

# COMUNE DI DOLO - CITTA' METROPOLITANA DI VENEZIA



Città metropolitana  
di Venezia

PROGETTO DI ADEGUAMENTO SISMICO ED ENERGETICO  
DELL'EDIFICIO SCOLASTICO D.MANIN  
via Brusaura n.12-13, Sambruson di Dolo (VE)

## PROGETTO ESECUTIVO

R.T.P.

COMMITTENTE

CAPOGRUPPO MANDATARIO

MANDANTE



**COMUNE DI DOLO**  
Provincia di Venezia  
via B. Cairoli, 39  
Settore Lavori Pubblici  
  
C.F. 82001910270

RESPONSABILE UNICO DEL  
PROCEDIMENTO  
Ing. Francesco Dittadi



**DUEBARRADUE**  
— STUDI ASSOCIATI DI PROGETTAZIONE —

**DUEBARRADUE STUDI ASSOCIATI DI PROGETTAZIONE**  
degli arch. Edoardo Gamba, Davide Pesavento  
e dell'ing. Filippo Voltan  
Sede Legale via delle Industrie, 2/2, 30020 Marcon (VE)  
Sede Operativa via B. Cairoli, 113/A, 30031 Dolo (VE)  
P.IVA 03831070275  
Tel. 041/5101422 - Fax 041/5128255  
mail: info@duebarradue.com pec: posta@pec.duebarradue.com

IL PROGETTISTA



**PRISMA ENGINEERING S.R.L.**  
Via XI Febbraio, 2/A  
35020 Saonara (PD)  
P.IVA 01944500287  
Tel. 049/8798500 - Fax 049/8791368  
mail: info@prismaengineering.it  
pec: prisma@pec.prismaengineering.it

IL PROGETTISTA

TITOLO

SCALA

TAV.

VARIE

**S.R.3**

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA DEI MATERIALI**

NOME FILE: S.R.3\_RELAZIONE ILLUSTRATIVA DEI MATERIALI.doc

CUP G45I16000010002

0	OTTOBRE 2017	PRIMA EMISSIONE	M.M.	F.V.	F.V.
REV.	DATA	MOTIVO	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO



## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>MURATURA PORTANTE ESISTENTE .....</b>	<b>2</b>
<b>2.2</b>	<b>CALCESTRUZZO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Calcestruzzo esistente .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Calcestruzzo nuovo .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3</b>	<b>ACCIAIO PER ARMATURE .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Acciaio per armature esistente .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Acciaio per armature nuove .....</b>	<b>5</b>
<b>2.4</b>	<b>INTONCO ARMATO .....</b>	<b>5</b>
<b>2.5</b>	<b>FIBRE IN CARBONIO .....</b>	<b>5</b>
<b>2.6</b>	<b>ACCIAIO DA CARPENTERIA PER LAMINATI A CALDO E COLLEGAMENTI CARPENTERIA 6</b>	<b>6</b>
<b>2.7</b>	<b>BULLONI .....</b>	<b>7</b>
<b>2.8</b>	<b>TASSELLI .....</b>	<b>7</b>
<b>2.9</b>	<b>SALDATURE .....</b>	<b>7</b>
<b>2.10</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI TERRENI .....</b>	<b>9</b>

## 1 PREMESSA

La presente relazione illustrativa dei materiali riporta le caratteristiche dei materiali impiegati per le opere strutturali di adeguamento statico e sismico della scuola primaria "Daniele Manin" a Sambruson di Dolo.

I materiali di cui si prevede utilizzazione dovranno avere caratteristiche meccaniche non inferiori a quanto di seguito riportato.

Le caratteristiche dei materiali rispettano anche l'Art. 65 comma 3 lettera b D.p.r. 380/01 ex Lettera B Legge 5-XI-1971 n°1086.

## 2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali impiegati per la realizzazione dell'edificio sono state desunte dalle prove condotte in sito. Per i materiali degli elementi della mensa si fa riferimento anche ai dati del progetto dell'ampliamento del 1985.

Per i nuovi materiali si riportano le caratteristiche minime da rispettare in fase di esecuzione dei lavori.

### 2.1 MURATURA PORTANTE ESISTENTE

La muratura esistente si compone di blocchi di laterizio pieni ed è realizzata con paramenti o 2 teste, la tessitura risulta regolare ed i giunti di malta sono spessi circa 1 cm. Non si riscontrano importanti fenomeni di risalita capillare. Il quadro fessurativo si limita a normale presenza di cavillature.

Per la determinazione delle caratteristiche di resistenza e di deformabilità delle murature sono state effettuate due prove con martinetto piatto doppio dalla ditta GeoConsult e una prova dalla società Altraingegneria.

I risultati delle due prove sono riepilogati nelle seguenti tabelle:

GeoConsult:

Prova	Resistenza a compressione [MPa]	Modulo di deformazione [MPa]
MP-01	2.07	2122
MP-02	2.73	3677

Altraingegneria:

Prova	Resistenza a compressione [MPa]	Modulo di deformazione [MPa]
MP1	2.53	4240

Nel caso delle murature con malta buona e giunti con spessori inferiori a 1 cm si considerano i coefficienti correttivi rispettivamente 1.5 e 1.5.

## 2.2 CALCESTRUZZO

### 2.2.1 Calcestruzzo esistente

Le prove a compressione condotte su carotaggi, rilevazioni con metodo SonReb, con tecniche ad Ultrasuoni e sistema PullOut eseguite per pilastri, cordoli e travi nell'interno complesso ha messo in evidenza la resistenza media di seguito riportata.

TRAVE - CORDOLI - SOLAI				PILASTRI			
resistenza unitaria Mpa				resistenza unitaria Mpa			
METODO	1°	2°	media	METODO	1°	2°	media
SonReb/ ULTRASUONI	45.8	40.2	<b>43</b>	CAROTAGGIO	23	-	23
	33.4	27.1	<b>30.25</b>		39.1	-	39.1
	22.8	24	<b>23.4</b>		29	-	29
	24	24.4	<b>24.2</b>		19.5	-	19.5
	27	29	<b>28</b>		19.8	-	19.8
	26.1	23.4	<b>24.75</b>		32.7	-	32.7
	20.3	15.1	<b>17.7</b>	SonReb/ ULTRASUONI	32.8	20.3	26.55
PULLOUT	20.5	-	<b>20.5</b>		48.7	44.9	46.8
	19.1	-	<b>19.1</b>		40.1	24.7	32.4
	24.8	-	<b>24.8</b>		43.7	28.2	35.95
	23	-	<b>23</b>		32.6	26.6	29.6
	23.7	-	<b>23.7</b>	PULLOUT	24.1	-	24.1
	19.1	-	<b>19.1</b>		32.3	-	32.3
	28	-	<b>28</b>		23.7	-	23.7
media tot			<b>25.0</b>	media tot			<b>29.6</b>

Tabella 1: caratteristiche meccaniche del calcestruzzo rilevato su travi, cordoli solai e pilastri.

Visto l'epoca di costruzione e considerati i possibili effetti della carbonatazione, si considera, prudenzialmente, ai fini delle verifiche una resistenza caratteristica di  $R_{ck} = 25$  MPa.

Si trova riscontro con i documenti progettuali in quanto il calcestruzzo impiegato per l'ampliamento del 1985 ha resistenza caratteristica di  $R_{ck} = 25$  MPa.

Resistenza cubica caratteristica

$$R_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$$

Resistenza cilindrica caratteristica

$$f_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$$

Resistenza di calcolo allo S.L.U.

$$f_{cd} = 11.06 \text{ MPa}$$

Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctd} = 1.06 \text{ MPa}$
Modulo elastico medio	$E_c = 29080 \text{ MPa}$

### 2.2.2 Calcestruzzo nuovo

Classificazione secondo norma UNI-EN 206-1 e UNI 11104:2004

Classe di resistenza del calcestruzzo	C 28/35
Classe di abbassamento al cono (slump)	S4
Dimensione massima dell'inerte	$D_{max} = 20 \text{ mm}$
Classe di esposizione	XC2 (fondazioni) - XC3 (elevazioni)
Contenuto minimo di cemento	$320 \text{ kg/m}^3$
Rapporto acqua/cemento	0.55
Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	$R_{ck} \geq 35 \text{ MPa}$
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	$f_{ck} \geq 29 \text{ MPa}$
Resistenza di calcolo allo S.L.U.	$f_{cd} = 16.46 \text{ MPa}$
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctd} = 1.98 \text{ MPa}$
Modulo elastico	$E_c = 32588 \text{ MPa}$

## 2.3 ACCIAIO PER ARMATURE

### 2.3.1 Acciaio per armature esistente

L'acciaio si presenta in barre lisce. Sono state condotte analisi specifiche per determinarne le caratteristiche meccaniche di seguito riportato.

Dalle prove di trazione e piega eseguite su 5 tondi in acciaio prelevati in sito si rilevano sforzi a snervamento e a rottura, e sono riportati nella tabella seguente:

ACCIAIO ARMATURA		
	SNERVAMENTO	ROTTURA
1	358	495.5
2	330	433.5
3	409.5	553
4	336	441
5	340	474
media	354.7	479.4

Tabella 2: caratteristiche meccaniche dell'acciaio d'armatura.

Nelle verifiche oggetto della presente relazione si assume il valore medio della tensione di snervamento riportato nella precedente tabella e pari a  $f_{yk} = 350$  MPa.

L'acciaio impiegato nelle strutture dell'ampliamento del 1985 è acciaio tipo FeB 38k che ha una tensione di snervamento di 370 MPa, in accordo con quanto rilevato in sito.

### 2.3.2 Acciaio per armature nuove

Barre ad aderenza migliorata in acciaio tipo B450C:

Tensione di rottura  $f_{tk} \geq 540$  MPa

Tensione di snervamento  $f_{yk} \geq 450$  MPa

Modulo elastico  $E = 206$  GPa

$$1.15 \geq (f_t / f_y)_k < 1.35$$

$$(f_t / f_{ynom})_k \leq 1.25$$

### 2.4 INTONCO ARMATO

L'intonaco armato deve avere caratteristiche minime pari a quelle dei prodotti della ditta FibreNet. In particolare:

- *Malta premiscelata a base di calce e cemento, ad alta traspirabilità tipo FIBREBUILD FBCALCEM10MPa della FibreNet s.r.l.*

*Resistenze caratteristiche:*

$f_{ck} \geq 10$  MPa *tensione caratteristica a compressione a 28 gg*

$E \leq 8$  GPa *modulo elastico a compressione*

- *Rete preformata in materiale composito fibrorinforzato G.F.R.P. tipo FIBREBUILD FBESH 66x66T96 della FibreNet s.r.l.*

*Resistenze caratteristiche:*

$f_{ck} \geq 350$  MPa *tensione caratteristica*

$E \leq 23$  GPa *modulo elastico equivalente*

- *Connettore a "L" preformato in materiale composito fibrorinforzato G.F.R.P. tipo FIBREBUILD FBCON30L della FibreNet s.r.l.*

### 2.5 FIBRE IN CARBONIO

Le fibre di carbonio devono avere caratteristiche minime pari a quelle dei prodotti della ditta Draco Italiana S.p.A. In particolare:

- *Adesivo epossidico di incollaggio tipo Armofix MTL della Draco Italiana s.p.a.*

*Resistenze caratteristiche:*

$f_{fk} \geq 31 \text{ MPa}$                       *tensione caratteristica a rottura*

$E \geq 65 \text{ GPa}$                       *modulo elastico*

*Adesione del calcestruzzo 3.9 MPa con rottura del supporto*

*Resistenza allo strappo lamella CFK/CLS 4.1 MPa (rottura supporto)*

- *Rinforzo a flessione:*

*Lamelle unidirezionali in fibra di carbonio tipo Armoshield CFK 160/2400/1208 della Draco Italiana s.p.a.:*

*Resistenze caratteristiche:*

$f_{fk} \geq 2400 \text{ MPa}$                       *tensione caratteristica a rottura*

$E_f \geq 160 \text{ GPa}$                       *modulo elastico a trazione assiale*

$t_f = 1.2 \text{ mm}$                       *spessore della lamella*

$b_f = 80 \text{ mm}$                       *larghezza della lamella*

- *Rinforzo a taglio:*

*Fasciature a U in fibra di carbonio tipo Armoshield C-SHEET 600/240/20 della Draco Italiana s.p.a. (600g/m<sup>2</sup>)*

*Resistenze caratteristiche:*

$f_{fk} \geq 4900 \text{ MPa}$                       *tensione caratteristica a rottura*

$E_f \geq 240 \text{ GPa}$                       *modulo elastico a trazione assiale*

## **2.6 ACCIAIO DA CARPENTERIA PER LAMINATI A CALDO E COLLEGAMENTI CARPENTERIA**

Acciaio tipo S 275 J0 secondo UNI EN 10025

Tensione di rottura                       $f_{tk} \geq 430 \text{ MPa}$



Tensione di snervamento	$f_{yk} \geq 275 \text{ MPa}$
Modulo elastico	$E = 206000 \text{ MPa}$

## 2.7 BULLONI

Bulloni ad alta resistenza con viti di classe 8.8. Dadi e rosette classe 8 (associati secondo prescrizioni del D.M. 14.01.08).

Tensione di rottura	$f_{tb} \geq 800 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento	$f_{yb} \geq 649 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto a trazione	$f_{d,N} = 560 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto a taglio	$f_{d,V} = 396 \text{ MPa}$

## 2.8 TASSELLI

Tasselli ad ancorante chimico tipo HILTI HIT-RE 500 V3 + HIT-V cl.8.8.

Resina in cartuccia: resina epossidica, cemento e induritore.

Classe di resistenza della barra filettata 8.8

## 2.9 SALDATURE

Le saldature sono eseguite secondo quanto previsto nel D.M. 14.01.2008. Per i requisiti riguardanti i procedimenti di saldatura, i materiali d'apporto, ed i controlli per la realizzazione delle saldature di faccia riferimento al § 11.3.4.5 del DM 14.01.2008.

Si distinguono tre categorie di unioni con saldature:

- *Unioni con saldature a piena penetrazione: i collegamenti testa a testa, a T e a croce a piena penetrazione sono generalmente realizzati con materiali d'apporto aventi resistenza uguale o maggiore a quella degli elementi collegati. Pertanto la resistenza di calcolo dei collegamenti a piena penetrazione si assume eguale alla resistenza di progetto del più debole tra gli elementi connessi. Una saldatura a piena penetrazione è caratterizzata dalla piena fusione del metallo di base attraverso tutto lo spessore dell'elemento da unire con il materiale di apporto.*
- *Unioni con saldature a parziale penetrazione: i collegamenti testa a testa, a T e a croce a parziale penetrazione vengono verificati con gli stessi criteri dei cordoni d'angolo (di cui al successivo § 4.2.8.2.4.). L'altezza di gola dei cordoni d'angolo da utilizzare nelle verifiche è quella teorica, corrispondente alla*

preparazione adottata e specificata nei disegni di progetto, senza tenere conto della penetrazione e del sovrametallo di saldatura, in conformità con la norma UNI EN ISO 9692-1:2005.

- *Unioni con saldature a cordoni d'angolo: la resistenza di progetto, per unità di lunghezza, dei cordoni d'angolo si determina con riferimento all'altezza di gola "a", cioè all'altezza "a" del triangolo iscritto nella sezione trasversale del cordone stesso. La lunghezza di calcolo L è quella intera del cordone, purché questo non abbia estremità palesemente mancanti o difettose. Ai fini della durabilità delle costruzioni, le saldature correnti a cordoni intermittenti, realizzati in modo non continuo lungo i lembi delle parti da unire, non sono ammesse in strutture non sicuramente protette contro la corrosione. Per le verifiche occorre riferirsi alternativamente alla sezione di gola nella effettiva posizione o in posizione ribaltata. Allo stato limite ultimo le azioni di calcolo sui cordoni d'angolo si distribuiscono uniformemente sulla sezione di gola. Nel seguito si indicano con  $\sigma_{\perp}$  la tensione normale e con  $\tau_{\perp}$  la tensione tangenziale perpendicolari all'asse del cordone d'angolo, agenti nella sezione di gola nella sua posizione effettiva, e con  $\sigma_{//}$  la tensione normale e con  $\tau_{//}$  la tensione tangenziale parallele all'asse del cordone d'angolo. La tensione normale  $\sigma_{//}$  non influenza la resistenza del cordone. Considerando la sezione di gola nella sua effettiva posizione, si può assumere la seguente condizione di resistenza:  $[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)] 0,5 \leq f_{tk} / (\beta \gamma_{M2})$  dove:  $f_{tk}$  è la resistenza a rottura del più debole degli elementi collegati,  $\beta = 0,80$  per acciaio S235,  $0,85$  per acciaio S275,  $0,90$  per acciaio S355,  $1,00$  per acciaio S420 e S460.*
- *In alternativa, detta a l'altezza di gola, si può adottare cautelativamente il criterio semplificato  $F_{w,Ed} / F_{w,Rd} \leq 1$  dove  $F_{w,Ed}$  è la forza di calcolo che sollecita il cordone d'angolo per unità di lunghezza e  $F_{w,Rd}$  è la resistenza di calcolo del cordone d'angolo per unità di lunghezza  $F_{w,Rd} = af_{tk} / (\sqrt{3} \beta \gamma_{M2})$ . Le verifiche possono essere condotte anche considerando la sezione di gola in posizione ribaltata secondo le indicazioni del § 4.2.8.2.4 delle NTC 2008.*

## 2.10 CARATTERISTICHE DEI TERRENI

L'elaborazione della prova penetrometrica statica CPT, condotta dalla ditta Geoconsult Srl nell'ambito delle indagini sopradescritte ha condotto alla definizione del seguente modello geotecnico.

STRATO	profondità	descrizione	COESIVO		GRANULARE	
			Eu [Mpa]	cu [kPa]	Ei [Mpa]	$\Phi$
1	0.2-1.4	sabbia limosa e limo sabbioso			4.56	33.0
2	1.40-3.00	limi e argille	14.40	48.00		
3	3.0-6.0	alternanza sabbia limosa e limi sabbiosi			13.71	33.0
4	6.0-11.6	argille e limi con lenti di limi sabbiosi	16.26	54.00		
5	11.6-13.2	alternanza limi sabbiosi e argille			10.48	30.0
6	13.2-23.4	limi e argille co lenti di limi sabbiosi	26.36	88.00		
7	23.4-26	sabbie limose			29.62	32.0

**Tabella 3: caratteristiche meccaniche del terreno.**

I parametri assunti per la verifica di capacità portante delle fondazioni sono quelli relativi alla seconda formazione:

densità:  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$

coesione in condizioni non drenate:  $c_u = 48 \text{ kPa}$

La caratterizzazione sismica del terreno è stata effettuata tramite la tecnica di indagine sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) che individua le frequenze caratteristiche di risonanza di sito mediante lo spettro H/V. I dati che si possono ricavare sono spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno del sismo-strato individuato.

La velocità media di propagazione delle onde nei primi 30 metri di profondità è risultata  $191 \pm 48 \text{ m/s}$  per cui il terreno viene classificato nella categoria D.