

REPORT Rinforzo muratura esistente

Data: *16/02/2025*

Oggetto dei lavori: *Oggetto dei lavori*

Indirizzo Cantiere: *Indirizzo cantiere*

Committente: *Committente*

Progettista: *Progettista*

Direttore dei Lavori: *Direttore dei lavori*

Impresa: *Impresa*

SOMMARIO

RIFERIMENTO CANTIERE	Pag. 3
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	Pag. 3
GEOMETRIA PARETE	Pag. 3
LIVELLO DI CONOSCENZA §8.5.4 NTC18	Pag. 4
TIPOLOGIA MURARIA Tab. C8.5.I Circolare 21/01/2019 n.7	Pag. 4
CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLA MURATURA CORRETTA DAI COEFFICIENTI: EX ANTE	Pag. 5
CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLA MURATURA CORRETTA DAI COEFFICIENTI: EX POST	Pag. 6
SOLLECITAZIONI AGENTI	Pag. 6
VERIFICHE A FLESSIONE	Pag. 7
VERIFICA A FLESSIONE NEL PIANO EX-ANTE	Pag. 7
VERIFICA A FLESSIONE NEL PIANO EX-POST	Pag. 8
VERIFICA A FLESSIONE FUORI DEL PIANO EX-ANTE	Pag. 9
VERIFICA A FLESSIONE FUORI DEL PIANO EX-POST	Pag. 10
VERIFICHE A TAGLIO	Pag. 11
VERIFICA A TAGLIO NEL PIANO EX-ANTE	Pag. 11
VERIFICA A TAGLIO NEL PIANO EX-POST	Pag. 13
VERIFICA A TAGLIO SCORRIMENTO FUORI PIANO EX-ANTE	Pag. 14
VERIFICA A TAGLIO SCORRIMENTO FUORI PIANO EX-POST	Pag. 15
VERIFICHE A COMPRESSIONE SEMPLICE	Pag. 15
VERIFICA A COMPRESSIONE SEMPLICE EX-ANTE	Pag. 15
VERIFICA A COMPRESSIONE SEMPLICE EX-POST	Pag. 15

REPORT Rinforzo muratura esistente

Versione 2.02

data: 16/02/2025 15:39

RIFERIMENTO CANTIERE

Oggetto dei lavori:

Oggetto dei lavori

Indirizzo Cantiere:

Indirizzo cantiere

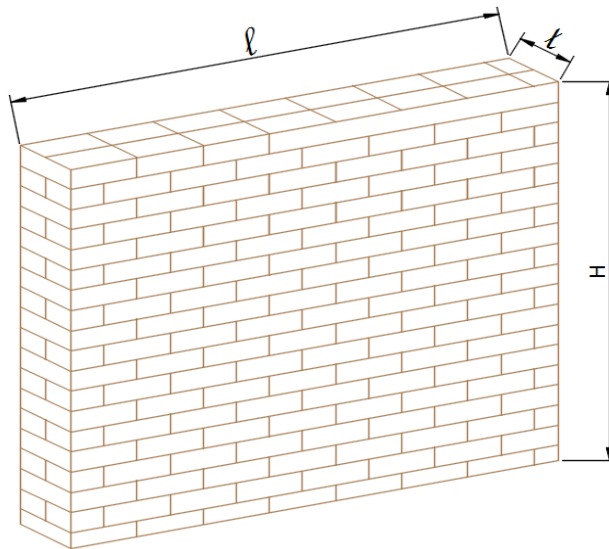
Committente:	Committente
Progettista:	Progettista
Direttore dei Lavori:	Direttore dei lavori
Impresa:	Impresa

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le verifiche sono eseguite in conformità a:

- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto 17 gennaio 2018 e successive Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui alla Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019;
- Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica di cui al CNR DT 215/2018.

GEOMETRIA PARETE



Lunghezza del pannello murario	l	2,25 m
Spessore del pannello murario	t	0,42 m
Altezza del pannello murario	H	3,30 m

LIVELLO DI CONOSCENZA §8.5.4 NTC18		
Livello di conoscenza §8.5.4 NTC18	LC	LC1
Fattore di confidenza §8.5.4 NTC18	FC	1,35

Resistenze: i valori minimi degli intervalli riportati in Tabella C8.5.I; Moduli elastici: i valori medi degli intervalli riportati nella tabella suddetta.

Livello di conoscenza	GEOMETRIA	DETTAGLI COSTRUTTIVI	METODI DI ANALISI CONSENTITI
LC1 → FC=1,35	Rilievo strutturale completo	Limitate verifiche in situ	tutti
LC2 → FC=1,20		Estese ed esaustive verifiche in situ	tutti
LC3 → FC=1,00			tutti

Tipo di analisi utilizzata per il calcolo delle sollecitazioni: lineare		
Coefficiente di sicurezza del materiale muratura	γ_m	2,00

TIPOLOGIA MURARIA Tab. C8.5.I Circolare 21/01/2019 n.7		
<i>Muratura in mattoni pieni e malta di calce</i>		
Resistenza media a compressione della muratura	f_m	1,274 N/mm ²
Resistenza a taglio della muratura	τ_0	0,025 N/mm ²
Resistenza a taglio in assenza di tensioni normali	f_{v0}	0,064 N/mm ²
Valore del modulo di elasticità normale	E	1500 N/mm ²
Valore del modulo di elasticità tangenziale	G	500 N/mm ²
Peso specifico della muratura	w	18 kN/m ³

CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLA MURATURA CORRETTA DAI COEFFICIENTI: EX ANTE

Rigidità fessurata EX-ANTE (100% = "non fessurato")	65%
Malta buona (solo se è >2MPa, validata da prove in situ) / scadente	scadente
Giunto di malta >13mm	si
Ricorsi o listature	no
Connessione trasversale (ovvero apparecchiata secondo la regola dell'arte)	no

Coefficiente massimo applicabile	C_{max}	1,80
Coeff. correttivo della resistenza a compressione della muratura	C_{fm}	0,49
Coeff. correttivo della resistenza a taglio della muratura	$C_{\tau 0d}$	0,49
Coeff. correttivo della resistenza a taglio in assenza di tensioni normali	$C_{fv0,d}$	0,49
Coeff. correttivo del modulo di elasticità normale	C_{Ed}	0,42
Coeff. correttivo del modulo di elasticità tangenziale	C_{Gd}	0,42
Coefficiente di sicurezza del materiale muratura	γ_m	2,00

Resistenze di progetto $R_d = R / (\gamma_m * FC)$

Resistenza di calcolo a compressione della muratura	f_{md}	0,472 N/mm ²
Resistenza di calcolo a taglio della muratura	τ_{0d}	0,009 N/mm ²
Resistenza di calcolo a taglio in assenza di tensioni normali	$f_{v0,d}$	0,024 N/mm ²
Valore di calcolo del modulo di elasticità normale di calcolo	E_d	624 N/mm ²
Valore di calcolo del modulo di elasticità tangenziale di calcolo	G_d	208 N/mm ²
Deformazione al limite elastico della muratura	ϵ_{m1}	-0,0008
Deformazione ultima della muratura	ϵ_{mu}	-0,0035
Stima resistenza di calcolo a compressione blocco muratura regolare	f_{bd}	10,000 N/mm ²
Caratteristiche tessitura muratura: regolare	$\tilde{\mu}$	0,2

Legame costitutivo di calcolo	 <p> f_{md} ϵ_{m1} ϵ_{mu} $\epsilon_{mu} = 3.5\text{‰}$ E_{m1} </p>
-------------------------------	--

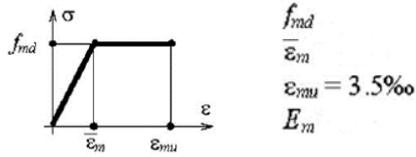
CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLA MURATURA CORRETTA DAI COEFFICIENTI: EX POST

Rigidità fessurata EX-POST (100% = "non fessurato")	100%
Iniezioni di miscele leganti (rinforzo consigliato per murature fortemente incoerenti con cavità e/o con nucleo scadente)	no
Ristilatura armata con connessione dei paramenti	no
Diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi	no
Intonaco Armato	CRM doppia faccia + connettori
Spessore del rinforzo (per incremento sezione resistente solo CRM)	3 cm

Coefficiente massimo applicabile	C_{max}	1,80
Coeff. correttivo della resistenza a compressione della muratura	C_{fm}	0,74
Coeff. correttivo della resistenza a taglio della muratura	$C_{\tau 0d}$	0,74
Coeff. correttivo della resistenza a taglio in assenza di tensioni normali	$C_{fv0,d}$	0,74
Coeff. correttivo del modulo di elasticità normale	C_{Ed}	0,96
Coeff. correttivo del modulo di elasticità tangenziale	C_{Gd}	0,96
Coefficiente di sicurezza del materiale muratura	γ_m	2,00

Resistenze di progetto

$$R_d = R / (\gamma_m * FC)$$

Resistenza di calcolo a compressione della muratura	f_{md}	0,708 N/mm ²
Resistenza di calcolo a taglio della muratura	τ_{0d}	0,014 N/mm ²
Resistenza di calcolo a taglio in assenza di tensioni normali	$f_{v0,d}$	0,035 N/mm ²
Valore di calcolo del modulo di elasticità normale di calcolo	E_d	1440 N/mm ²
Valore di calcolo del modulo di elasticità tangenziale di calcolo	G_d	480 N/mm ²
Deformazione al limite elastico della muratura	ϵ_{m1}	-0,0005
Deformazione ultima della muratura	ϵ_{mu}	-0,0035
Stima resistenza di calcolo a compressione blocco muratura regolare	f_{bd}	10,000 N/mm ²
Caratteristiche tessitura muratura: regolare	$\tilde{\mu}$	0,4
Legame costitutivo di calcolo		$\frac{f_{md}}{\epsilon_m} = 3.5\text{‰}$ E_m

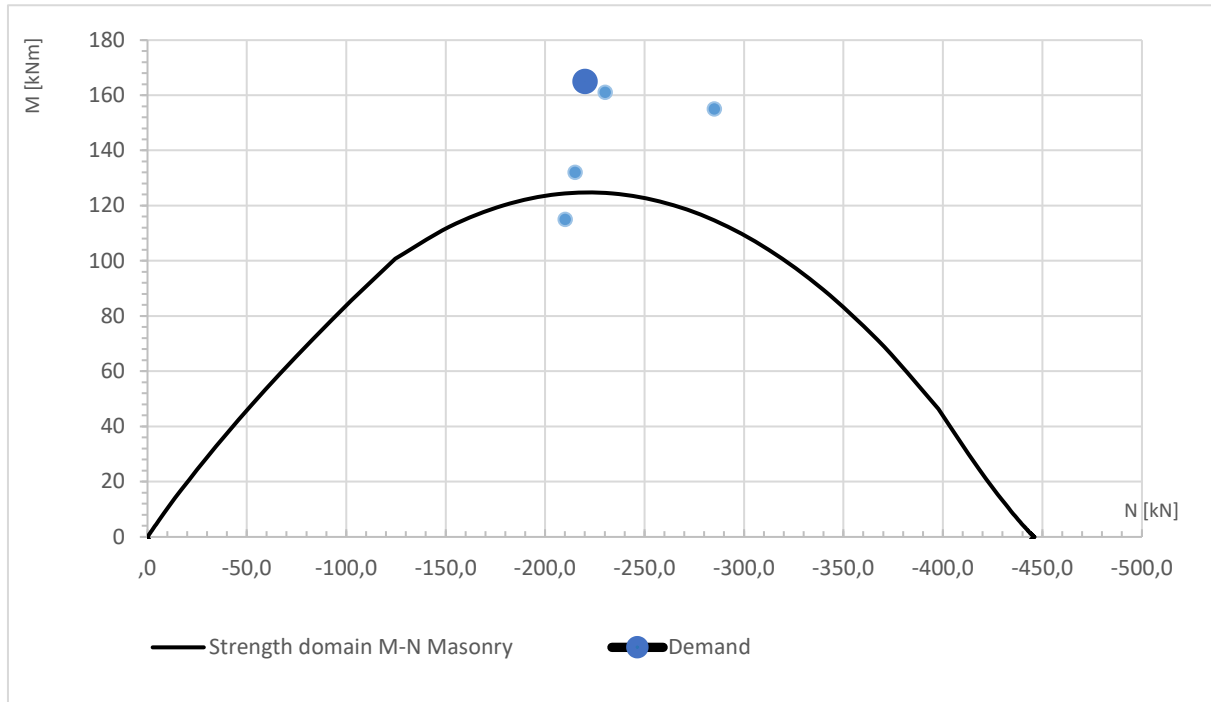
SOLLECITAZIONI AGENTI

Sforzo normale agente (Compressione)	N_{ed}	220,0 kN
Momento flettente agente nel piano	$M_{ed,pl}$	165,00 kNm
Momento flettente agente fuori del piano	$M_{ed,out-pl}$	27,00 kNm
Sforzo di taglio agente nel piano del pannello	V_{ed}	48,0 kN
Sforzo di taglio agente nel piano del pannello	$V_{ed,out-pl}$	25,0 kN

VERIFICHE A FLESSIONE

VERIFICA A FLESSIONE NEL PIANO EX-ANTE

In-Plane Masonry bending capacity



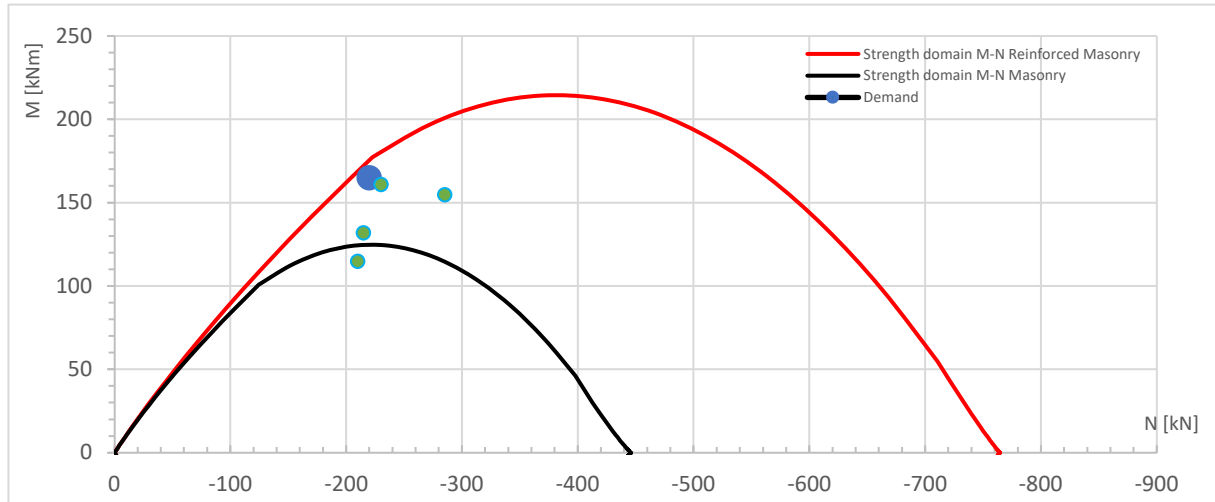
Stress and strain plane section Masonry



Campo di rottura:	<i>CAMPO 3</i>	
Posizione asse neutro	Y	1006 mm
Def. Muratura lembo superiore (zona compressa)	ϵ_{m_sup}	-0,350%
Def. Muratura lembo inferiore	ϵ_{m_inf}	0,000%
Sforzo normale sollecitante	N_{ed}	220,00 kN
Momento sollecitante	M_{ed}	165,00 kNm
Momento Resistente sezione non rinforzata	M_{Rd}	124,79 kNm
Verifica a flessione nel piano per la sezione non rinforzata	ver NM pl	NON VERIFICATO ex-ante
Coeff. Di Sicurezza	R/E	0,76

VERIFICA A FLESSIONE NEL PIANO EX-POST

In-Plane Masonry bending capacity



ULTERIORI COPPIE DI VERIFICHE GRAFICHE A SCELTA DELL'UTENTE

		N_{ED}	M_{ED-PL}
COMBINAZIONE PRINCIPALE PER LA VERIFICA ANALITICA	1	220,00 kN	165,00 kNm
COMBINAZIONI A SCELTA DELL'UTENTE	2	210,00 kN	115,00 kNm
COMBINAZIONI A SCELTA DELL'UTENTE	3	215,00 kN	132,00 kNm
COMBINAZIONI A SCELTA DELL'UTENTE	4	230,00 kN	161,00 kNm
COMBINAZIONI A SCELTA DELL'UTENTE	5	285,00 kN	155,00 kNm

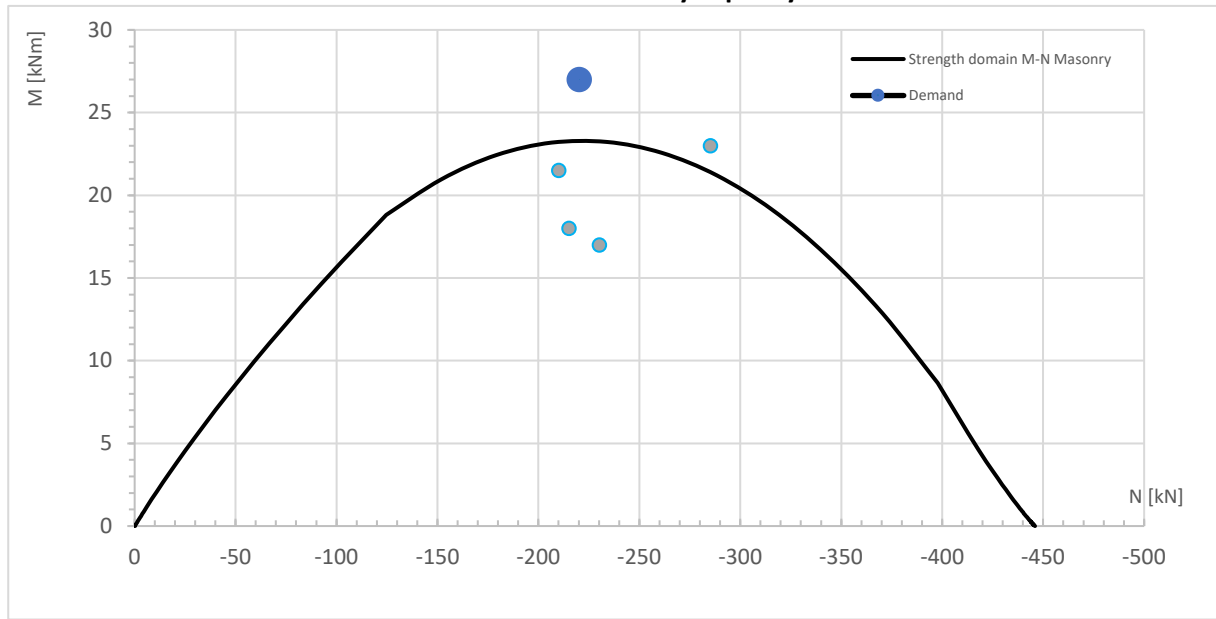
Campo di rottura:	CAMPO 2B	
Posizione asse neutro	Y	1549 mm
Def. Muratura lembo superiore (zona compressa)	ϵ_{m_sup}	-0,348%
Def. Muratura lembo inferiore	ϵ_{m_inf}	0,000%
Sforzo normale sollecitante	N_{ed}	220,00 kN
Momento sollecitante	M_{ed}	165,00 kNm
Momento Resistente sezione rinforzata	M_{Rd}	175,78 kNm
Verifica a flessione nel piano per la sezione rinforzata	ver NM pl-reinf	verificato
Coeff. Di Sicurezza	R/E	1,07

Stress and strain plane section Masonry



VERIFICA A FLESSIONE FUORI DEL PIANO EX-ANTE

Out of Plane Masonry capacity



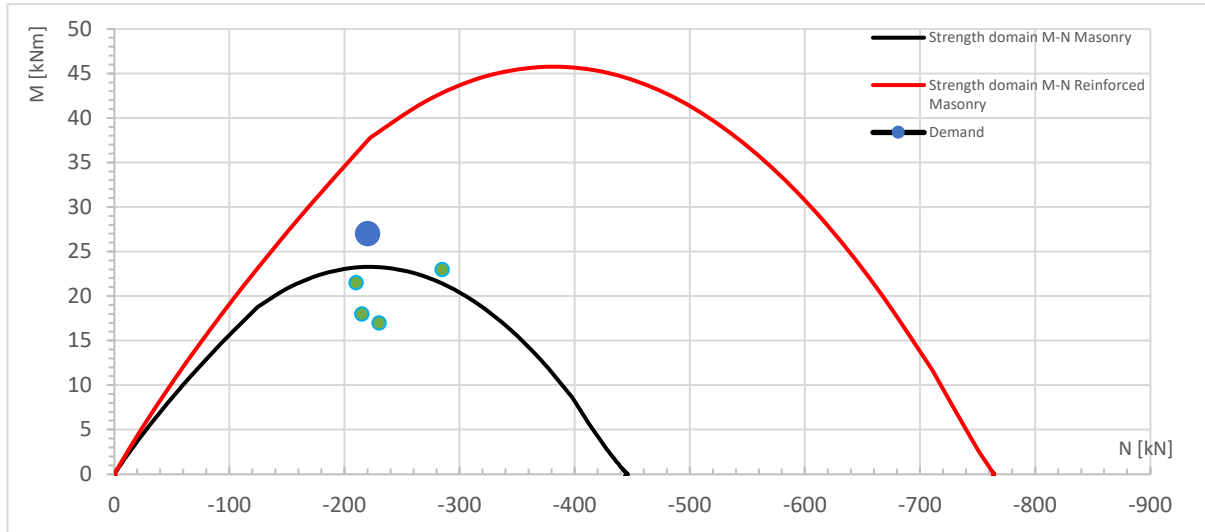
Campo di rottura:	<i>CAMPO 3</i>	
Posizione asse neutro	Y	188 mm
Def. Muratura lembo superiore (zona compressa)	ϵ_{m_sup}	-0,350%
Def. Muratura lembo inferiore	ϵ_{m_inf}	0,000%
Sforzo normale sollecitante	N_{ed}	220,00 kN
Momento sollecitante	M_{ed}	27,00 kNm
Momento Resistente sezione non rinforzata	M_{Rd}	23,29 kNm
Verifica a flessione fuori del piano per la sezione non rinforzata	ver NM out-pl	NON verificato EX-ANTE
Coeff. Di Sicurezza	R/E	0,86

Stress and strain plane section Masonry



VERIFICA A FLESSIONE FUORI DEL PIANO EX-POST

Out of Plane Masonry capacity



ULTERIORI COPPIE DI VERIFICHE GRAFICHE A SCELTA DELL'UTENTE

		N_{ED}	$M_{ED-OUT-PL}$
COMBINAZIONE PRINCIPALE PER LA VERIFICA ANALITICA	1	220,00 kN	27,00 kNm
COMBINAZIONI A SCELTA DELL'UTENTE	2	210,00 kN	21,50 kNm
COMBINAZIONI A SCELTA DELL'UTENTE	3	215,00 kN	18,00 kNm
COMBINAZIONI A SCELTA DELL'UTENTE	4	230,00 kN	17,00 kNm
COMBINAZIONI A SCELTA DELL'UTENTE	5	285,00 kN	23,00 kNm

Stress and strain plane section Masonry



Campo di rottura:	CAMPO 2B	
discesa asse neutro	Y	330 mm
Def. Muratura lembo superiore (zona compressa)	ϵ_{m_sup}	-0,348%
Def. Muratura lembo inferiore	ϵ_{m_inf}	0,000%
Sforzo normale sollecitante	N_{ed}	220,00 kN
Momento sollecitante	M_{ed}	27,00 kNm
Momento Resistente sezione rinforzata	M_{Rd}	37,50 kNm
Verifica a flessione fuori del piano per la sezione rinforzata	ver NM out-pl-reinf	verificato
Coeff. Di Sicurezza	R/E	1,39

VERIFICHE A TAGLIO

VERIFICA A TAGLIO NEL PIANO EX-ANTE

RESISTENZA A TAGLIO DIAGONALE EX-ANTE C8.7.1.16

$$V_t = l \cdot t \frac{1.5\tau_{0d}}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1.5\tau_{0d}}} = l \cdot t \frac{f_{td}}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_{td}}}$$

RESISTENZA A TAGLIO DIAGONALE EX-ANTE C8.7.1.16

Coeff. Correttivo legato alla distribuzione degli sforzi	b	1,5
Resistenza media a taglio della muratura	τ_{0d}	0,009 N/mm ²
Resistenza di calcolo per fessurazione diagonale	f_{td}	0,014 N/mm ²
Tensione media di compressione (su tutto il pannello)	$\sigma_{med,tot}$	0,233 N/mm ²
Tensione resistente a taglio per fessurazione diagonale	$\tau_{diag,d}$	0,039 N/mm ²
Sezione pannello	A	0,945 m ²
Resistenza a taglio per fessurazione diagonale C8.7.1.16	$V_{rd,diag}$	37,3 kN

RESISTENZA A TAGLIO SCORRIMENTO EX-ANTE C8.7.1.17 E C8.7.1.18

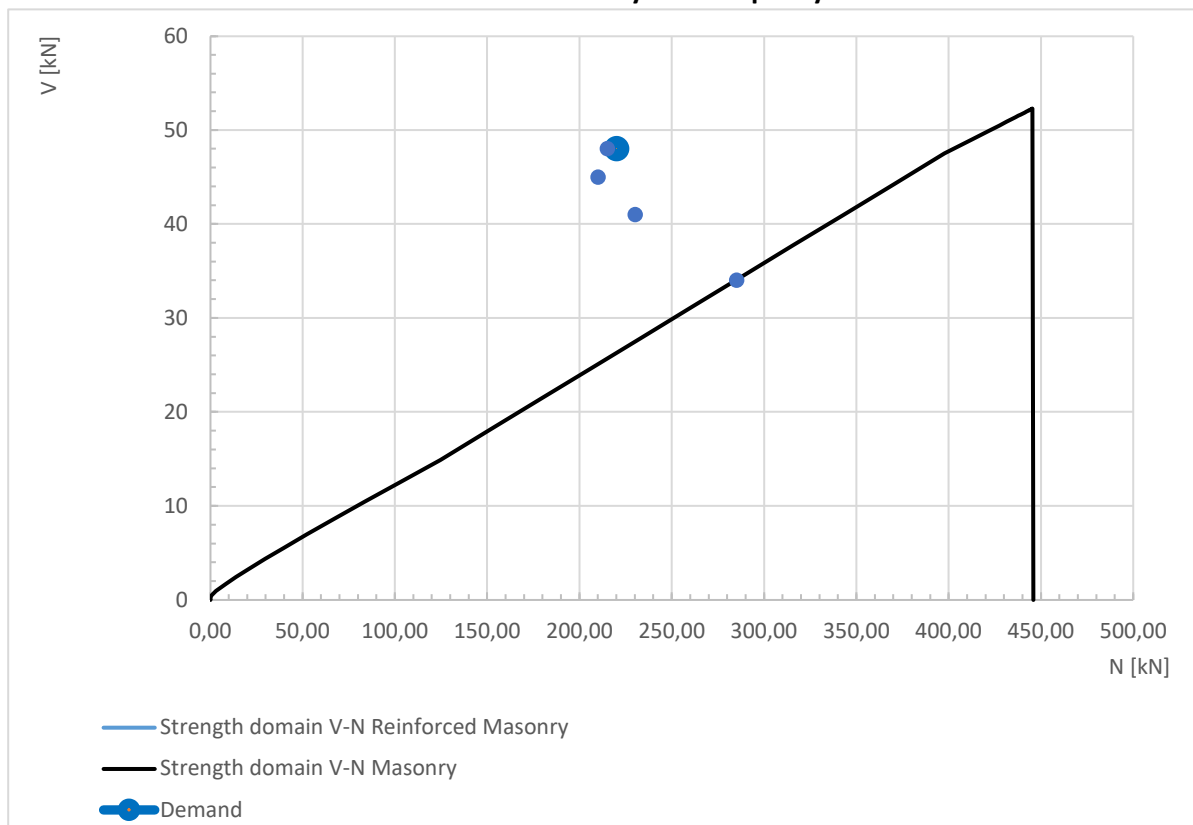
$$V_t = \frac{l t}{b} (\tilde{f}_{v0d} + \tilde{\mu}\sigma_0) = \frac{l t}{b} \left(\frac{f_{v0d}}{1 + \mu\phi} + \frac{\mu}{1 + \mu\phi} \sigma_0 \right) \leq V_{t,lim} \quad V_{t,lim} = \frac{lt}{b} \frac{f_{btd}}{2.3} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_{btd}}}$$

Per muratura con tessitura regolare

Coeff. Di attrito equivalente della muratura	$\tilde{\mu}$	0,200
Coeff. Di attrito della muratura (corr. Angolo di attrito di 30°)	μ	0,577
Resistenza a taglio equivalente della muratura in assenza di tensioni normali	\tilde{f}_{v0d}	0,008 N/mm ²
Tensione media di compressione (solo su parte compressa: L')	$\sigma_{med,comp}$	0,421 N/mm ²
Resistenza a taglio equivalente della muratura in presenza di tensioni normali	\tilde{f}_{vd}	0,050 N/mm ²
Coeff. Correttivo legato alla distribuzione degli sforzi	b	1,0
Resistenza a taglio scorrimento	$\frac{\tilde{f}_{vd}}{b} = \tau_{scor,d}$	0,050 N/mm ²
Lunghezza del lembo compresso di muratura	L'	1244 mm
Sezione compressa pannello murario	A_{comp}	0,523 m ²
Resistenza a taglio scorrimento C8.7.1.17 (*)	$V_{rd,scor}$	26,3 kN
Resistenza a trazione dei blocchi	f_{btd}	1,000 N/mm ²
Resistenza limite rottura a trazione dei blocchi	$\tau_{bloc,d}$	0,329 N/mm ²
Resistenza a taglio per rottura a trazione dei blocchi C8.7.1.18	$V_{rd,lim,scor}$	311,0 kN

VERIFICA A TAGLIO EX-ANTE C.8.7.1.16/C.8.7.1.17/C.8.7.1.18		
Taglio sollecitante	V_{ed}	48,0 kN
RESISTENZA A TAGLIO DELLA MURATURA MIN(C8.7.1.16;C8.7.1.17;C8.7.1.18)	V_{rd}	26,3 kN
Verifica capacità tagliante ex-ante	verifica	NON Verificato Ex-Ante
Coeff. Di Sicurezza	R/E	0,55

In-Plane Masonry shear capacity



VERIFICA A TAGLIO NEL PIANO EX-POST		
RESISTENZA A TAGLIO DIAGONALE EX-POST C8.7.1.16		
$V_t = l \cdot t \frac{1.5\tau_{0d}}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1.5\tau_{0d}}} = l \cdot t \frac{f_{td}}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_{td}}}$		

RESISTENZA A TAGLIO DIAGONALE EX-POST C8.7.1.16

Coeff. Correttivo legato alla distribuzione degli sforzi	b	1,5
Resistenza media a taglio della muratura	τ_{0d}	0,014 N/mm ²
Resistenza di calcolo per fessurazione diagonale	ftd	0,020 N/mm ²
Tensione media di compressione (su tutto il pannello)	$\sigma_{med,tot}$	0,204 N/mm ²
Tensione resistente a taglio per fessurazione diagonale	$\tau_{diag,d}$	0,046 N/mm ²
Sezione pannello	A	1,080 m ²
Resistenza a taglio per fessurazione diagonale C8.7.1.16	$V_{rd,diag}$	49,8 kN

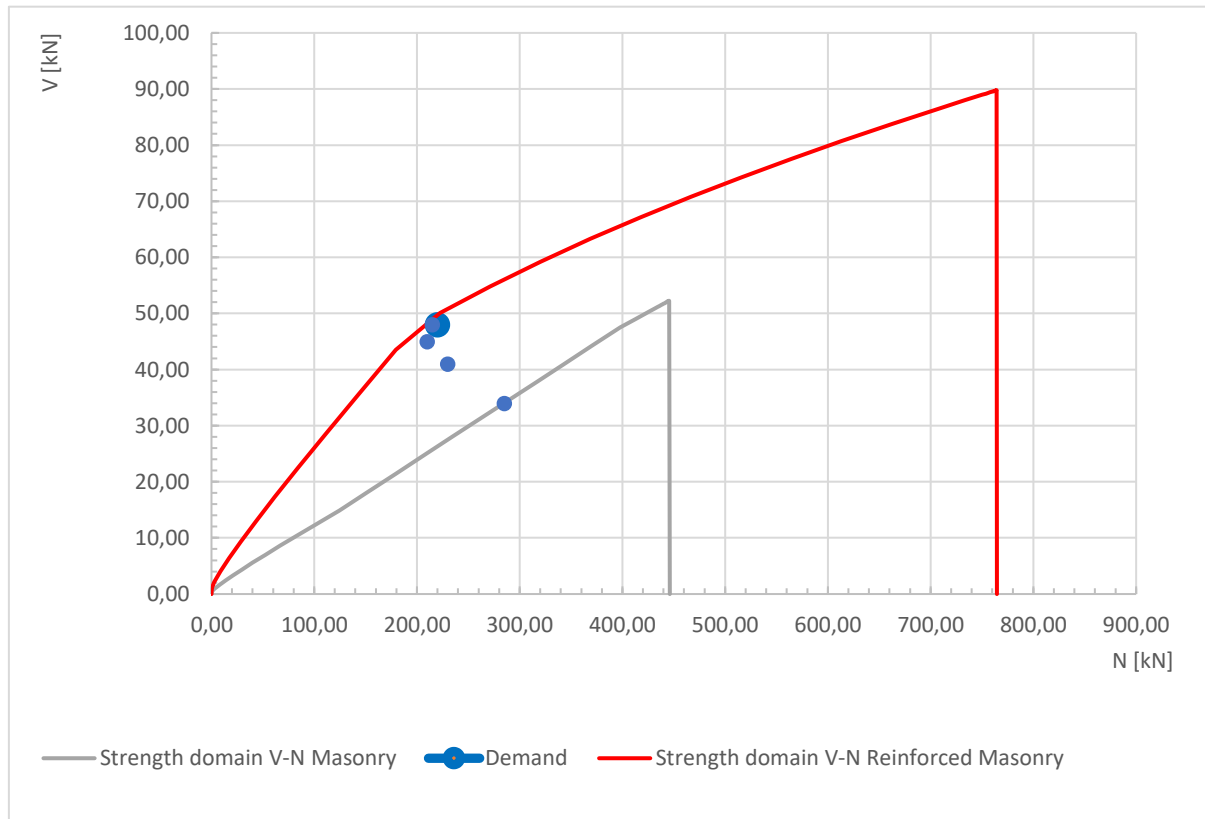
RESISTENZA A TAGLIO SCORRIMENTO EX-POST C8.7.1.17 E C8.7.1.18		
$V_t = \frac{l t}{b} (\tilde{f}_{v0d} + \tilde{\mu}\sigma_0) = \frac{l t}{b} \left(\frac{f_{v0d}}{1 + \mu\phi} + \frac{\mu}{1 + \mu\phi} \sigma_0 \right) \leq V_{t,lim} \quad V_{t,lim} = \frac{l t}{b} \frac{f_{btd}}{2.3} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_{btd}}}$		

Per muratura con tessitura regolare

Coeff. Di attrito equivalente della muratura	$\tilde{\mu}$	0,400
Coeff. Di attrito della muratura (corr. Angolo di attrito di 30°)	μ	0,577
Resistenza a taglio equivalente della muratura in assenza di tensioni normali	\tilde{f}_{v0d}	0,025 N/mm ²
Tensione media di compressione (solo su parte compressa: L')	$\sigma_{med,comp}$	0,653 N/mm ²
Resistenza a taglio equivalente della muratura in presenza di tensioni normali	\tilde{f}_{vd}	0,155 N/mm ²
Coeff. Correttivo legato alla distribuzione degli sforzi	b	1,0
Resistenza a taglio scorrimento	$\frac{\tilde{f}_{vd}}{b} = \tau_{scor,d}$	0,155 N/mm ²
Lunghezza del lembo compresso di muratura	L'	701 mm
Sezione compressa pannello murario	A_{comp}	0,337 m ²
Resistenza a taglio scorrimento C8.7.1.17 (*)	$V_{rd,scor}$	52,3 kN
Resistenza a trazione dei blocchi	f_{btd}	1,000 N/mm ²
Resistenza limite rottura a trazione dei blocchi	$\tau_{bloc,d}$	0,325 N/mm ²
Resistenza a taglio per rottura a trazione dei blocchi C8.7.1.18	$V_{rd,lim,scor}$	351,3 kN

VERIFICA A TAGLIO EX-POST C.8.7.1.16/C.8.7.1.17/C.8.7.1.18		
Taglio sollecitante	V_{ed}	48,0 kN
RESISTENZA A TAGLIO DELLA MURATURA MIN(C8.7.1.16;C8.7.1.17;C8.7.1.18)	V_{rd}	49,8 kN
Verifica capacità tagliante ex-ante	verifica	verificato
Coeff. Di Sicurezza	R/E	1,04

In-Plane Masonry shear capacity



VERIFICA A TAGLIO SCORRIMENTO FUORI PIANO EX-ANTE		
$V_{Rd,m} = 1 \cdot \gamma_n \cdot f_{vd}$		
Coeff. Di attrito della muratura	$\tilde{\mu}$	0,2
Coeff. Di attrito della muratura (corr. Angolo di attrito di 30°)	μ	0,577
Tensione media di compressione (solo su parte compressa: L')	$\sigma_{med,comp}$	0,421 N/mm ²
tensione tangenziale resistente della muratura in presenza di compressione	f_{vd}	0,050 N/mm ²
Lunghezza del lembo compresso di muratura	L'	232 mm
Taglio sollecitante fuori del piano	V_{ed}	25,0 kN
Resistenza a taglio scorrimento C8.7.1.17	V_{rd}	26,3 kN
Verifica capacità tagliante ex-ante	verifica	verificato
Coeff. Di Sicurezza	R/E	1,05

VERIFICA A TAGLIO SCORRIMENTO FUORI PIANO EX-POST		
$V_{Rd,m} = 1 \cdot y_n \cdot f_{vd}$		
Coeff. Di attrito della muratura	$\tilde{\mu}$	0,4
Coeff. Di attrito della muratura (corr. Angolo di attrito di 30°)	μ	0,577
Tensione media di compressione (solo su parte compressa: L')	$\sigma_{med,comp}$	0,653 N/mm ²
tensione tangenziale resistente della muratura in presenza di compressione	0	0,155 N/mm ²
Lunghezza del lembo compresso di muratura	L'	150 mm
Taglio sollecitante fuori del piano	V_{ed}	25,0 kN
Resistenza a taglio scorrimento C8.7.1.17	V_{rd}	52,3 kN
Verifica capacità tagliante ex-ante	verifica	verificato
Coeff. Di Sicurezza	R/E	2,09

VERIFICHE A COMPRESSIONE SEMPLICE

VERIFICA A COMPRESSIONE SEMPLICE EX-ANTE		
Peso Pannello murario	W	56,1 kN
Tensione media di compressione	σ_{med}	-0,233 N/mm ²
Resistenza di calcolo, a compressione della muratura	f_{md}	0,472 N/mm ²
Sforzo normale sollecitante	N_{ed}	220,0 kN
Capacità assiale (da dominio M-N)	N_{Rd}	445,9 kN
Verifica di capacità assiale	verifica	verificato
Coeff. Di Sicurezza	R/E	2,03

VERIFICA A COMPRESSIONE SEMPLICE EX-POST		
Peso Pannello murario	W	64,2 kN
Tensione media di compressione	σ_{med}	-0,204 N/mm ²
Resistenza di calcolo, a compressione della muratura	f_{md}	0,708 N/mm ²
Sforzo normale sollecitante	N_{ed}	220,0 kN
Capacità assiale (da dominio M-N)	N_{Rd}	764,4 kN
Verifica di capacità assiale	verifica	verificato
Coeff. Di Sicurezza	R/E	3,47