

Comune di SANGINETO

Provincia di Cosenza - Regione Calabria



**LAVORI DI ADEGUAMENTO SISMICO E DI
RIQUALIFICAZIONE DELL'EDIFICIO SCOLASTICO
COMUNALE SCUOLA MATERNA ED ELEMENTARE DI
VIALE MARIO ARAGONA IN SANGINETO LIDO**

Protocollo

PROGETTO ESECUTIVO

Scala:

Data: **novembre 2019**

ELABORATO

RELAZIONE SUI MATERIALI

LA PROGETTISTA

Ing. Albina R. Farace

IL R.U.P.

Geom. Marco Antonucci



IL SINDACO

Am. Michele Guardia

TAVOLA N.

R.15

1 - MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO

Tutti i materiali strutturali impiegati devono essere muniti di marcatura "CE", ed essere conformi alle prescrizioni del "REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2011", in merito ai prodotti da costruzione.

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

MATERIALI CALCESTRUZZO ARMATO

N _{id}	γ _k	α _{T,i}	E	G	C _{Erid}	Stz	R _{ck}	R _{cm}	%R _{ck}	γ _c	Caratteristiche calcestruzzo armato				
											f _{cd}	f _{ctd}	f _{cfm}	N	n Ac
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]		[N/mm ²]	[N/mm ²]			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
Clc C13/15 LAB_B440C LAB - (C13/15 LAB)															
001	23.180	0,000010	30.200	12.583	60	F	25,00	-	0,85	1,50	9,80	0,88	2,27	15	002
Clc C25/30 B450C - (C25/30)															
007	25.000	0,000010	31.447	13.103	60	P	30,00	-	0,85	1,50	14,11	1,19	3,07	15	002

LEGENDA:

N_{id}	Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
γ_k	Peso specifico.
α_{T,i}	Coefficiente di dilatazione termica.
E	Modulo elastico normale.
G	Modulo elastico tangenziale.
C_{Erid}	Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E _{sisma} = E·C _{Erid}].
Stz	Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
R_{ck}	Resistenza caratteristica cubica.
R_{cm}	Resistenza media cubica.
%R_{ck}	Percentuale di riduzione della R _{ck} .
γ_c	Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.
f_{cd}	Resistenza di calcolo a compressione.
f_{ctd}	Resistenza di calcolo a trazione.
f_{cfm}	Resistenza media a trazione per flessione.
n Ac	Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

MATERIALI ACCIAIO

N _{id}	γ _k	α _{T,i}	E	G	Stz	f _{yk,1} / f _{yk,2}	f _{tk,1} / f _{tk,2}	f _{yd,1} / f _{yd,2}	f _{td}	γ _s	γ _{M1}	γ _{M2}	γ _{M3,SLV}	γ _{M3,SLE}	γ _{M7}	
															NCn t	Cnt
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]							
Acciaio B440C LAB - (B440C LAB)																
002	78.500	0,000010	210,00 0	80.769	P	450,00 -	- -	391,30 -	-	1,15	-	-	-	-	-	-
S275 - (S275)																
005	78.500	0,000012	210,00 0	80.769	P	275,00 255,00	430 410	261,90 242,86	-	1,05	1,05	1,25	-	-	-	-
S235 - (S235)																
006	78.500	0,000012	210,00 0	80.769	P	235,00 215,00	360 360	223,81 204,76	-	1,05	1,05	1,25	-	-	-	-

LEGENDA:

N_{id}	Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
γ_k	Peso specifico.
α_{T,i}	Coefficiente di dilatazione termica.
E	Modulo elastico normale.
G	Modulo elastico tangenziale.
Stz	Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
f_{tk,1}	Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con t ≤ 40 mm).
f_{tk,2}	Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).
f_{td}	Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).
γ_s	Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.
γ_{M1}	Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.
γ_{M2}	Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.
γ_{M3,SLV}	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).
γ_{M3,SLE}	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).
γ_{M7}	Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCn = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.
f_{yk,1}	Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con t ≤ 40 mm).
f_{yk,2}	Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).
f_{yd,1}	Resistenza di calcolo (per profili con t ≤ 40 mm).

Caratteristiche acciaio

N _{id}	γ _k	α _{T, i}	E	G	Stz	f _{yk,1} /	f _{tk,1} /	f _{yd,1} /	f _{td}	γ _s	γ _{M1}	γ _{M2}	γ _{M3,SLV}	γ _{M3,SLE}	NCn	γ _{M7}	Cnt
						f _{yk,2}	f _{tk,2}	f _{yd,2}									
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]								

f_{yd,2} Resistenza di calcolo (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).

NOTE [-] = Parametro non significativo per il materiale.

ALTRI MATERIALI

Caratteristiche altri materiali

N _{id}	γ _k	α _{T, i}	E	G	C _{Erid}	f _{rk}	γ _{Rd}	η _l	η _{a,1}	η _{a,2}	η _{a,3}	TAC
Rinforzo FRP - (FRP)												
003	18.200	0,000001	230.000	92.000	100	3.430,00	1,20	0,80	0,95	0,85	0,85	A

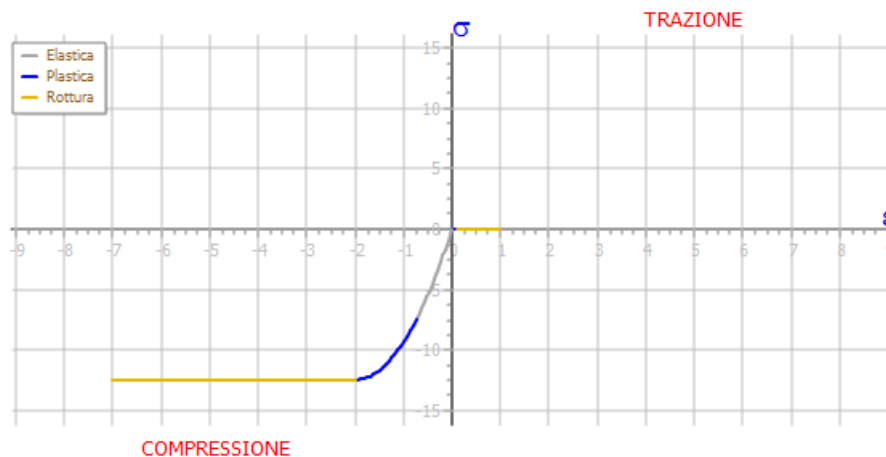
LEGENDA:

- N_{id}** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
- γ_k** Peso specifico.
- α_{T, i}** Coefficiente di dilatazione termica.
- E** Modulo elastico normale.
- G** Modulo elastico tangenziale.
- C_{Erid}** Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E_{sisma} = E · C_{Erid}].
- f_{rk}** Resistenza caratteristica a rottura.
- γ_{Rd}** Coefficiente parziale di modello per taglio-torsione.
- η_l** Fattore di conversione per effetti di lunga durata.
- η_{a,1}** Fattore di conversione ambientale per esposizione "Interno".
- η_{a,2}** Fattore di conversione ambientale per esposizione "Esterno".
- η_{a,3}** Fattore di conversione ambientale per esposizione "Ambiente Aggressivo".
- TAC** Tipologia di Applicazione del Composito: [A] = Tipo A; [B] = Tipo B; [-] = materiale generico.

MATERIALI CARATTERISTICHE NON LINEARI

Materiali Caratteristiche non lineari

N _{id}	Fase Elastica				Fase Plastica				Punto di Rottura			
	σ _{Cmp}	ε _{Cmp}	σ _{Trz}	ε _{Trz}	σ _{Cmp}	ε _{Cmp}	σ _{Trz}	ε _{Trz}	σ _{Cmp}	ε _{Cmp}	σ _{Trz}	ε _{Trz}
	[N/mm ²]	[‰]	[N/mm ²]	[‰]	[N/mm ²]	[‰]	[N/mm ²]	[‰]	[N/mm ²]	[‰]	[N/mm ²]	[‰]
Cis C13/15_LAB_B440C_LAB - (C13/15_LAB)												
001	7,50	0,74	0,00	0,00	12,50	2,00	0,00	0,10	12,50	3,50	0,00	1,00

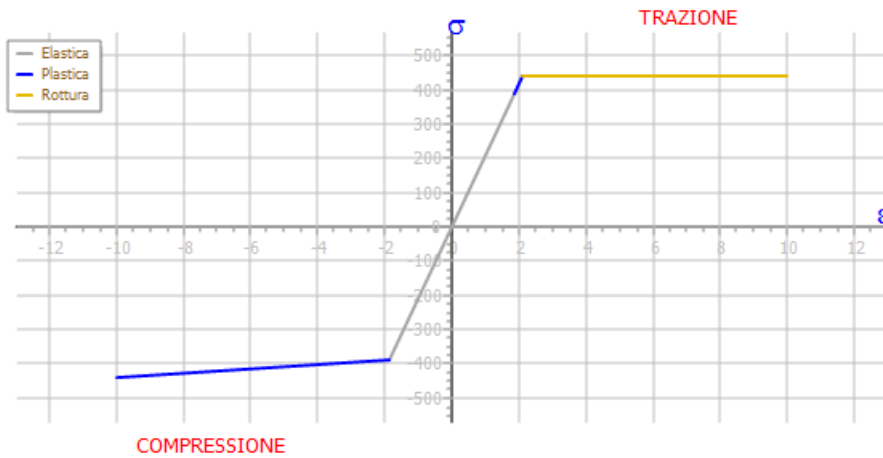


Acciaio B440C_LAB - (B440C_LAB)

002	391,30	1,86	391,30	1,86	440,00	10,00	440,00	2,10	440,00	10,00	440,00	10,00
-----	--------	------	--------	------	--------	-------	--------	------	--------	-------	--------	-------

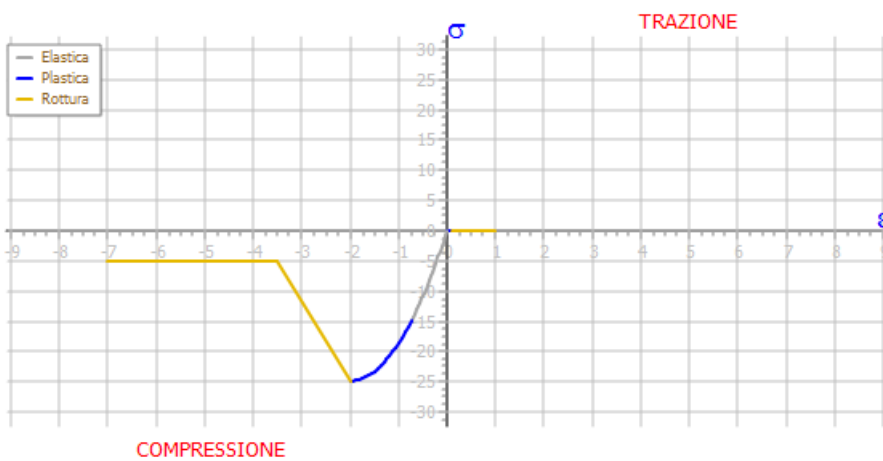
Materiali Caratteristiche non lineari

N _{id}	Fase Elastica				Fase Plastica				Punto di Rottura			
	σ_{Cmp} [N/mm ²]	ϵ_{Cmp} [‰]	σ_{Trz} [N/mm ²]	ϵ_{Trz} [‰]	σ_{Cmp} [N/mm ²]	ϵ_{Cmp} [‰]	σ_{Trz} [N/mm ²]	ϵ_{Trz} [‰]	σ_{Cmp} [N/mm ²]	ϵ_{Cmp} [‰]	σ_{Trz} [N/mm ²]	ϵ_{Trz} [‰]



Cls C25/30_B450C - (C25/30)

007	14,94	0,48	0,00	0,00	24,90	2,00	0,00	0,10	4,98	3,50	0,00	1,00
-----	-------	------	------	------	-------	------	------	------	------	------	------	------



LEGENDA:

- N_{id}** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
- σ_{Cmp}** Tensione massima per Compressione.
- ϵ_{Cmp}** Deformazione relativa alla tensione massima per compressione.
- σ_{Trz}** Tensione massima per Trazione.
- ϵ_{Trz}** Deformazione relativa alla tensione massima per trazione.

TENSIONI AMMISSIBILI ALLO SLE DEI VARI MATERIALI

Tensioni ammissibili allo SLE dei vari materiali			
Materiale	SL	Tensione di verifica	$\sigma_{d,amm}$ [N/mm ²]
Cls C13/15_LAB_B440C_LAB	Caratteristica(RARA) Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo	10,38
		Compressione Calcestruzzo	7,78
Acciaio B440C_LAB	Caratteristica(RARA)	Trazione Acciaio	300,00
Rinforzo FRP	Quasi permanente	Trazione FRP	2.744,00

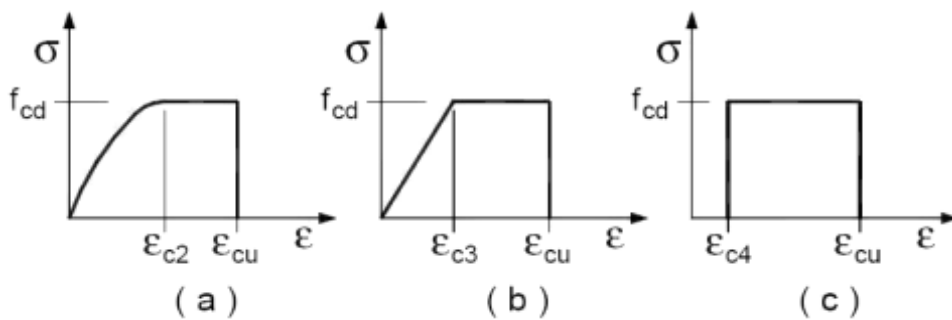
LEGENDA:

SL Stato limite di esercizio per cui si esegue la verifica.
 $\sigma_{d,amm}$ Tensione ammissibile per la verifica.

I valori dei parametri caratteristici dei suddetti materiali sono riportati anche nei "*Tabulati di calcolo*", nella relativa sezione.

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

I diagrammi costitutivi degli elementi in calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al §4.1.2.1.2.1 del D.M. 2018; in particolare per le verifiche effettuate a pressoflessione retta e pressoflessione deviata è adottato il modello riportato in fig. (a).



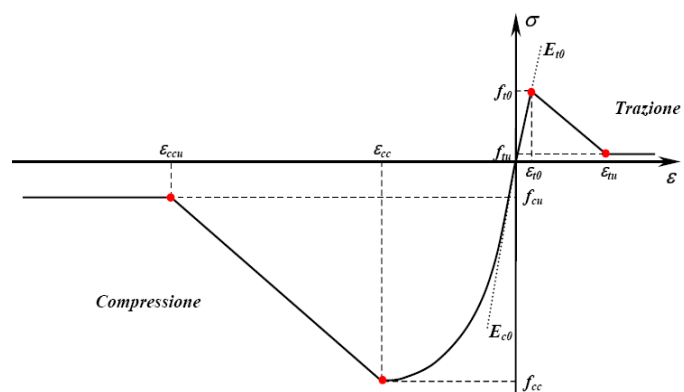
Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo.

I valori di deformazione assunti sono:

$$\varepsilon_{c2} = 0,0020;$$

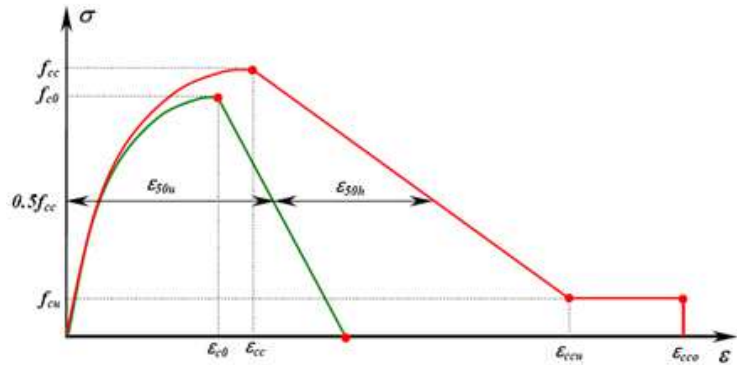
$$\varepsilon_{cu2} = 0,0035.$$

Il comportamento non lineare del materiale calcestruzzo è definito attraverso una curva analitica uniassiale deformazioni-sforzi (ε - σ) comprendente sia la parte di compressione che quella di trazione. Nella schematizzazione a fibre della sezione, questo tipo di comportamento è utilizzato per simulare il comportamento a presso-flessione del calcestruzzo. Nella figura seguente è rappresentata una delle possibili curve uniassiali.



È possibile portare in conto anche l'effetto di confinamento causato dall'armatura trasversale (staffe). La figura seguente mostra la relazione tipica tra la curva del calcestruzzo non confinato (verde) e confinato (rosso).

Le espressioni analitiche dei tratti in compressione sono riassunte di seguito. Il valore di E_{c0} è assegnato esplicitamente ed è pari al modulo elastico del calcestruzzo.



Il modello parametrico del materiale permette di assegnare esplicitamente sia la curva del calcestruzzo non confinato sia di quello confinato, attribuendo gli opportuni valori alle coordinate dei punti $(\epsilon_{cc}; f_{cc})$ e $(\epsilon_{cu}; f_{cu})$.

Tratto			
crescente ($\epsilon < \epsilon_{cc}$)	decescente ($\epsilon_{cc} \leq \epsilon < \epsilon_{ccu}$)	costante ($\epsilon_{ccu} \leq \epsilon < \epsilon_{cco}$)	nullo ($\epsilon \geq \epsilon_{cco}$)
$\sigma = E_{c0} \cdot \epsilon \left[1 - \frac{1}{n} \left(\frac{\epsilon}{\epsilon_{cc}} \right)^{n-1} \right]$ $n = \frac{E_{c0}}{E_{c0} - \frac{f_{cc}}{\epsilon_{cc}}}$	$\sigma = f_{cc} + E_{cd} \cdot (\epsilon - \epsilon_{cc})$ $E_{cd} = \frac{f_{cu} - f_{cc}}{\epsilon_{ccu} - \epsilon_{cc}}$	$\sigma = f_{cu}$	$\sigma = 0$

A seconda della quantità e geometria dell'armatura trasversale di contenimento la resistenza a compressione f_{cc} e la corrispondente deformazione ϵ_{cc} subiscono un incremento rispetto ai valori f_{c0} e ϵ_{c0} . Tale incremento è minore nel calcestruzzo ad alta resistenza. Risultano inoltre incrementate le caratteristiche di duttilità, evidenziate da una minore pendenza del tratto discendente. Convenzionalmente la pendenza del tratto post-picco è di solito determinata in riferimento alla deformazione ϵ_{50u} del materiale non confinato e all'incremento di deformazione ϵ_{50h} del materiale confinato in corrispondenza del 50% della resistenza di picco.

I valori f_{cc} , ϵ_{cc} possono essere ottenuti applicando un coefficiente di amplificazione K ai valori f_{c0} , ϵ_{c0} :

$$f_{cc} = K \cdot f_{c0}$$

$$\epsilon_{cc} = K \cdot \epsilon_{c0}$$

$$K = 1 + \rho_s \cdot f_{yh} / f_{c0}$$

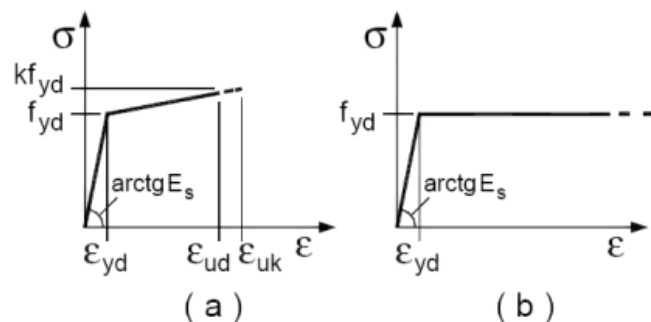
dove ρ_s è il rapporto tra il volume di una staffa e il volume di calcestruzzo da essa racchiuso, misurato sulla superficie esterna della staffa, e f_{yh} è la resistenza a snervamento della staffa. Per il calcestruzzo non confinato risulta $\rho_s=0$, per cui $K=1$ e $f_{cc}=f_{c0}$ e $\epsilon_{cc}=\epsilon_{c0}$. Per quanto riguarda invece la deformazione ϵ_{c0} , per essa è di solito assunto il valore 0,002 per qualunque tipo di calcestruzzo.

Di solito al calcestruzzo non confinato si attribuisce una resistenza residua nulla ($f_{cu}=0$), come rappresentato in figura. Nel caso di calcestruzzo confinato si assegna invece di norma una resistenza residua non nulla (valore tipico: $f_{cu}=0,2 \cdot f_{cc}$). Il software, a vantaggio di sicurezza, assegna, comunque, anche per un calcestruzzo confinato una resistenza residua nulla.

Il parametro $\epsilon_{cco}/\epsilon_{cc}$ consente di definire il valore di *cutoff* ϵ_{cco} di deformazione. Per default, assegnando $\epsilon_{cco}/\epsilon_{cc}=0$ il materiale conserva la resistenza residua f_{cu} per qualunque valore $\epsilon \geq \epsilon_{ccu}$. Viceversa, se $\epsilon \geq \epsilon_{cco}$ la resistenza residua è soppressa. Ad esempio, se $\epsilon_{cc}=0$ e $\epsilon_{cco}/\epsilon_{cc}=10$ il calcestruzzo (supposto ovviamente confinato) non collabora a compressione per deformazioni maggiori o uguali al 2%.

I diagrammi costitutivi dell'acciaio sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al §4.1.2.1.2.2 del D.M. 2018; in particolare è adottato il modello elasticamente plastico rappresentato in fig. (b).

La resistenza di calcolo è data da f_{yk}/γ_f . Il coefficiente di sicurezza γ_f si assume pari a 1,15.



Il comportamento non lineare del materiale acciaio per cemento armato, nel caso di sezione schematizzata a fibre, è definito attraverso una curva bilineare uniassiale deformazioni-sforzi (ϵ - σ) simmetrica per trazione e compressione.

Per il calcolo della capacità di **elementi/meccanismi duttili** o **fragili** si impiegano le proprietà dei materiali esistenti (resistenze medie ottenute dalle prove in situ e da informazioni aggiuntive) divise per i fattori di confidenza in relazione al livello di conoscenza raggiunto.

Per il calcolo della capacità di resistenza degli **elementi fragili primari**, le resistenze dei materiali (resistenze medie ottenute dalle prove in situ e da informazioni aggiuntive) si dividono per i corrispondenti coefficienti parziali e per i fattori di confidenza in relazione al livello di conoscenza raggiunto.

Per i materiali nuovi o aggiunti si impiegano le proprietà nominali.

Il comportamento non lineare dell'eventuale materiale betoncino armato è definito attraverso una curva analitica uniassiale deformazioni-sforzi (ϵ - σ) comprendente la sola parte a compressione.

Il comportamento non lineare dell'eventuale materiale composito fibrorinforzato è definito attraverso una curva analitica uniassiale deformazioni-sforzi (ϵ - σ) comprendente la sola parte a trazione.