

SG.INARCH Società di ingegneria



via A.Moro, 14A int 10 - 95030 NICOLOSI
via Nazionale 25 Mistretta
tel. + 39 095/911727. + 39 3933359775

COMUNE DI PARTANNA

Provincia di Trapani

IL R.U.P. :

PROGETTISTA : SG.INARCH s.r.l.s.
Dott.Ing. Dario Cavallaro

PROGETTO

ADEGUAMENTO STRUTTURALE E ANTISISMICO
EDIFICIO SEDE ISTITUTO COMPRENSIVO LUIGI CAPUANA
SCUOLA MEDIA A.S. AOSTA SITA INVIA TRISTE N° 11
PARTANNA

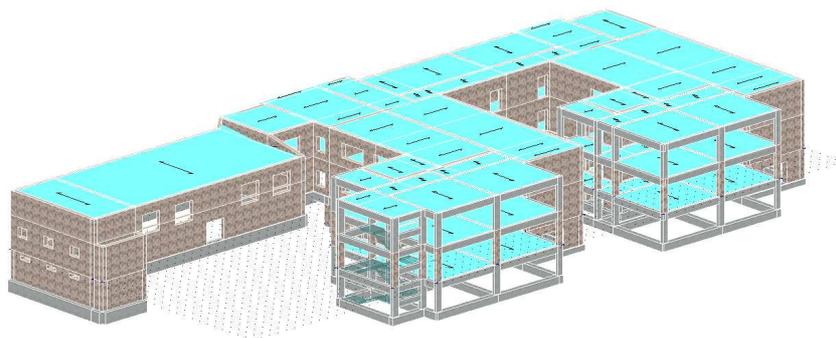
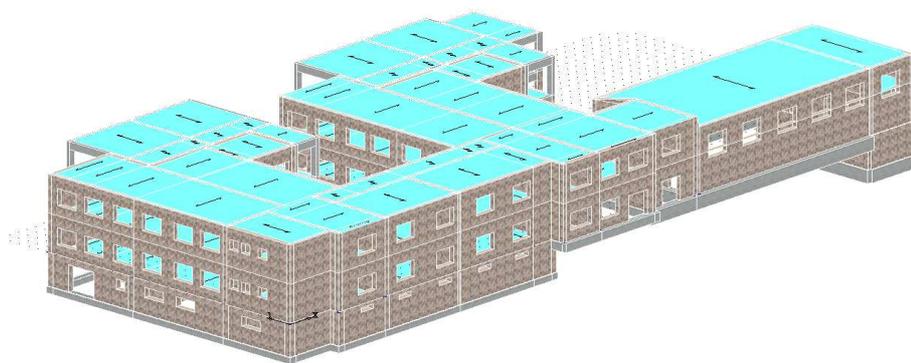
ELABORATO : RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	FASE	REV.	DATA EMISSIONE	SCALA	DOCUMENTO
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	PE	<input type="checkbox"/>	Marzo 2017		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

1				
0				
REV.	DATA	DESCRIZIONE		APPROVATO

**COMUNE DI PARTANNA
PROVINCIA DI TRAPANI**

RELAZIONE CALCOLO GENERALE



COMMITTENTE:

Comune di Partanna

Sommario

PREMESSA	4
ANALISI STORICO-CRITICA (punto 8.5.1 ntc).....	4
RILIEVO (punto 8.5.2 ntc)	5
CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI (punto 8.5.3 ntc)	5
LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA (punto 8.5.4 ntc)	8
AZIONI (punto 8.5.5 ntc)	9
MATERIALI (punto8.6 ntc)	13
INTERVENTO	16
Muri e Solai.....	17

Relazione tecnica strutturale

PREMESSA

La presente relazione riguarda il progetto esecutivo dei lavori di adeguamento sismico del fabbricato adibito a sede della scuola media nel comune di Partanna , intervento finanziato con DDG 9192 del 25/11/2015 da parte dell'assessorato della istruzione e della formazione professionale. Il progetto viene redatto dal sottoscritto dott. ing. Gaetano Saitta amm.re e D.T. della società SG.INARCH srls e dall'ing. Dario Cavallaro.

ANALISI STORICO-CRITICA (punto 8.5.1 ntc)

L'edificio è stato edificato negli anni sessanta ed è ubicato all'interno del centro edificato del comune in posizione isolata rispetto agli edifici limitrofi.

Allo stato attuale l'edificio si compone di tre elevazioni fuori terra compreso la copertura e una parte di piano seminterrato, con altezza dei fronti, rispetto ai piani stradali e di sistemazione esterna, variabili.

Ai vari piani trovano collocazione tutti i servizi scolastici quali aule per la didattica, aule per i laboratori, servizi amministrativi e tecnici, biblioteca etc.

I piani dell'edificio sono collegati fra di loro attraverso due corpi scala situati in posizione tale da potere servire tutta l'area dell'edificio , inoltre è presente anche una scala esterna di sicurezza.

L'edificio nella sua interezza è stato edificato in periodi diversi , la prima edificazione è consistita nella costruzione della parte in muratura e successivamente è stata realizzata una parte in ampliamento costituita da due corpi di fabbrica aggiunti con tre elevazioni fuori terra in cemento armato.

L'edificio in esame è un tipico edificio con struttura portante in muratura e in cemento armato i cui blocchi resistenti non sono separati dal giunto ma sono in aderenza, quindi appartiene alla categoria degli edifici misti che vengono disciplinati dalla normativa..

La normativa considera edifici misti in muratura – cemento armato quegli **organismi strutturali che presentano membrature in cemento armato e pannelli murari non in aderenza**, disposti altimetricamente sullo stesso piano o su piani successivi, in particolare al § C7.8.4 della Circolare n.617 viene esplicitato quanto sopra detto e viene data indicazione circa le modalità di trasmissione dell'azione sismica nelle strutture interessate.

RILIEVO (punto 8.5.2 ntc)

Al fine di definire l'edificio nella sua interezza e nei particolari è stato effettuato un rilievo geometrico strutturale complessivo di tutti gli elementi costitutivi , cioè del corpo di fabbrica in muratura e del corpo di fabbrica in c.a. in aggiunta successivamente. Con il rilievo è stato individuato l'organismo resistente e lo stato di conservazione degli elementi costitutivi la struttura. E' stato anche appurato che in atto non vi sono fenomeni di dissesto se non qualche piccola presenza di deformazioni dovute a cause non strutturali.

La campagna di indagini è consistita in:

- esecuzione di indagini magnetometriche con pacometro su n. 49 elementi strutturali (pilastri, travi e solai) distribuiti nei tre piani dell'edificio;
- estrazione di carote da n. 17 elementi strutturali (pilastri, travi, fondazioni e muratura);
- determinazione della profondità di carbonatazione su n. 16 carote in cls estratte;
- determinazione in laboratorio della massa volumica e della resistenza a compressione di n. 15 carote in cls estratte;
- estrazione di barre di armatura da n. 12 elementi strutturali (pilastri e travi);
- prove di trazione in laboratorio sulle n. 12 barre di armatura estratte per la determinazione dei parametri caratteristici di resistenza;
- esecuzione di una prova di carico su solaio;
- esecuzione di n. 2 prove sclerometriche;
- esecuzione di n. 1 prova con martinetto piatto singolo nella muratura;
- esecuzione di n. 1 prova con martinetto piatto doppio nella muratura;
- esecuzione di n. 3 perforazioni.

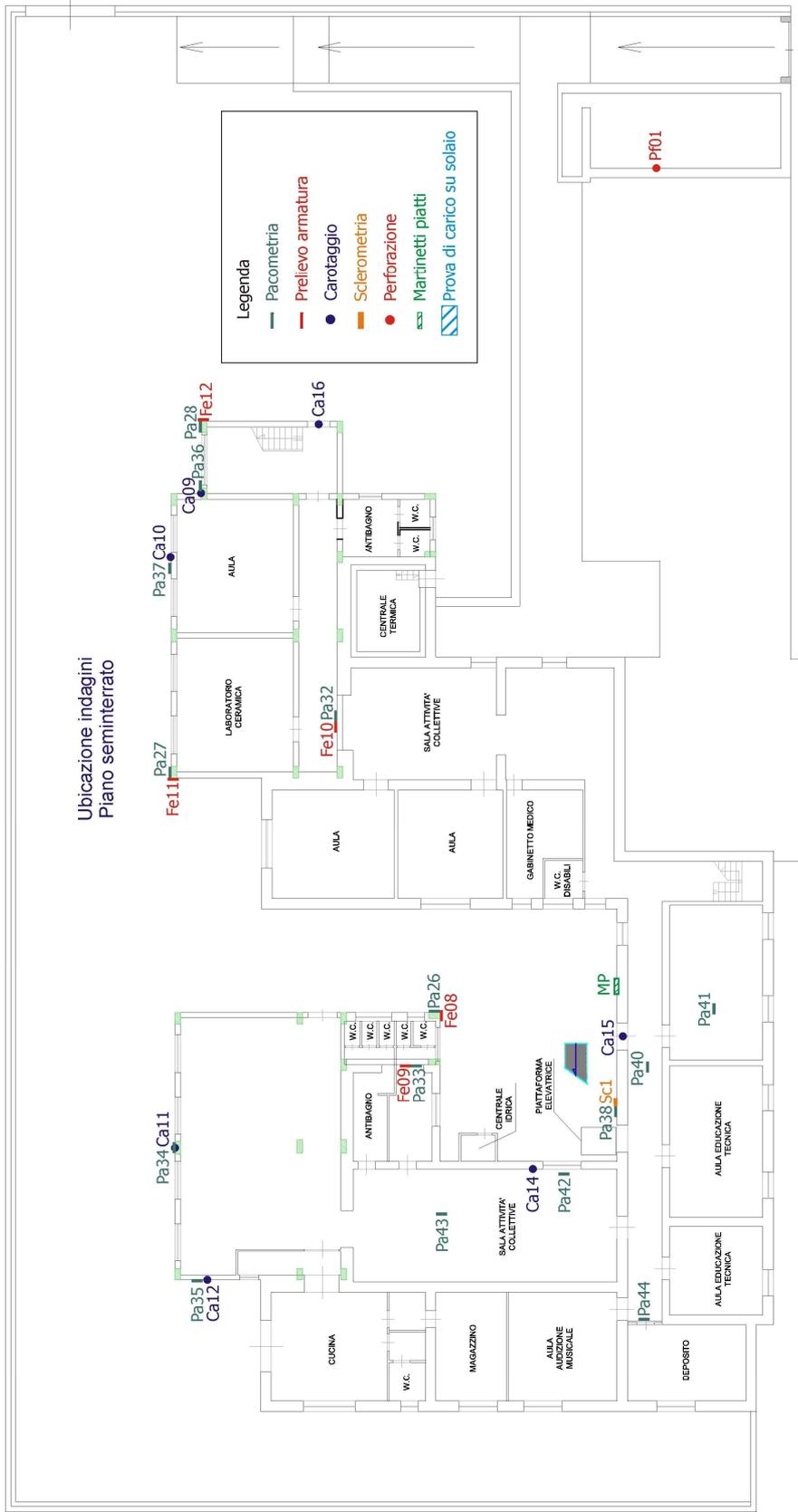
CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI (punto 8.5.3 ntc)

Le indagini eseguite ed elencate sopra sono servite per definire e caratterizzare da un punto di vista meccanico i materiali costituenti l'edificio. Nelle planimetrie che seguono è indicata l'ubicazione delle prove eseguite i cui risultati sono riportate nell'apposita relazione insieme alle prove di carico e alle prove con martinetto.

Ubicazione indagini
Piano seminterrato

Legenda

- Pacometria
- Prelievo armatura
- Carotaggio
- Sclerometria
- Perforazione
- Martinetti piatti
- Prova di carico su solaio



LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA (punto 8.5.4 ntc)

Sulla base degli approfondimenti effettuati e da quanto previsto dalla normativa, sono stati effettuate indagini e prove sufficienti a definire un livello di conoscenza LC2.

Infatti per quanto riguarda la struttura inc.a il livello di conoscenza LC2 prevede:

- 1) geometria : rilievo ex novo completo;
- 2) dettagli strutturali: Disegni costruttivi incompleti + limitate verifiche in sito
- 3) proprietà dei materiali: estese verifiche in sito

Il rilievo è stato effettuato ex novo completo in tutte le sue parti;

I dettagli strutturali sono stati investigati tramite prova pacometrica che ha interessato n. 49 elementi strutturali (pilastri, travi e solai) distribuiti nei tre piani dell'edificio.

I piani del corpo in cemento armato sono tre per una superficie inferiore a 300 mq pertanto occorrono n. 2 prelievi di calcestruzzo e n 2 prelievi di barre di acciaio per un totale di 6 prelievi. Sono stati effettuati 17 carotaggi per il c.a. e 12 prelievi di barre di armatura.

per quanto attiene la struttura in muratura:

- esecuzione di una prova di carico su solaio;
- esecuzione di n. 2 prove sclerometriche;
- esecuzione di n. 1 prova con martinetto piatto singolo nella muratura;
- esecuzione di n. 1 prova con martinetto piatto doppio nella muratura;
- esecuzione di n. 3 perforazioni

Nelle tabelle che seguono sono elencati i requisiti minimi da soddisfare per raggiungere il livello di conoscenza voluto

C. Edifici in muratura
 Rilievi dei dettagli costruttivi e prove sui materiali
 Verifiche limitate

Esami visivi della superficie muraria, previa rimozione di almeno 1 m x 1 m di intonaco, preferibilmente in corrispondenza degli angoli; saggi localizzati nello spessore murario.

Scopi:

- individuare forma e dimensione dei blocchi;
- verificare le ammorsature tra i muri;
- valutare la compattezza della malta;
- valutare la qualità della connessione interna e trasversale.

Verifiche estese

Estensione sistematica delle indagini precedenti, con saggi superficiali e interni per ogni tipo di muratura presente; prove con martinetto piatto doppio; prove sulle malte ed eventualmente su pietre e mattoni (una prova per ogni tipo di muratura presente).

Prove non distruttive (soniche, sclerometriche, penetrometriche per la malta) possono essere eseguite a integrazione delle prove precedenti.

In caso di chiara e comprovata corrispondenza dei dettagli costruttivi e dei materiali si possono utilizzare, in sostituzione delle prove sull'edificio oggetto di studio, prove eseguite su altri edifici presenti nella stessa zona.

Allo stesso fine le Regioni possono definire zone omogenee di riferimento.

Verifiche esaustive

Oltre alle verifiche visive, ai saggi interni e alle prove descritti nei punti precedenti, si effettua una ulteriore serie di prove sperimentali tali da consentire di valutare direttamente le caratteristiche meccaniche della muratura.

Fonte: OPCM

A. Edifici in CA

Rilievo dei dettagli costruttivi

Per ogni tipo di elemento «primario» (trave, pilastro, ...)

Verifiche limitate

La quantità e la disposizione dell'armatura sono verificate per almeno il 15% degli elementi

1 provino di CLS per 300 m² di piano dell'edificio,
1 campione di armatura per piano dell'edificio

Verifiche estese

La quantità e la disposizione dell'armatura sono verificate per almeno il 35% degli elementi

2 provini di CLS per 300 m² di piano dell'edificio,
2 campioni di armatura per piano dell'edificio

Verifiche esaustive

La quantità e la disposizione dell'armatura sono verificate per almeno il 50% degli elementi

3 provini di CLS per 300 m² di piano dell'edificio,
3 campioni di armatura per piano dell'edificio

Prove sui materiali

A. Edifici in CA e in acciaio

Livello di conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi consentiti	FC
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo <i>ex novo</i> completo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca + <i>limitate</i> verifiche in sito	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca + <i>limitate</i> prove in sito	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2	idem	Disegni costruttivi incompleti + <i>limitate</i> verifiche in sito oppure <i>estese</i> verifiche in sito	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali + <i>limitate</i> prove in sito oppure <i>estese</i> prove in sito	tutti	1,20
LC3	idem	Disegni costruttivi completi + <i>limitate</i> verifiche in sito oppure <i>esaustive</i> verifiche in sito	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto + <i>estese</i> prove in sito oppure <i>esaustive</i> prove in sito	tutti	1,00

B. Edifici in muratura

Livello di conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi consentiti	FC
LC1	Rilievo strutturale completo	Limitate verifiche in sito	Limitate indagini in sito	tutti	1,35
LC2	idem	Estese ed esaustive verifiche in sito	Estese indagini in sito	tutti	1,20
LC3	idem	idem	Esaustive indagini in sito	tutti	1,00

Con le prove effettuate e le indagini eseguite, per quanto attiene sia alla struttura in muratura che a quella in cemento armato si ha:

Sigla	Dimensioni ¹			Sez. (m ²)	Peso (kg)	Massa Volum. (kg/m ³)	Carico di rottura (kN)	Resistenza (N/mm ²)	Umidità Superf.	Preparaz. provino	Rottura
	Ø mm	h mm	Ø/h								
CA1	93,7	94,9	1,0	6887	1,459	2233	68,5	9,9	A	M	S
CA2	93,8	93,9	1,0	6902	1,431	2207	66,7	9,7	A	M	S
CA3	93,7	93,9	1,0	6897	1,434	2215	84,3	12,2	A	M	S
CA4	93,7	93,7	1,0	6887	1,419	2199	87,6	12,7	A	M	S
CA5	93,7	93,6	1,0	6887	1,436	2227	101,1	14,7	A	M	S
CA6	93,6	93,3	1,0	6882	1,421	2213	100,5	14,6	A	M	S
CA7	93,7	93,3	1,0	6887	1,424	2215	88,6	12,9	A	M	S
CA8	93,6	93,7	1,0	6882	1,398	2169	75,8	11,0	A	M	S
CA9	93,6	93,7	1,0	6882	1,37	2125	72,2	10,5	A	M	S
CA10	93,7	93,4	1,0	6887	1,409	2190	83,9	12,2	A	M	S
CA11	93,7	93,3	1,0	6885	1,42	2210	82,7	12,0	A	M	S
CA12	93,6	93,7	1,0	6882	1,392	2159	70,7	10,3	A	M	S
CA15	93,6	93,6	1,0	6882	1,38	2141	59,8	8,7	A	M	S
CA16	93,7	93,4	1,0	6887	1,458	2267	141,7	20,6	A	M	S
CA17	93,7	93,5	1,0	6887	1,455	2259	143,3	20,8	A	M	S

Id carotaggio	Livello	Elemento strutturale	Data di prelievo	Lunghezza carota cls (cm)	Intervallo carbonatato (cm)
Ca 01	Piano primo	Pilastro	27/02/2017	19	0
Ca 02	Piano primo	Trave	27/02/2017	19	0-5
Ca 03	Piano primo	Pilastro	27/02/2017	19	0
Ca 04	Piano primo	Trave	27/02/2017	18	0-5
Ca 05	Piano rialzato	Pilastro	28/02/2017	19	0
Ca 06	Piano rialzato	Trave	28/02/2017	19	0-7
Ca 07	Piano rialzato	Pilastro	28/02/2017	20	0
Ca 08	Piano rialzato	Trave	28/02/2017	20	0-3
Ca 09	P. seminterrato	Pilastro	28/02/2017	21	0-8
Ca 10	P. seminterrato	Trave	28/02/2017	25	0-7
Ca 11	P. seminterrato	Pilastro	01/03/2017	21	0-5
Ca 12	P. seminterrato	Trave	01/03/2017	24	0-8 e 19-24
Ca 13	Piano rialzato	Pilastro	01/03/2017	34	0
Ca 14	P. seminterrato	Muratura	01/03/2017	-	-
Ca 15	P. seminterrato	Fondazione	01/03/2017	20	0-20
Ca 16	P. seminterrato	Fondazione	02/03/2017	33	0-4
Ca 17	Piano rialzato	Fondazione	02/03/2017	38	0-38

Id barra armatura	Livello	Elemento strutturale	Data di prelievo	Lunghezza barra (cm)	Diametro (mm)	Tipologia
Fe01	Piano primo	Pilastro	27/02/2017	50	20	liscio
Fe02	Piano primo	Trave	27/02/2017	51	16	liscio
Fe03	Piano primo	Pilastro	28/02/2017	43	18	liscio
Fe04	Piano primo	Trave	28/02/2017	50,5	16	liscio
Fe05	Piano rialzato	Pilastro	28/02/2017	50	18	liscio
Fe06	Piano rialzato	Trave	28/02/2017	51,5	20	liscio
Fe07	Piano rialzato	Trave	01/03/2017	50,5	20	liscio
Fe08	P. seminterrato	Pilastro	28/02/2017	50,5	20	liscio
Fe09	P. seminterrato	Trave	01/03/2017	51	16	liscio
Fe10	P. seminterrato	Trave	01/03/2017	50,5	16	liscio
Fe11	P. seminterrato	Pilastro	28/02/2017	52	20	liscio
Fe12	P. seminterrato	Pilastro	28/02/2017	51,5	20	liscio

Sigla	d_n mm	S_e mm²	f_y N/mm²	f_t N/mm²	(f_t/f_y)	A_t %	A_g %	A_{gt} %
Fe01	20	310,51	386	557	1,45	16,2	27,1	27,4
Fe02	16	200,51	381	546	1,43	15,8	10,7	11,0
Fe03	18	251,75	345	514	1,49	22,7	16,9	17,2
Fe04	16	200,07	363	555	1,53	23,1	17,2	17,5
Fe05	18	254,52	449	732	1,63	13,2	11,9	12,3
Fe06	20	305,38	389	578	1,49	17,1	21,1	21,4

Fe07	20	311,65	385	555	1,44	17,6	22,2	22,5
Fe08	20	302,39	319	441	1,38	22,5	15,8	16,0
Fe09	16	202,57	244	352	1,44	39,4	26,5	26,7
Fe10	16	202,56	320	438	1,37	38,4	23,9	24,1
Fe11	20	304,75	346	496	1,44	30,4	17,1	17,3
Fe12	20	304,04	341	479	1,40	31,1	21,1	21,3

AZIONI (punto 8.5.5 ntc)

Per la verifica strutturale sono state considerate le azioni previste dalla normativa vigente e precisamente:

- azioni dovute al peso proprio delle murature
- azioni dovute al peso proprio dei solai di piano e di copertura
- azioni dovute al peso proprio dei corpi scala
- azioni dovute al sovraccarico su solai, scale e copertura;
- azioni dovute all'azione sismica

Combinazione delle azioni sopracitate per gli stati limite considerati

Le azioni definite come al § 2.5.1 delle N.T.C. 2008 sono state combinate in accordo a quanto definito al § 2.5.3. applicando i coefficienti di combinazione come di seguito definiti:

Categoria/Azione variabile	ψ_0	ψ	ψ
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 Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
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

MATERIALI (punto 8.6 ntc)

Per quanto attiene ai materiali considerati per le verifiche si è fatto riferimento alle caratteristiche meccaniche delle murature indicate nella tabella

Per i conglomerati e gli acciai sono stati considerati i valori medi dei risultati per tipologia omogenea

Materiali per c.a.																									
CRITERI PER IL CALCOLO AGLI STATI LIMITE ULTIMI E DI ESERCIZIO																									
Cri Nro	Tipo Elem	fck	fcd	rcd	fyk	ftk	fyd	Ey	ec0	ecu	eyu	At/ Ac	Mt/ Mtu	Wra mm	Wfr mm	Wpe mm	ccRar	ccPer	ofRar	Spo Rar	Spo Fre	Spo Per	Coe Vis	euk	
				----- kg/cmq -----																					
1	ELEV.	100,0	66,0	66,0	3022	3700	2627	2100000	0,20	0,35	6,75	50	10			0,4	0,3	60,0	45,0	2417				2,0	0,08
2	FOND.	142,0	94,0	94,0	3022	3700	2627	2100000	0,20	0,35	6,75	50	10			0,4	0,3	85,0	63,0	2417				2,0	0,08
3	PILAS	102,0	68,0	68,0	3022	3700	2627	2100000	0,20	0,35	6,75	50	10			0,4	0,3	61,0	45,0	2417				2,0	0,08
5	ELEV.	70,0	46,0	46,0	3602	3602	3132	2100000	0,20	0,35	6,75	50	10			0,4	0,3	42,0	31,0	2881				2,0	0,08
6	PILAS	116,0	77,0	77,0	3602	3602	3132	2100000	0,20	0,35	6,75	50	10			0,4	0,3	69,0	52,0	2881				2,0	0,08

ARCHIVIO MATERIALE FRP

ARCHIVIO MATERIALI FRP

Mater N.ro	Descrizione Materiale	Tipo Fibra	Orientam. Fibre	Gramm g/mq	Dens. kg/mc	SpessEq. (mm)	AreaRes mmq/m	Traz. N/mmq	CarMax kN/m	ModElast N/mmq	Eps fk (%)	Tipo Appl
1	Tessuto PBO	Aramidica	BiAssiale	88	1560	0,0560	165	5800	500	270000	2,150	A

DATI MASCHI MURARI 3/3

IDEN	PARAMETRI MECCANICI MATERIALE RISULTANTE								DEFORM.ULT.		Descrizione Estesa
Mat. N.ro	Gamma kg/mc	Fk kg/cmq	Fkv kg/cmq	Fk/F (F=Fatt.Conf.)	Fkv/F	Mod.E kg/cmq	Mod.G kg/cmq	Rig.Fes %	Tagl. (u/h)	Fless (u/h)	
2	1600	16,0	0,3	13,3	0,3	11853	3866	50	0,004	0,006	Conci pietra tenera+FRCM
3	1600	16,0	0,3	13,3	0,3	11853	3866	50	0,004	0,006	Conci pietra tenera+FRCM
5	1900	30,0	1,0	30,0	1,0	30000	12000	50	0,004	0,006	MURATURA NUOVA (Giunto)

Per quanto concerne le caratteristiche meccaniche della muratura si fa riferimento alla prova con il martinetto doppio e all'apporto delle fibre per ottenere i parametri risultanti.

Il materiale esistente ha dato i risultati seguenti a seguito della prova con martinetto doppio:

MODULO ELASTICO SECANTE $E_t = 889 \text{ N/mm}^2$

Valore di sforzo massimo raggiunto $Q_r = 1,18 \text{ N/mm}^2$

Valore di sforzo ultimo** $Q_r = 0,95 \text{ N/mm}^2$

Come si vede dal confronto con i valori riportati nella tabella allegata alle NTC, per la muratura con conci di pietra tenera, i valori minimi sono superiori a quelli ricavati con la prova in situ.

Tipologia di muratura	f_m	τ_0	E	G	w
	(N/cm ²)	(N/cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kN/m ³)
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100	2,0	690	230	19
	180	3,2	1050	350	
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200	3,5	1020	340	20
	300	5,1	1440	480	
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260	5,6	1500	500	21
	380	7,4	1980	660	
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140	2,8	900	300	16
	240	4,2	1260	420	
Muratura a blocchi lapidei squadrati	600	9,0	2400	780	22
	800	12,0	3200	940	
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240	6,0	1200	400	18
	400	9,2	1800	600	
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤ 40%)	500	24	3500	875	15
	800	32	5600	1400	
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)	400	30,0	3600	1080	12
	600	40,0	5400	1620	
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	300	10,0	2700	810	11
	400	13,0	3600	1080	
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	150	9,5	1200	300	12
	200	12,5	1600	400	
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)	300	18,0	2400	600	14
	440	24,0	3520	880	

Tabella C8A.2.1

Valori di riferimento dei parametri meccanici (minimi e massimi) e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura, riferiti alle seguenti condizioni:

malta di caratteristiche scarse assenza di ricorsi (listature) paramenti semplicemente accostati o mal collegati muratura non consolidata tessitura (nel caso di elementi regolari) a regola d'arte

f_m = resistenza media a compressione della muratura

τ_0 = resistenza media a taglio della muratura,

E = valore medio del modulo di elasticità normale,

G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale,

w = peso specifico medio della muratura.

Il progetto dell'intervento prevede l'utilizzo di un sistema di rinforzo per sollecitazioni a taglio e flessione mediante l'applicazione di materiali compositi in natura fibrosa FRP (fibre rinforzate polimeriche) tipo ruredil o similari.

Di seguito vengono riepilogate le caratteristiche tecniche del materiale utilizzato .

Il sistema è costituito da:

- 1) rete in fibra di PBO con larghezza 50 e lunghezza 15 m o larghezza 100 e lunghezza 15 m;
- 2) matrice inorganica stabilizzata conforme alla norma UNI EN 1504-3.

Il sistema , grazie all'impiego della matrice inorganica offre maggiori prestazioni anche rispetto ad un rinforzo FRP a base di resina epossidica o poliestere in quanto vi è un incremento della resistenza a flessione semplice, taglio e pressoflessione di pilastri e travi, della duttilità nelle parti terminali di travi e pilastri, della resistenza dei nodi travopilastro.

L'elevato incremento della duttilità nell'elemento strutturale rinforzato conferisce grande capacità di dissipazione dell'energia ed elevata affidabilità del sistema, anche se sottoposto a sovraccarichi di tipo ciclico (es. sisma);

Caratteristiche tecniche della fibra in PBO (pol IPARAFEN ILENBEN ZOBISOXAZOLO) utilizzata nei calcoli sono:

Resistenza a trazione 5,8 GPa

Modulo elastico 270 GPa

Densità di fibra 1,56 g/cm³

Allungamento a rottura 2,15 %

Peso delle fibre di PBO nella rete 88 g/m²

Spessore equivalente di tessuto secco in direzione dell'ordito 0,0455 mm

Spessore equivalente di tessuto secco in direzione della trama 0,0115 mm

Carico di rottura dell'ordito per unità di larghezza 264,0 kN/m

Carico di rottura della trama per unità di larghezza 66,5 kN/m

Peso della rete (supporto + fibre in PBO) 110 g

Caratteristiche della matrice inorganica:

Consistenza (UNI EN 13395-1) 175 mm

Peso specifico malta fresca (EN 1015-6) 1,80 } 0,05 g/cc

Acqua d'impasto per 100 kg 25 - 27 litri

Resa \approx 1,400 kg/m²/mm

Resistenza a compressione (UNI EN 196-1) 40,0 MPa

Resistenza a flessione (UNI EN 196-1) 4,0 MPa

Modulo elastico secante (UNI EN 13412) 12.500 MPa

INTERVENTO

Gli interventi strutturali in un edificio in muratura e in c.a. necessitano di una filosofia di approccio che tenga conto della tipologia edilizia, della regola dell'arte di edificazione, dei materiali costituenti i macro elementi che caratterizzano il fabbricato. Nel progetto dell'intervento ci si è prefissati lo scopo di non variare il regime dei pesi e delle rigidità dell'edificio che possono incidere negativamente sotto azioni dinamiche quali è il sisma.

L'intervento progettato si prefigge lo scopo di migliorare le caratteristiche statiche e sismiche dell'edificio e raggiungere i valori previsti dalla normativa. Per un efficace intervento, a giudizio dello scrivente, bisogna partire dalle fondazioni in quanto sono gli elementi che in caso di evento sismico trasmettono alla struttura in elevazione tutta l'energia che il sisma stesso libera. Tali strutture devono essere in grado di trasferire il carico senza collassare e senza che il terreno collassi. Un efficace progetto di miglioramento strutturale non può prescindere da un intervento in fondazione specialmente quando le stesse sono interessate da fenomeni di circolazione idrica superficiale.

Dal punto di vista geologico il comportamento geotecnico viene considerato nel suo complesso lapideo o tendente al lapideo e per la caratterizzazione si è tenuto conto della resistenza della roccia intatta e del grado di alterazione e fratturazione, utilizzando la classificazione proposta da BIENIAWSKY (1979), basata sulla spaziatura dei giunti e sulla resistenza della roccia intatta.

e in base alle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14 gennaio 2008, la caratteristica della superficie topografica del lotto in esame è di categoria T1.

La geomorfologia di questa porzione di territorio è inoltre legata alle proprietà geologiche dei terreni affioranti che influenzano le caratteristiche morfologiche del paesaggio in base alla differente risposta che i vari litotipi offrono alle azioni erosive. Maggiori ed esaurienti dettagli sono contenuti nell'apposita relazione geologica.

L'intervento di adeguamento aumenta la capacità dissipativa dell'insieme. Il comportamento statico dell'edificio nel suo complesso viene simulato con uno schema a telaio equivalente con tratti infinitamente rigidi che schematizzano il comportamento dei maschi murari resistenti ai vari livelli di piano. I maschi murari sono soggetti, se non ben collegati, ad effetti localizzati di ribaltamento e/o cedimenti dovuti a forze taglienti. Tali fenomeni si verificano principalmente nelle zone di attacco tra muri e solai e nelle zone di incrocio tra muri maestri e muri di controvento. Evitare tali meccanismi significa preservare certamente dal danno la struttura muraria. Per ottenere ciò è stato studiato un intervento complessivo con l'uso di pannelli di FRP. L'impiego delle fibre conferisce all'insieme uno schema scatolare ad alta resistenza, senza sostanziale variazione dei pesi, in quanto le fibre hanno un alto valore del modulo elastico, inoltre la loro collocazione fa sì che l'involucro edilizio non subisca alcuna modifica nelle forme, nelle finiture e nell'aspetto architettonico. Infatti le fibre vengono applicate direttamente sulla malta di fondo stesa sulla muratura portata a nudo e poi ricoperte con malta e intonaco appropriati. Altro intervento necessario e importante, ai fini del controllo dei collassi locali è quello del rinforzo dei vuoti. Tale rinforzo viene realizzato con le fibre che realizzano una cerchiatura paragonabile a quella effettuata con i telai in acciaio, con la differenza che sono meno invasive, non pesano e finite sono più rigide con l'accoppiamento alla muratura.

I solai di piano verranno irrigiditi, nelle zone di incastro ove manca la fascia piena in maniera tale che insieme ai muri formino una struttura scatolare sismoresistente e priva di fenomeni di instabilità locali e collassi dovuti a plasticizzazione dei materiali o a perdita di resistenza per taglio. Tale obiettivo verrà raggiunto tramite un intervento su parte della caldana del solaio che verrà collegata, attraverso le fibre con l'interno dei muri in modo da realizzare un pacchetto rigido e uniforme.

La progettazione del consolidamento delle strutture murarie con FRP deve prestare la Massima cura nel prevedere l'estensione dei rinforzi sino alle zone di muratura compressa, in modo da coinvolgere l'intera struttura nel resistere alle sollecitazioni agenti. Nel nostro caso particolare si interviene con le fibre per consolidare anche le colonne in c.a. mediante cerchiature per incrementarne la resistenza a compressione e la duttilità dovuta alla mancanza di una staffatura adeguata. L'intervento progettato ha portato alla definizione di un incremento della capacità di resistenza allo SLV che di seguito viene esposto in forma compatta il riepilogo dei parametri di sicurezza prima e dopo l'intervento con i relativi parametri di sicurezza che hanno subito incremento.

Risultati push over prima dell'intervento edificio

Numero PushOver	PgaSLO/Pga81%	PgaSLD/Pga63%	PgaSLV/Pga10%
1	1.678	1.141	0.654
2	1.633	1.199	0.698
3	1.628	0.833	0.295
4	1.644	0.918	0.374
5	1.711	1.299	0.680
6	1.777	1.426	0.729
7	1.774	0.968	0.324
8	1.667	1.049	0.486
9	1.656	1.263	0.705
10	1.689	1.062	0.644
11	1.700	1.003	0.502
12	1.711	0.883	0.351
13	1.812	1.485	0.732
14	1.744	1.225	0.668
15	1.656	1.162	0.352
16	1.651	0.957	0.346
Min. PgaSL/Pga%	1.628	0.833	0.295

Risultati push over prima dell'intervento palestra

Numero PushOver	PgaSLO/Pga81%	PgaSLD/Pga63%	PgaSLV/Pga10%
1	3,25	3.27	1.64
2	3,70	3.66	1.64
3	1.78	1.86	1.64
4	2.48	2.64	1.64
5	3.51	3.54	1.64
6	4.01	4.02	1.64
7	1.89	1.94	1.52
8	2.54	2.80	1.64
9	3.40	3.40	1.64
10	3.50	3.47	1.64
11	3.16	3.09	1.64
12	1.73	1.81	1.387
13	3.65	3.66	1.64
14	3.80	3.82	1.64
15	3.54	3.48	1.64
16	1.77	1.91	1.377

Risultati push over prima dell'intervento scuola

Numero PushOver	PgaSLO/Pga81%	PgaSLD/Pga63%	PgaSLV/Pga10%
1	2.22	2.27	1.019
2	2.32	2.49	1.105
3	2.41	2.37	1.01
4	1.75	1.77	1.008
5	2.55	2.46	1.074
6	2.62	2.63	1.16
7	2.57	2.53	1.014
8	1.84	1.86	1.009
9	2.46	2.59	1.117

10	2.029	2.097	1.013
11	1.84	1.819	1.010
12	2.46	2.46	1.034
13	2.77	2.75	1.030
14	2.43	2.35	1.057
15	1.935	1.89	1.011
16	2.60	2.54	1.017

Resta pertanto dimostrato che con l'intervento progettato si raggiunge un valore del rapporto capacità/domanda allo SLV in termini di accelerazione superiore all'unità così come prevede la norma vigente.

Fondazioni:

L'intervento sul sistema fondazionale si rende necessario in quanto sono state rilevate dimensioni che non soddisfano i parametri di sicurezza previsti dalla normativa, in particolare nelle sezioni impegnate dalla struttura in muratura. tale sezione ha le dimensioni di circa cm 50*60, in conglomerato di cemento.

Tale sezione trasferisce al terreno un carico unitario maggiore di quello ammissibile per cui viene superata la capacità portante del terreno in particolare nella fase dinamica.

Occorre quindi provvedere ad un allargamento della fondazione in modo da ripartire in maniera uniforme il carico cercando di amntenersi all'interno del carico limite.

Un allargamento di 50 cm, quindi riportando la fondazione ad una base reagente di mt.1,00 ci consente di soddisfare i parametri di resistenza previsti dalle norme vigenti. L'esecuzione di tale allargamento verrà eseguito come meglio dettagliato nei grafici di progetto con le relative fasi.

Struttura in muratura scuola

Dall'analisi push over relativa allo stato di fatto si è visto che i parametri che definiscono l'indice di rischio della costruzione sono tali da necessitare di un adeguamento strutturale. Infatti oltre alla tipologia di muratura portante con le dimensioni effettive, risultano deficitarie anche le caratteristiche meccaniche della muratura stessa come è stato evidenziato sopra. L'intervento progettato fa sì che il rinforzo tramite FRP ha effetto sia in termini di rigidità della muratura stessa sia in termini di capacità di resistenza e durabilità dei pannelli murari. Con tale sistema si è cercato di ridurre l'edificio ad un

sistema scatolare opportunamente connesso e collegato, assimilabile a telai equivalenti che reagiscono sia alle azioni taglianti che alle azioni flettenti. L'intervento prevede anche la cerchiatura di tutte le aperture presenti nei pannelli murari che ricordiamo costituiscono zone di particolare vulnerabilità nei confronti delle azioni orizzontali. Tali cerchiature verranno anche effettuate tramite fasciature in FRP. L'intervento prevede la collocazione delle FRP su tutti i muri sia perimetrali che interni, e in entrambe le facce dei muri stessi in modo da realizzare una sezione mista muratura-fibre.

Struttura in muratura palestra

L'intervento sulla palestra è simile a quello precedente in quanto la struttura portante della stessa è anche in muratura. La palestra presenta muri alti senza controventature, quindi molto vulnerabili, con una copertura in elementi di cemento curvilei poggianti nel cordolo perimetrale ove si agganciano anche i tiranti per eliminare la spinta data dalla copertura stessa. L'intervento conserva l'effetto dei tiranti e agisce solo sulle murature e sulle cerchiature dei vani. Per un funzionamento sismico migliore rispetto alla configurazione attuale è stato previsto di realizzare un giunto tecnico tra palestra e scuola. tale giunto fa sì che le masse in gioco diminuiscano notevolmente e che alla palestra viene restituita una certa regolarità in pianta. In elevazione la regolarità non vi è in quanto la palestra è dotata di un piano seminterrato la cui superficie è circa un quarto della superficie della palestra e quindi al piano terra si ha una notevole restrizione della sezione. In ogni caso con l'intervento progettato anche la palestra raggiunge un indice di rischio superiore all'unità e quindi in accordo con le norme vigenti.

Struttura in cemento armato scuola

La struttura in c.a presente nella scuola è quella relativa ai corpi di fabbrica aggiunti in epoca successiva al primo impianto. Tali corpi, poichè sono in aderenza con la parte in muratura e risulta particolarmente complicato realizzare un giunto tecnico tra le due strutture, verranno saldati alla muratura esistente. La saldatura verrà realizzata con una ulteriore connessione dei due corpi con pannelli di FRP avvolgenti in modo da confinare il tutto in un sistema misto. La restante parte delle strutture in c.a. verranno rinforzate in corrispondenza dei nodi al fine di aumentarne la resistenza e la duttilità.

IL Progettista

SG.INARCH srls

Dott. Ing G. Saitta
