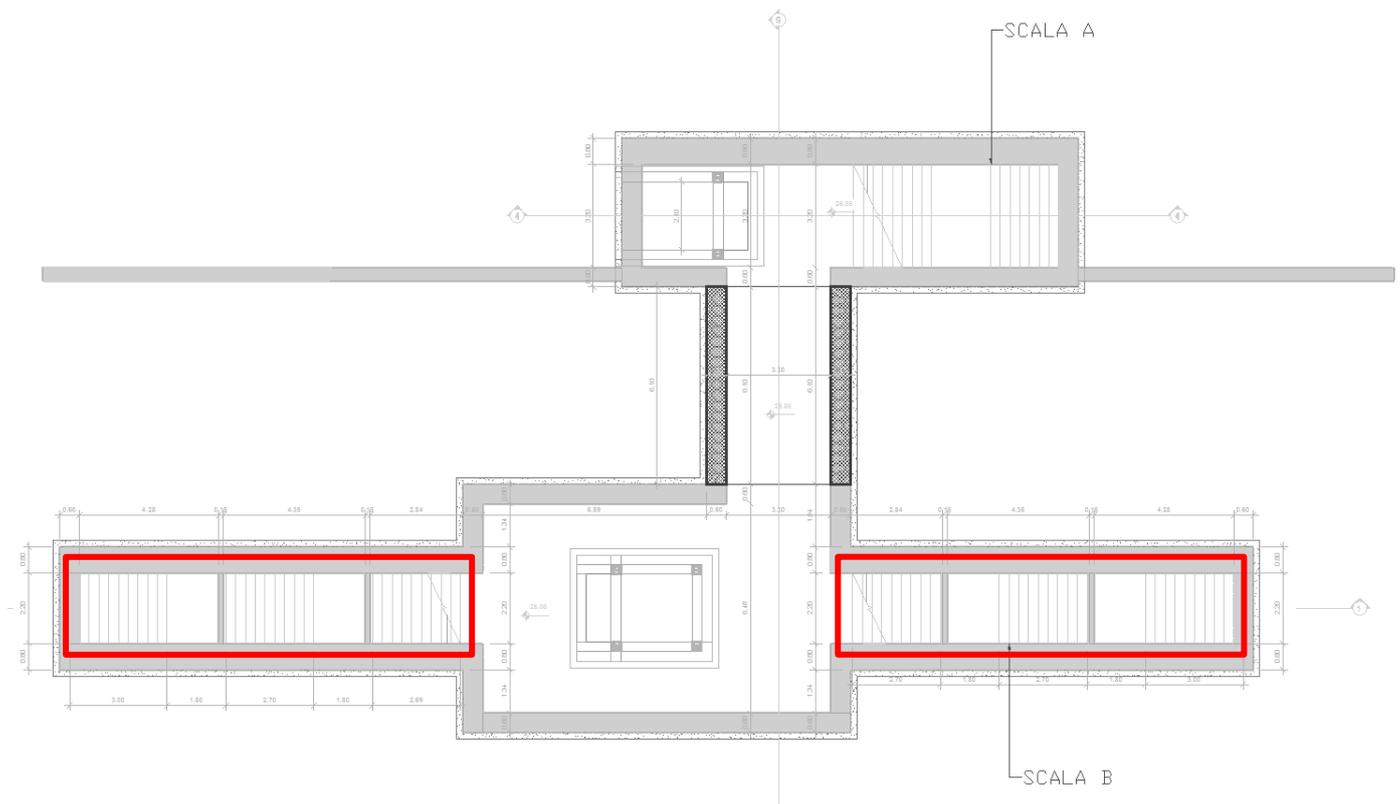


Figura 1a. Planimetria dell’opera con individuazione della scala

STAZIONE S. ANTONIO

Sottopasso: Relazione di calcolo delle scale tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL FV0400 004	B	3 di 21

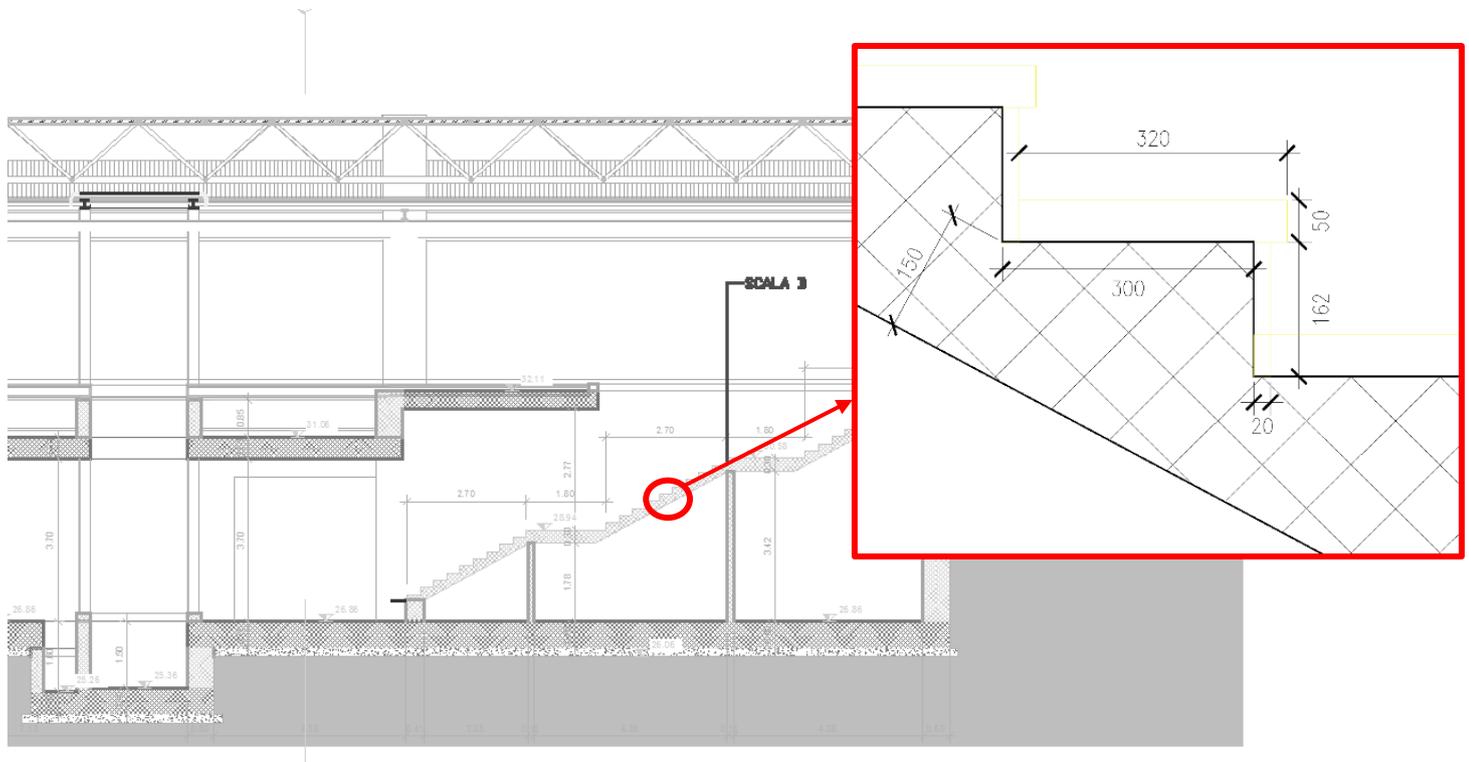


Figura 2. Sezione longitudinale dell'opera con individuazione della scala

2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Nell'ambito del progetto della nuova stazione di S. Antonio lungo la linea Salerno-Pontecagnano aeroporto è prevista la realizzazione di due vani scale per consentire il raggiungimento del piano dei binario dal sottopasso realizzato al di sotto della linea metropolitana. Nel seguito si riportano i calcoli necessari al dimensionamento della strutture che costituisce una delle due scalinate, denominato nelle figure sopra riportate "Scala B".

L'opera ha luce netta di calcolo pari a 2,20 m.

Nel seguito verrà esaminata una striscia avente lunghezza 1.00 m.:

STAZIONE S. ANTONIO

Sottopasso: Relazione di calcolo delle scale tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL FV0400 004	B	4 di 21

3. PROGETTO NUOVE SCALE

Nel presente paragrafo si riportano i calcoli volti alla progettazione delle strutture in oggetto nel rispetto della norma attualmente vigente NTC18.

3.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Tutte le calcolazioni sono state eseguite nel rispetto delle normativa NTC18 attualmente vigente.. In particolare si è fatto riferimento:

[N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);

[N.2]. Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;

[N.3]. Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019

[N.4]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2

[N.5]. RFI DTC SI MA IFS 001 D del 20 dicembre 2019 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili

STAZIONE S. ANTONIO

Sottopasso: Relazione di calcolo delle scale tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL FV0400 004	B	5 di 21

3.2. UNITA' DI MISURA E SIMBOLOGIA

Si utilizza il Sistema Internazionale (SI):

Unità di misura principali

- N (Newton) unità di forza
- m (metro) unità di lunghezza

Unità di misura derivate da N

- (kiloNewton) 10^3 N

Si utilizzano i seguenti principali simboli con le relative unità di misura normalmente adottate:

γ (gamma)	peso dell'unità di volume	(kN/m ³)
ϕ (fi)	angolo di resistenza	(° sessagesimali)

3.3. MATERIALI

Per le opere in c.a. si adotta:

Calcestruzzo **C30/37** le cui caratteristiche principali sono:

- Resistenza cilindrica caratteristica: $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione semplice: $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_m$, dove:
 - $\alpha_{cc} = 0.85$ e $\gamma_m = 1.5$;
 - $f_{cd} = 17 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a trazione semplice: $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_m$, dove :
 - $\gamma_m = 1.5$;
 - $f_{ctd} = 1,35 \text{ N/mm}^2$.
- Modulo elastico: $E_c = 32836 \text{ N/mm}^2$.
- Tolleranza di posa del copriferro = **10 mm**;
- Classe di esposizione **XA1**
- Copriferro = **40 mm**
- Condizioni ambientali: **aggressive**
- Apertura fessure limite: **w1 = 0.2 mm**

Acciaio da cemento armato normale **B450C** controllato in stabilimento. Le barre sono ad aderenza

STAZIONE S. ANTONIO

Sottopasso: Relazione di calcolo delle scale tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL FV0400 004	B	6 di 21

migliorata. Le caratteristiche meccaniche sono:

- Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} = 450 \text{ Nmm}^2$
- Resistenza di calcolo dell'acciaio: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ dove:
- $\gamma_s = 1.15$
- $f_{yd} = 391 \text{ Nmm}^2$
- Allungamento **D1 > 12%**
- Modulo di elasticità: **$E_s = 206000 \text{ Nmm}^2$**
- Sovrapposizioni barre **$\geq 40\varphi$**

3.4. GEOMETRIA

Luce di calcolo	L	2.20 m	
Larghezza di base	B.inf.	1.00 m	
Altezza sezione	H.inf.	0.15 m	
Peso specifico	γ	25.00 DaN/m ³	
Dimensioni alzata	a	0.16 m	
Dimensioni pedata	p	0.30 m	
Spessore pavimentazione	sp	0.05 m	
Spessore rivestimento alzata	sa	0.02 m	
Inclinaz.Trave [scale]		0.53 alzata/pedata	(1.133)

STAZIONE S. ANTONIO

Sottopasso: Relazione di calcolo delle scale tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL FV0400 004	B	7 di 21

4. MODELLAZIONE ADOTTATA

Il modello di calcolo attraverso il quale viene schematizzata la struttura è quello di trave doppiamente incastrata

<i>asta</i>	<i>base</i>	<i>altezza</i>	<i>descrizione</i>
Asta 1	100 cm	15 cm	(scala)

Le caratteristiche geometriche del modello e le coordinate dei nodi sono le seguenti:

Linterasse	2.20 m
N.nodi	2



<i>Nodo</i>	<i>X</i>	<i>Z</i>
1	0.000	0.000
2	2.200	0.000

Figura 3. Numerazione nodi modello SAP

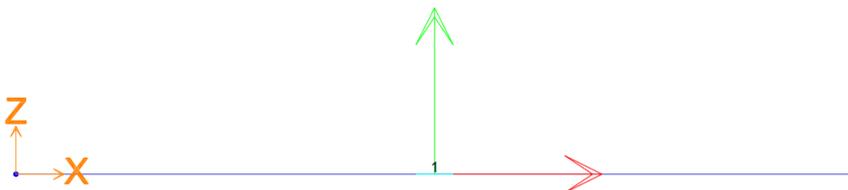


Figura 4: Individuazione elementi modello SAP

4.1. ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche delle sezioni della struttura in esame.

Peso proprio della struttura (condizione DEAD)

Il peso proprio viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato considerando per il calcestruzzo $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$.

Peso specifico calcestruzzo armato	γ_{cls}	25 kN/m ³	
peso singolo piedritto	P_s	4.25 kN/m	$\gamma_{cls} \times Sp$

STAZIONE S. ANTONIO

Sottopasso: Relazione di calcolo delle scale tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL FV0400 004	B	8 di 21

Peso proprio cls per realizzare la forma del gradino (condizione GRAD)

Peso specifico calcestruzzo armato	γ_{cls}	25 kN/m ³	
Area	A	0.08 m ²	$\gamma_{cls} \times Sp$
Carico distribuito	q_{GRAD}	2 kN/m ²	

Peso proprio pavimentazione (condizione PAV)

Peso specifico calcestruzzo armato	γ_{pav}	20 kN/m ³	
Area	A	0.07 m ²	$\gamma_{cls} \times Sp$
Carico distribuito	q_{PAV}	1.39 kN/m ²	

Carico dovuto alla presenza di persone (condizione FOLLA)

Carico FOLLA da NTC2018	q_{FOLLA}	5.00 kN/m ²	
-------------------------	-------------	------------------------	--

CONDIZIONI DI CARICO SISMICHE

Per il calcolo dell'azione sismica si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k. Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

Forza sismica orizzontale $F_h = k_h \cdot W$

Forza sismica verticale $F_v = k_v \cdot W$

I valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v

$k_h = a_{max} / g$

$k_v = \pm 0,5 \times k_h$

Con riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale, ai fini del calcolo dell'azione sismica secondo il DM 17/01/2018 viene assegnata all'opera una vita nominale VN ed una classe d'uso Cu; segue un periodo di riferimento $VR = VN \cdot CU$.

A seguito di tale assunzione si ottiene allo stato limite ultimo SLV in funzione della Latitudine e Longitudine del sito in esame un valore dell'accelerazione pari ad a_g , il cui valore è di seguito riportato, come desunto anche dalla relazione geotecnica.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima per la determinazione delle forze di inerzia può essere valutata con la relazione:

$a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$

STAZIONE S. ANTONIO

Sottopasso: Relazione di calcolo delle scale tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL FV0400 004	B	9 di 21

Le forze di inerzia sullo **scatolare** (masse di peso proprio soletta superiore e piedritti, rinterro e ballast, 20% treno di carico,..) sono pari alle masse moltiplicate per kh e kv ove: $kh = \beta M x S x ag/g$ e $kv = kh / 2$. Essendo lo scatolare non libero di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, $\beta M = 1$.

vita nominale	V_N	75 anni
classe d'uso	CL	III
coefficiente d'uso	C_U	1.50
vita di riferimento = $C_U * V_N$	V_R	112.5 anni
probabilità di superamento nel periodo di riferimento	P_{VR}	10%
periodo di ritorno del sisma	T_R	1068 anni

Spettro di risposta in accelerazione della componente orizzontale

Coordinate del sito in oggetto:

Latitudine	40.64035
Longitudine	14.87364

Parametri sismici di progetto

accelerazione massima orizzontale al bedrock	ago	0.133 g
fattore amplificazione massima spettro accelerazione	F_0	2.697 sec
periodo inizio tratto a velocità costante spettro acc. orizz.	T^*c	0.477
categoria sottosuolo		C
categoria topografica		T1
amplificazione topografica	S_T	1.000
smorzamento viscoso convenzionale	ξ	5%
fattore di correzione per $\xi <> 5\%$	η	1.000

Tab.3.2.V	S_S	C_C	S_S	C_C
A	1.00	1.00	1.48	1.34
B	1.20	1.28		
C	1.48	1.34		
D	1.80	1.81		
E	1.60	1.55		

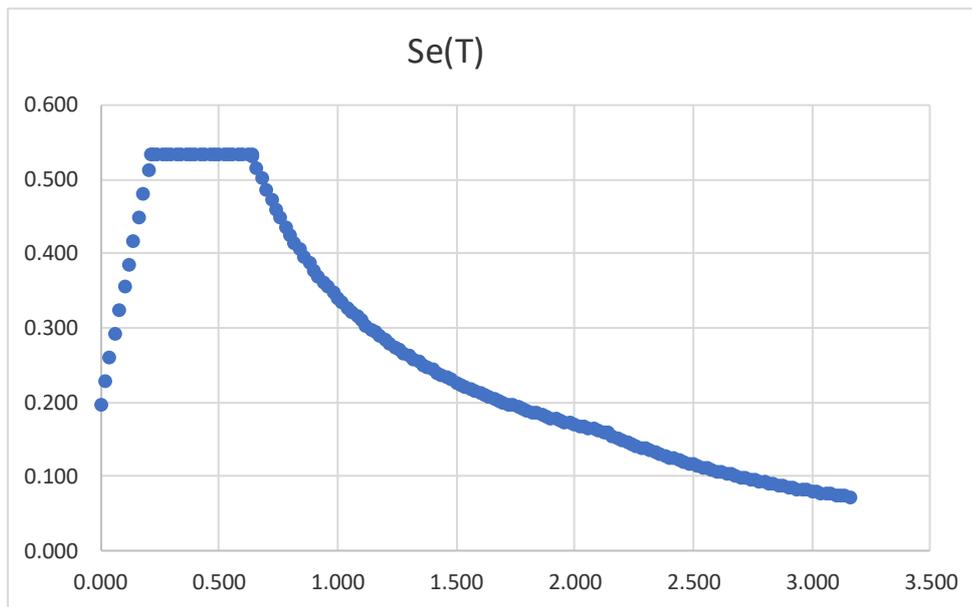
coefficiente amplificazione stratigrafica	S_S	1.485
coefficiente di amplificazione	S	1.485
coefficiente categoria sottosuolo	C_C	1.341
periodo inizio tratto a accelerazione costante = $T_c / 3$	T_B	0.213 sec
periodo inizio tratto a velocità costante = $C_c * T^*c$	T_C	0.639 sec
periodo inizio tratto a spostamento costante = $4 * ag/g + 1,6$	T_D	2.132 sec
accelerazione massima orizzontale al suolo = $S_s x S_t x ag/g$	ago,max	0.197 g

STAZIONE S. ANTONIO

Sottopasso: Relazione di calcolo delle scale tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL FV0400 004	B	10 di 21

SPETTRO ORIZZONTALE ELASTICO SLV



Accelerazioni per il calcolo delle forze di inerzia agenti sullo scatolare

Coefficiente di riduzione dell'acc max attesa al sito

β **1.000**

$av = kv = kh / 2$

valore $PGA \times$ scatolare

$av = kv$ **0.0987 g**

Forze di inerzia (condizione SismaV)

Forza di inerzia treno di carico - (%)

% **20%**

Forza verticale sulla soletta di copertu

$F''v$ **8.13** kN/m² $(Ps+q_{GRAD}+q_{PAV}+q_{FOLLA}) \times kv$

STAZIONE S. ANTONIO

Sottopasso: Relazione di calcolo delle scale tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL FV0400 004	B	11 di 21

4.2. COMBINAZIONI DI CARICO

I coefficienti di amplificazione dei carichi γ e i coefficienti di combinazione ψ sono riportati nelle tabelle seguenti.

Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Coefficiente			EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁵⁾	1,00 ⁽⁶⁾	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	γ_{Ced}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

⁽²⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

⁽⁵⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁶⁾ 1,20 per effetti locali

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Le azioni descritte nel paragrafo precedente ed utilizzate nelle combinazioni di carico vengono di seguito riassunte:

Peso proprio	DEAD
Peso CLS per gradino	q _{GRAD}
Peso pavimentazione	q _{PAV}
Carico da FOLLA	q _{FOLLA}
Azione sismica verticale	SISMA_V

Si riportano di seguito le combinazioni allo SLU di carico ritenute più significative in base all'esperienza.

Combinazione fondamentale:

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

Nelle tabelle seguenti sono riportate le combinazioni di carico SLU, SLV e SLE utilizzate.

Combinazioni di carico SLU (non sismiche)	
	1slu
DEAD	1.3
q _{GRAD}	1.5
q _{PAV}	1.5
q _{FOLLA}	1.5

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

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

STAZIONE S. ANTONIO

Sottopasso: Relazione di calcolo delle scale tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL FV0400 004	B	13 di 21

Combinazioni di Carico Sismiche	
	SV1
DEAD	1
Q _{GRAD}	1
Q _{PAV}	1
Q _{FOLLA}	0.6
SISMA_V*	1

*Per quanto riguarda l'azione sismica è stata ovviamente presa in conto solo la componente verticale

Si riportano infine, le combinazioni di carico agli stati limite di esercizio SLE ritenute più significative.

Combinazione rara

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

Combinazioni di carico SLE	
	1sle
DEAD	1
Q _{GRAD}	1
Q _{PAV}	1
Q _{FOLLA}	0.7

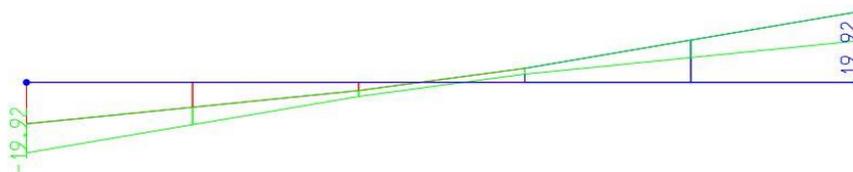
4.3. CARATTERISTICHE DELLE SOLLECITAZIONI

4.3.1. Inviluppo *slu/slv*

USCITA SAP - INVILUPPO SLU SLV							
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN-m
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	M3
1	0.00	ENVELOPE SLUS	Combination	Max	0.00	-11.70	-4.29
1	0.31	ENVELOPE SLUS	Combination	Max	0.00	-8.36	-1.14
1	0.63	ENVELOPE SLUS	Combination	Max	0.00	-5.02	1.64
1	0.94	ENVELOPE SLUS	Combination	Max	0.00	-1.67	3.43
1	1.26	ENVELOPE SLUS	Combination	Max	0.00	2.85	3.43
1	1.57	ENVELOPE SLUS	Combination	Max	0.00	8.54	1.64
1	1.89	ENVELOPE SLUS	Combination	Max	0.00	14.23	-1.14
1	2.20	ENVELOPE SLUS	Combination	Max	0.00	19.92	-4.29
1	0.00	ENVELOPE SLUS	Combination	Min	0.00	-19.92	-7.30
1	0.31	ENVELOPE SLUS	Combination	Min	0.00	-14.23	-1.94
1	0.63	ENVELOPE SLUS	Combination	Min	0.00	-8.54	0.96
1	0.94	ENVELOPE SLUS	Combination	Min	0.00	-2.85	2.01
1	1.26	ENVELOPE SLUS	Combination	Min	0.00	1.67	2.01
1	1.57	ENVELOPE SLUS	Combination	Min	0.00	5.02	0.96
1	1.89	ENVELOPE SLUS	Combination	Min	0.00	8.36	-1.94
1	2.20	ENVELOPE SLUS	Combination	Min	0.00	11.70	-7.30

Sez. 1	Sez. 2	SEZIONE	P	V2	M3
----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----		01	0.0	19.9	7.3
		02	0.0	0.0	3.4

Diagrammi delle sollecitazioni: ENVELOPE SLU/SLV



Taglio



Momento

STAZIONE S. ANTONIO

Sottopasso: Relazione di calcolo delle scale tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL FV0400 004	B	15 di 21

4.3.2. Involuppo SLE (rara)

USCITA SAP - INVILUPPO SLU SLV							
Text Frame	m Station	Text OutputCase	Text CaseType	Text StepType	KN P	KN V2	KN-m M3
1	0.00	ENVELOPE SLER	Combination	Max	0.00	-13.90	-5.10
1	0.31	ENVELOPE SLER	Combination	Max	0.00	-9.93	-1.35
1	0.63	ENVELOPE SLER	Combination	Max	0.00	-5.96	1.14
1	0.94	ENVELOPE SLER	Combination	Max	0.00	-1.99	2.39
1	1.26	ENVELOPE SLER	Combination	Max	0.00	1.99	2.39
1	1.57	ENVELOPE SLER	Combination	Max	0.00	5.96	1.14
1	1.89	ENVELOPE SLER	Combination	Max	0.00	9.93	-1.35
1	2.20	ENVELOPE SLER	Combination	Max	0.00	13.90	-5.10
1	0.00	ENVELOPE SLER	Combination	Min	0.00	-13.90	-5.10
1	0.31	ENVELOPE SLER	Combination	Min	0.00	-9.93	-1.35
1	0.63	ENVELOPE SLER	Combination	Min	0.00	-5.96	1.14
1	0.94	ENVELOPE SLER	Combination	Min	0.00	-1.99	2.39
1	1.26	ENVELOPE SLER	Combination	Min	0.00	1.99	2.39
1	1.57	ENVELOPE SLER	Combination	Min	0.00	5.96	1.14
1	1.89	ENVELOPE SLER	Combination	Min	0.00	9.93	-1.35
1	2.20	ENVELOPE SLER	Combination	Min	0.00	13.90	-5.10

Sez. 1	Sez. 2	SEZIONE	P	V2	M3
----- -----		01	0.0	13.9	5.1
		02	0.0	0.0	2.4

Diagrammi delle sollecitazioni: SLE (rara)



Momento Flettente

4.4. VERIFICHE SLU/SLV/SLE

STAZIONE S. ANTONIO

Sottopasso: Relazione di calcolo delle scale tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL FV0400 004	B	16 di 21

Oggetto:

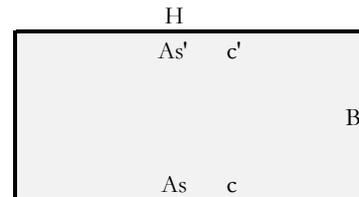
Stazione di S. Antonio - Scala B

Sezione n°. 01

Dati di Input:

B	Base sezione rettangolare	1000 mm		
H	Altezza sezione rettangolare	150 mm		
c'	Copriferro armatura sup. compressa	30 mm		
c	Copriferro armatura inf. Tesa	30 mm		
d	Altezza utile = H-c	120 mm		
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa		
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa		
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	0.0 kN		
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	7.3 kNm		
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	19.9 kN		
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm		
Fi1	1° diametro armatura tesa	16		
Fi2	2° diametro armatura tesa			
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	2	Armatura tesa filante	402 mmq
n2	N°. Barre 2° armatura tesa		Armatura di raffittim.	0 mmq
As'	Armatura superiore compressa	402 mmq		
As	Armatura inferiore tesa	402 mmq		
Fi Staffe	Diametro staffe	mm		
s. Staffe	Passo staffe	150 mm		
bracci	Numero Bracci staffe	2		
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2.0 [range: 1,0-2,5]		
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°		
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	0 mmq/m	0.00 cmq/m	
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R		
Msle	Momento di esercizio [(+)]	5.1 kNm		
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	0.0 kN		
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq,Perm)	0.20 mm		
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60 fck		
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45 fck		
sigsR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80 fyk		

Geometria della Sezione:



Dati di Output:

SLU - Momento e Taglio resistenti

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S		
Mrd	Momento ultimo resistente	20 kNm	Coeff.Sfrutt.	36%
Vrd	Taglio ultimo resistente	65 kN	Coeff.Sfrutt.	31%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	0 kNm	Coeff.Sfrutt.	

SLE - Tensioni e ampiezza fessure

Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-3 Mpa	Coeff.Sfrutt.	1%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	116 Mpa	Coeff.Sfrutt.	32%
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-3 Mpa	Coeff.Sfrutt.	16%
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 Mpa		
Mcr	Momento di prima fessurazione	12 kNm		
wk	Ampiezza di fessura	0.12 mm	Coeff.Sfrutt.	62%
			Coeff.Sfrutt.Max	62%

STAZIONE S. ANTONIO

Sottopasso: Relazione di calcolo delle scale tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL FV0400 004	B	17 di 21

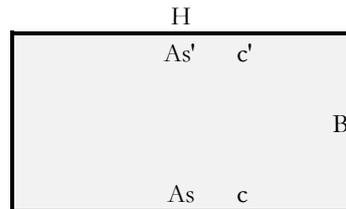
Oggetto:

Stazione di S. Antonio - Scala B

Sezione n°. 02

Dati di Input:

B	Base sezione rettangolare	1000 mm		
H	Altezza sezione rettangolare	150 mm		
c'	Copriferro armatura sup. compressa	30 mm		
c	Copriferro armatura inf. Tesa	30 mm		
d	Altezza utile = H-c	120 mm		
fck	Resistenza caratt. Cilindrica calcestruzzo	30 MPa		
fyk	Resistenza caratt. Snervamento acciaio	450 MPa		
Ned	Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione]	0.0 kN		
Med	Momento flettente di calcolo [(+)]	3.4 kNm		
Ved	Taglio di calcolo [(+)]	0.0 kN		
Ted	Torsione di calcolo [(+)]	0 kNm		
Fi1	1° diametro armatura tesa	16		
Fi2	2° diametro armatura tesa			
n1	N°. Barre 1° armatura tesa	2	Armatura tesa filante	402 mmq
n2	N°. Barre 2° armatura tesa		Armatura di raffittim.	0 mmq
As'	Armatura superiore compressa	402 mmq		
As	Armatura inferiore tesa	402 mmq		
Fi Staffe	Diametro staffe	mm		
s. Staffe	Passo staffe	150 mm		
bracci	Numero Bracci staffe	2		
cotθ	(proiez.orizz.)/(proiez.vert.) puntone cls	2.5 [range: 1,0-2,5]		
alpha	angolo staffe/piegati rispetto all'orizzontale	90.0°		
Asw	Area a taglio per unità di lunghezza	0 mmq/m	0.00 cmq/m	
<R-F-P>	Combinaz. SLE (rara,frequente,qperm)	R		
Msle	Momento di esercizio [(+)]	2.4 kNm		
Nsle	Sforzo normale di esercizio [(+)Trazione]	0.0 kN		
wk-lim	Stato limite apertura fessure (Freq.Perm)	0.20 mm		
sigcR-lim	Tensione limite cls comb. Rara	0.60 fck		
sigcP-lim	Tensione limite cls comb. Quasi Perm.	0.45 fck		
sigsR-lim	Tensione limite acc. Comb. Rara	0.80 fyk		

Geometria della Sezione:

Dati di Output:
SLU - Momento e Taglio resistenti

<S-N>	Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	S		
Mrd	Momento ultimo resistente	20 kNm	Coeff.Sfrutt.	17%
Vrd	Taglio ultimo resistente	65 kN	Coeff.Sfrutt.	0%
Trd	Momento torcente ultimo resistente	0 kNm	Coeff.Sfrutt.	

SLE - Tensioni e ampiezza fessure

Sigs-sup	Tensione barre superiori [(-)Compresso]	-1 Mpa	Coeff.Sfrutt.	0%
Sigs-inf	Tensione barre inferiori [(+)Teso]	55 Mpa	Coeff.Sfrutt.	15%
Sigc-sup	Tensione cls superiore [(-)Compresso]	-1 Mpa	Coeff.Sfrutt.	7%
Sigc-inf	Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	0 Mpa		
Mcr	Momento di prima fessurazione	12 kNm		
wk	Ampiezza di fessura	0.06 mm	Coeff.Sfrutt.	29%
			Coeff.Sfrutt.Max	29%

STAZIONE S. ANTONIO

Sottopasso: Relazione di calcolo delle scale tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL FV0400 004	B	18 di 21

Si riportano i coefficienti di sfruttamento nelle sezioni notevoli per le verifiche SLU/SLV/SLE:

SINTESI VERIFICHE SEZIONI NOTEVOLI:			
SL	VERIF	SEZ01	SEZ02
SLU	Med/Mrd	36%	17%
SLU	Ved/Vrd	31%	0%
SLE	(sigse/sigst)s	1%	0%
SLE	(sigse/sigst)i	32%	15%
SLE	(sigα/sigα)s	16%	7%
SLE	wk/wklim	62%	29%
	MAX	62%	29%
	MAX	62%	

I coefficienti di sfruttamento sono tutti inferiori all'unità e pertanto le verifiche risultano soddisfatte.

4.5. VERIFICHE DI DEFORMABILITA'

VERIFICA DI DEFORMABILITA' [DaN,cm] [NTC18 § 4.1.2.2.2 + C.7/19 § C4.1.2.2.2 + EC2 § 7.4.1/§ 7.4.3]							
E_{too}		[DaN/cm ²] Carico	fr _{·amm}	fr _{·amm}	fr _{·calc.finale}	Coef.sfrutt.	
117,271							
$J_{PARZ.}$	5,766	G1+G2+Q	L/300	0.733	0.078	0.106	<= 1; VERIF. OK
$J_{INT.REAG.}$	30,568	G2+Q	L/500	0.440	0.042	0.095	<= 1; VERIF. OK
$M_{SEMNC.}$	=	0%					

4.6. ARMATURE DI RIPARTIZIONE

Le armature di ripartizione delle pareti e della soletta vengono dimensionate per sostenere gli effetti del ritiro igrometrico i quali generano una trazione pura per deformazioni impedita a causa della soletta inferiore gettata precedentemente e che può aver dissipato tali effetti.

La ritiro induce nel calcestruzzo una tensione di trazione superiore alla sua resistenza a trazione, ne deriva la fessurazione e il trasferimento di tutta la trazione sull'acciaio teso. Per ottenere delle fessure uniformemente distribuite e non concentrate in alcuni punti con ampiezze macroscopiche, si applica un principio di non plasticizzazione delle armature. Per limitare l'ampiezza delle fessure, pur distribuite, che si ottengono applicando tale principio, si applica quanto previsto al § 7.3.2 dell'Eurocodice 2 - UNI EN 1992 1-1: "Aree minime di armatura", in particolare la formula (7.1):

$$A_{s,min} \cdot s_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}$$

dove:

$A_{s,min}$ è l'area minima di armatura nella zona tesa;

A_{ct} è l'area di calcestruzzo nella zona tesa. La zona tesa è quella parte della sezione che risulta in trazione subito dopo la formazione della prima fessura; è pari a tutta l'area della sezione per trazione pura, alla metà per flessione;

s_s è la massima tensione ammessa nell'armatura subito dopo la formazione della fessura. Tale tensione può essere assunta pari alla tensione di snervamento f_{yk} dell'armatura. Può essere però necessario fissare un valore minore per soddisfare i limiti di apertura delle fessure secondo il massimo diametro o la massima spaziatura tra le barre (vedere punto 7.3.3).

$f_{ct,eff}$ è il valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo al momento in cui si suppone insorgano le prime fessure;

$f_{ct,eff} = f_{ctm}$ se la formazione delle fessure è prevista prima di $28d$;

k è il coefficiente che tiene conto degli effetti di tensioni auto-equilibrate non uniformi, $k=1$

k_c è il coefficiente che tiene conto del tipo di distribuzione delle tensioni all'interno della sezione subito prima della fessurazione e della variazione del braccio di leva; $k_c=1$ per trazione, $k_c=0,4$ per flessione, $k_c = 0,4 \cdot (1 - \text{funz}(s_c))$ nel caso flessione combinata con sforzo normale.

base della sezione		1000 mm
altezza della sezione		150 mm
area sezione calcestruzzo	A_{ct}	150000 mm ²
tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450 Mpa
resist. Caratt. Cilindrica cls a compressione	f_{ck}	30 Mpa
tensione resistente cls a trazione	$f_{ct,eff}=0,3(f_{ck})^{2/3}$	2.90 Mpa
coefficiente k_c	k_c	1.00
coefficiente k	k	1.00
area minima acciaio teso nella sezione	$A_{s,min}$	965 mm ²

P.to 7.3.3 EC2 1992:1-1): Dove è disposta l'armatura minima indicata al punto 7.3.2, le ampiezze delle fessure non dovrebbero essere eccessive se: per fessurazione causata principalmente da deformazioni

impedite, il diametro delle barre non eccede quello dato nel prospetto 7.2N, dove la tensione nell'acciaio è quella che si ha subito dopo la fessurazione [cioè il termine s_s nell'espressione (7.1)];

prospetto 7.2N

Diametri massimi delle barre ϕ_s^* per il controllo della fessurazione¹⁾

Tensione nell'acciaio ²⁾ [MPa]	Diametro massimo delle barre [mm]		
	$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm	$w_k = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-

1) I valori nel prospetto sono basati sulle seguenti assunzioni:
 $c = 25$ mm; $f_{ct,eff} = 2,9$ MPa; $h_{cr} = 0,5$; $(h - d) = 0,1 h$; $k_1 = 0,8$; $k_2 = 0,5$; $k_c = 0,4$; $k = 1,0$; $k_t = 0,4$ e $k' = 1,0$.

2) Sotto la combinazione di carico pertinente.

Il diametro massimo delle barre si raccomanda sia modificato come segue:

Trazione (la sezione è tutta tesa):

$$\phi_s = \phi_s^* (f_{ct,eff} / 2,9) h_{cr} / (8(h-d)) \quad (7.7N)$$

dove:

ϕ_s è il diametro massimo "modificato" delle barre;

ϕ_s^* è il diametro massimo dato nel prospetto 7.2N;

h è l'altezza totale della sezione;

h_{cr} è l'altezza della zona tesa subito prima della fessurazione, considerando i valori caratteristici della forza di precompressione e delle forze assiali sotto la combinazione di azioni quasi-permanente;

d è l'altezza utile valutata rispetto al baricentro dello strato più esterno di armatura ordinaria.

Se tutta la sezione è tesa $h-d$ è la minima distanza tra il baricentro dello strato di armatura e il lembo esterno della sezione (considerare ciascun lembo se la barra non è disposta simmetricamente).

STAZIONE S. ANTONIO

Sottopasso: Relazione di calcolo delle scale tipo B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL FV0400 004	B	21 di 21

Verifica armatura trasversale:

diametro barre trasversali	Φ trasv	12 mm	> Fs	Verifica non soddisfatta
passo barre trasversali	passo	500 mm		
N.strati barre trasvers. (sup.+inf.+intermedi)	n.strati	2		
Area barre trasversali	As	452 mm ²		
stato tensionale barre dopo fessurazione	σ_s	960 mm ²	> fyk	Verifica non soddisfatta
ϕ barre da tabella 7.2N x σ_s e wk=0,2mm	$\phi*s$	8 mm		
altezza zona tesa prima della fessurazione	hcr	150 mm		
altezza totale sezione	h	150 mm		
copriferro (asse barre)	c	50 mm		
altezza utile sezione	d	100 mm		
diametro massimo modificato utilizzabile	ϕ_s	12 mm	(= Fs)	

4.7. RIEPILOGO E INCIDENZA ARMATURE

A seguire il riepilogo delle armature del tombino:

Sezione scale di spessore	15 cm	
con armatura principale superiore	F16 /500	402 mm ²
con armatura principale inferiore	F16 /500	402 mm ²

La soletta inferiore non ha armatura a taglio.

Le armature di ripartizione sono:

Scala	Armature di ripartizione:	Area:	% Arm. principale:
	F12 /500 2 strati	452.39 mm ²	56% di 804 mm ²

Incidenza armature:

Larghezza utile	Lint	2.20 m	Spessore scala	Sf	0.15 m
incidenza sovrapp.		20%	copriferro	c	0.03 m

Elem.	$\emptyset 1$ sup/int [mm]	pass1 [mm]	$\emptyset 2$ sup/int [mm]	pass2 [mm]	$\emptyset 3$ inf/ext [mm]	pass3 [mm]	$\emptyset 4$ inf/ext [mm]	pass4 [mm]	\emptyset_{leg} [mm]	\emptyset_{leg} pass1 [mm]	\emptyset_{leg} pass2 [mm]
scala	16	500	0	1000	16	500	0	1000	0	1000	1000
ripartiz.	12	500	x	2 strati							
Elem.	L \emptyset [m]	Lleg [mm]	Vol [m ³]	Peso [kg]	incd [kg/m ³]	Inc%					
scala	2.20	0.29	0.3	17	51	47%					
ripartiz.			0.3	19	57	53%					
TOTALE			0.3	35	107	100%					