



PROGETTO ESECUTIVO

00	05/10/2019	EMISSIONE PER PROGETTO ESECUTIVO	SP	IV
<i>revisione</i>	<i>data</i>	<i>oggetto</i>	<i>dis.</i>	<i>contr.</i>

progetto

**INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA PRESTAZIONE
STRUTTURALE DEL POLO DELL'INFANZIA DI BUSCOLDI**
DETERMINA DI APPROVAZIONE DEL PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA O ESTREMI
delibera n.126 del 24.08.2015

CUP H61E16000300004

<i>committente</i>	Comune di Curtatone	il Tecnico ing. Ugo Ziggiotto 
<i>località</i>	Via G. Maggiolini, 10 - 46010 - Buscoldo	
<i>elaborato</i>	RELAZIONE SUI MATERIALI	
<i>n° tavola</i>	Sese_02	
<i>file</i>	RELAZIONE SUI MATERIALI.doc	

UGO ZIGGIOTTO ingegnere

Via Modigliani, 5 - 46010 MONTANARA DI CURTATONE (MN)

INDICE

INDICE	1
1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
2. MATERIALI.....	2
2.1. DEFINIZIONE CAMPAGNA DI INDAGINI.....	4
2.2. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI	7
2.2.1. CALCESTRUZZO IN SITO	7
Metodo Linee guida	9
2.2.2. ACCIAIO PER C.A.....	14
2.3. ELEMENTI DI PROGETTO	15
3. VALORI DI CALCOLO.....	16
4. DURABILITA' E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI.....	19
5. COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE.....	20

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

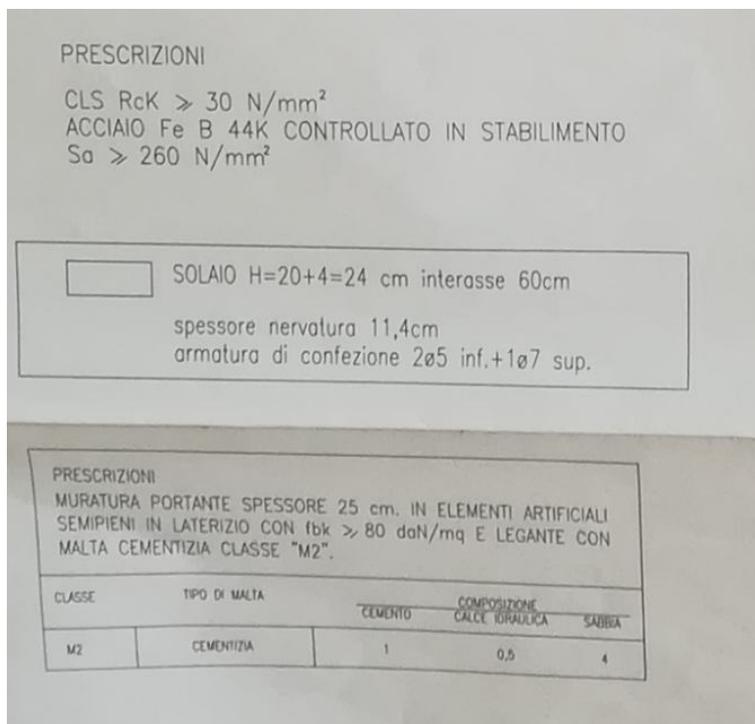
La normativa di riferimento per il calcolo, dimensionamento e verifica delle strutture è la seguente:

[1] D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento norme tecniche per le costruzioni".

[2] Circolare 21/01/2019, n. 7: Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018".

2. MATERIALI

Relativamente ai materiali esistenti, sugli elaborati grafici sono riportate le specifiche di progetto:



Conseguentemente, ai fini del calcolo dell'esistente, si è considerato:

- Calcestruzzo per strutture di fondazione (travi di fondazione):

- Calcestruzzo Classe C25/30;
- Classe di consistenza S4;
- Diametro max inerte = 30 mm;
- Rapporto a/c max = 0.60
- Classe di esposizione ambientale XC2

- Calcestruzzo per strutture di elevazione in opera:
 - Calcestruzzo Classe C25/30;
 - Classe di consistenza S5;
 - Diametro max inerte = 20 mm;
 - Rapporto a/c max = 0.60
 - Classe di esposizione ambientale XC1

- Acciaio per c.a. in opera:
 - Classe FeB44k;

Per questi materiali, esistenti, si è considerato un livello di conoscenza intermedio, in considerazione del fatto che sono disponibili i dati di progetto originali,

Tabella C8A.1.2 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1		Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate</i> prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure estese verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in-situ oppure estese prove in-situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure esaustive verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esaustive prove in-situ	Tutti	1.00

Poiché si prevedeva già, in sede di progettazione definitiva, di eseguire le prove dirette in situ previste dalla normativa al fine quanto meno dell'acquisizione del livello di conoscenza intermedio LC2, in progetto definitivo, ai fini del calcolo della struttura esistente, si era considerato già un fattore di confidenza $FC=1.20$.

Tale considerazione viene ampliata ora in fase di progetto esecutivo, con i risultati delle prove effettivamente eseguite (e descritte nella relazione sui materiali).

2.1. Definizione campagna di indagini

Sulla base delle informazioni recuperate in fase di progettazione definitiva, è stata valutata la necessità di eseguire una serie di saggi esplorativi e prove sui materiali, volti ad incrementare/confermare il livello di conoscenza precedentemente descritto come "intermedio".

A tal fine è stata condotta pianificata la seguente campagna di indagini:

1. Prelievo barre di armatura da pilastri: n° 1 prelievo
2. Prove di durezza Vickers in sito, per la stima della resistenza a trazione dell'armatura verticale dei pilastri: n° 4 prove

3. Rilievi pacometrici dei ferri di armatura nei pilastri: n° 11 prove
4. Prelievo di carote di calcestruzzo e rottura per la determinazione della resistenza a compressione dei campioni: n° 10 prelievi

Rimandando al rapporto di prova per le specifiche relative alle varie prove, si riportano in questa sede i risultati principali in termini di resistenza stimata a compressione del calcestruzzo e a trazione dell'acciaio di armatura.

Relativamente ai risultati in termini di resistenza a compressione delle carote di calcestruzzo:

SEZIONE CALCESTRUZZI							
PROT. N. 82B/19							
Verbale di accettazione N. 486B/18 del 28/12/2018 Mantova, 06/02/19							
RAPPORTO DI PROVA							
<small>Soggetto consegnatario:</small>							
RICHIEDENTE	: CITTA' DI CURTATONE						
INDIRIZZO	: PIAZZA CORTE SPAGNOLA, 3 - MONTANARA DI CURTATONE (MN)						
NATURA DEI CAMPIONI	: Carote in calcestruzzo prelevate da struttura in opera da personale L.T.M.						
PROVA RICHIESTA	: Resistenza alla compressione - UNI EN 12390/3						
CANTIERE DI PROVENIENZA	: Indagini strutturali preliminari alla progettazione esecutiva degli "Interventi di potenziamento della prestazione strutturale della scuola dell'infanzia e nido di Buscoldo"						
Determinazione della resistenza a compressione secondo UNI EN 12390/3							
RISULTATI DELLE PROVE							
N	Contrassegno provini	Dimensioni diametro x altezza (mm)	Rapp. H/Ø	Massa Volumica (Kg/m ³)	Resistenza Max. Unit. (Mpa)* f _c	Data di prelievo	Data prova
1	C1-Pilastro interno aula sx	99 x 100	1,01	2288	19,8	03/01/2019	08/01/2019
2	C2-Pilastro perim lato int.	99 x 99	1,00	2296	20,0	03/01/2019	08/01/2019
3	C3-Pilastro salone interno	99 x 99	1,00	2332	20,6	03/01/2019	08/01/2019
4	C4-Pilastro interno aula dx	99 x 100	1,01	2354	30,0	03/01/2019	08/01/2019
5	C5-Pilastro sx ingresso salone int.	99 x 99	1,00	2354	25,7	03/01/2019	08/01/2019
6	C6-Pilastro dx ingresso salone int.	99 x 98	0,99	2385	27,7	03/01/2019	08/01/2019
7	C7-Pilastro int.zona lettini	99 x 98	0,99	2272	18,9	03/01/2019	08/01/2019
8	C8-Pilastro int. zona nido	99 x 99	1,00	2319	24,2	03/01/2019	08/01/2019
9	C9-Pilastro esterno scuola infanzia	99 x 98	0,99	2276	17,8	03/01/2019	08/01/2019
10	C10-Pilastro esterno zona ingresso	99 x 98	0,99	2271	19,3	03/01/2019	08/01/2019
<small>(*) 1 MPa = 1N/mm² = 10,2 Kg/cm² Prove eseguite secondo la normativa UNI EN 12390/3 Attrezzatura utilizzata: Pressa idraulica motorizzata "CONTROLS" da 3000 kN - mod. C50/51 - matricola 96113675 - Data ultima taratura: 16/05/18</small>							
OSSERVAZIONI :							
Le facce di carico dei provini sono state preventivamente sottoposte a rettificazione meccanica con mola diamantata.							
Tipo di rottura soddisfacente.							
Verbale di prelievo n.1 LTM del 03/01/19							
<small>Il presente rapporto di prova non è riproducibile, neppure parzialmente, senza autorizzazione scritta del Laboratorio. Gli esiti in esso contenuti si riferiscono ai campioni sottoposti a prova</small>							
Il Tecnico Sperimentatore Fedrazzoni geom. Alessandro				Il Direttore del Laboratorio dott. ing. Giuliano Ferrari			

Figura 1: rapporto di prova n. 82B/19 del 06/02/2019

In merito all'interpretazione dei dati si rimanda al paragrafo successivo.

Relativamente all'acciaio d'armatura, la prova di trazione eseguita su campione prelevato in cantiere ha prodotto il seguente risultato:

SEZIONE ACCIAI

PROT. N. 83B/19

Verbale di accettazione N. 486B/18 del 28/12/18

Mantova, 06/02/19

RAPPORTO DI PROVE A TRAZIONE

COMMITTENTE	: CITTA' DI CURTATONE
INDIRIZZO	: PIAZZA CORTE SPAGNOLA, 3 - MONTANARA DI
NATURA DEI CAMPIONI	: N°1 spezzone di tondo nervato prelevato in opera da personale LTM
PROVENIENZA CAMPIONI	: Indagini strutturali preliminari alla progettazione esecutiva degli "Interventi di potenziamento della prestazione strutturale della scuola dell'infanzia e nido di Buscoldo"

RISULTATI DELLE PROVE A TRAZIONE

N° identificativo L.T.M	Contrassegno	Ø nominale effettivo (mm)	Sezione effettiva S _o (mm ²)	Tensione di snervamento f _y (MPa)*	Tensione di rottura f _t (MPa)*	A _{g1} (%)	Data di prova
1	F1-armatura verticale Pilastro esterno	12	113,0	500,5	608,7	10,7	07/01/19

(*) 1 Mpa = 1N/mmq = 10.2 Kg/cmq

Prove eseguite secondo le normative UNI EN 15630/1 - UNI EN ISO 6892/1

Attrezzatura utilizzata: Pressa idraulica motorizzata "METROCOM" da 600 kN - mod. UI 60 C - Matricola 7399 - Data ultima taratura: 16/05/18

OSSERVAZIONI: Nessun marchio di ferriera rilevato

Verbale di prelievo n.1 LTM del 28/12/18

Il presente rapporto di prova non è riproducibile neppure parzialmente, senza autorizzazione scritta del Laboratorio. Gli esiti in esso contenuti si riferiscono ai soli campioni sottoposti a prova.

Il Tecnico Sperimentatore
Gozzi L.i.m. Fabio



Il Direttore del Laboratorio
dott. ing. Giuliano Ferrari

Figura 2: rapporto di prova n. 83B/19 del 06/02/2019

Mentre le prove non distruttive hanno indicato quanto segue:

SEZIONE ACCIAI

PROT.N. 84B/19

Verbale di accettazione N. 486B/18 del 28/12/18

Mantova, 06/02/19

RAPPORTO DI PROVA

Dati dichiarati dal committente

COMMITTENTE : CITTA' DI CURTATONE
INDIRIZZO : PIAZZA CORTE SPAGNOLA, 3 - MONTANARA DI CURTATONE (MN)
NATURA DEI CAMPIONI : N° 4 Ferri di armatura
PROVA RICHIESTA : Prova di durezza Vickers in situ (UNI EN ISO 6507/1)
LUOGO DI PROVA : Indagini strutturali preliminari alla progettazione esecutiva degli "Interventi di potenziamento della prestazione strutturale della scuola dell'infanzia e nido di Buscoldo"

RISULTATI DELLE PROVE

- Prova di durezza Vickers in situ (UNI EN ISO 6507/1)

N°	Punto d'indagine Contrassegno elemento	Durezza Vickers HV 30			HV Media	Resistenza a trazione (da tabella di conversione ASTM A370) N/mm ²
1	Pilastro C2- armatura verticale diam.12 mm	169	159	172	167	568
2	Pilastro C3- armatura verticale diam.12 mm	168	158	170	165	565
3	Pilastro C10- armatura verticale diam.12 mm	171	152	151	158	548
4	Pilastro ext. *- armatura verticale diam.12 mm	156	178	170	168	569

Attrezzatura utilizzata: Durometro portatile "PCE" - modello PCE-1000 - matricola E17121115 - Data ultima tarat.:05/04/18

NOTE: * Le prove di durezza sono state effettuate sulla barra prelevata in opera, prima della prova di trazione

Le prove sono state effettuate in data 28/12/18

Il presente rapporto di prova non è riproducibile, neppure parzialmente, senza autorizzazione scritta del Laboratorio.
Gli esiti in esso contenuti si riferiscono ai soli campioni sottoposti a prova.

Il Tecnico Sperimentatore
t.i.m. Fabio Gozzi



Il Direttore del Laboratorio
dott. ing. Giuliano Ferrari

Figura 3: rapporto di prova n. 84B/19 del 06/02/2019

2.2. Caratterizzazione dei materiali

In questo capitolo si riportano i risultati delle prove distruttive (carote di calcestruzzo e barre di armatura) condotte sul fabbricato, ed all'interpretazione dei risultati al fine di ottenere i valori di calcolo da utilizzare nelle successive analisi numeriche.

2.2.1. Calcestruzzo in situ

In totale sono stati prelevati n. 10 campioni di calcestruzzo mediante carotatura in opera dei vari elementi.

Tutte le carote presentano un diametro di circa 100mm, e rapporto H/D ~ 1.00. La figura seguente mostra i risultati ottenuti nelle prove di compressione delle carote prelevate.

SEZIONE CALCESTRUZZI							
PROT. N. 82B/19 Verbale di accettazione N. 486B/18 del 28/12/2018 Mantova, 06/02/19							
RAPPORTO DI PROVA							
Soggetto consegnatario: RICHIEDENTE : CITTA' DI CURTATONE INDIRIZZO : PIAZZA CORTE SPAGNOLA, 3 - MONTANARA DI CURTATONE (MN) NATURA DEI CAMPIONI : Carote in calcestruzzo prelevate da struttura in opera da personale L.T.M. PROVA RICHIESTA : Resistenza alla compressione - UNI EN 12390/3 CANTIERE DI PROVENIENZA : Indagini strutturali preliminari alla progettazione esecutiva degli "Interventi di potenziamento della prestazione strutturale della scuola dell'infanzia e nido di Buscoldo"							
Determinazione della resistenza a compressione secondo UNI EN 12390/3							
RISULTATI DELLE PROVE							
N	Contrassegno provini	Dimensioni diametro x altezza (mm)	Rapp. H/Ø	Massa Volumica (Kg/m ³)	Resistenza Max. Unit. (Mpa)* f _c	Data di prelievo	Data prova
1	C1-Pilastro interno aula sx	99 x 100	1,01	2288	19,8	03/01/2019	08/01/2019
2	C2-Pilastro perim.lato int.	99 x 99	1,00	2296	20,0	03/01/2019	08/01/2019
3	C3-Pilastro salone interno	99 x 99	1,00	2332	20,6	03/01/2019	08/01/2019
4	C4-Pilastro interno aula dx	99 x 100	1,01	2354	30,0	03/01/2019	08/01/2019
5	C5-Pilastro sx ingresso salone int.	99 x 99	1,00	2354	25,7	03/01/2019	08/01/2019
6	C6-Pilastro dx ingresso salone int.	99 x 98	0,99	2385	27,7	03/01/2019	08/01/2019
7	C7-Pilastro int.zona lettini	99 x 98	0,99	2272	18,9	03/01/2019	08/01/2019
8	C8-Pilastro int. zona nido	99 x 99	1,00	2319	24,2	03/01/2019	08/01/2019
9	C9-Pilastro esterno scuola infanzia	99 x 98	0,99	2276	17,8	03/01/2019	08/01/2019
10	C10-Pilastro esterno zona ingresso	99 x 98	0,99	2271	19,3	03/01/2019	08/01/2019
(*) 1 MPa = 1N/mm ² = 10,2 Kg/cm ² Prove eseguite secondo la normativa UNI EN 12390/3 Attrezzatura utilizzata: Pressa idraulica motorizzata "CONTROLS" da 3000 kN - mod. C50/51 - matricola 96113675 - Data ultima taratura: 16/05/18							
OSSERVAZIONI : Le facce di carico dei provini sono state preventivamente sottoposte a rettificazione meccanica con mola diamantata. Tipo di rottura soddisfacente. Verbale di prelievo n.1 LTM del 03/01/19							
Il presente rapporto di prova non è riproducibile, neppure parzialmente, senza autorizzazione scritta del Laboratorio. Gli esiti in esso contenuti si riferiscono ai campioni sottoposti a prova							
Il Tecnico Sperimentatore Fedrazzoni geom. Alessandro				Il Direttore del Laboratorio dott. ing. Giuliano Ferrari			

Appare immediatamente evidente che i risultati delle prove indicano una certa variabilità della qualità del calcestruzzo.

La problematica è ora rapportare la prova di resistenza effettuata su campione cilindrico a resistenza a compressione cubica.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni prevedono esplicitamente la possibilità di stimare la resistenza in situ delle caratteristiche dei calcestruzzi in caso di valutazione della sicurezza di edifici esistenti.

Data la dispersione dei valori trovati , la determinazione del un valore di Rck a partire dai risultati delle prove, viene ricercato attraverso vari metodi , per poi esprimere un giudizio critico sul valore più plausibile.

Sono disponibili in letteratura vari metodi di correlazione, si procederà con il metodo indicato nel documento tecnico “Linee guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera” – CSLPP – settembre 2017.

Metodo Linee guida

Poiché il rapporto H/D delle carote è prossimo all'unità, il valore corretto con il fattore di disturbo Fd, rappresenta già il valore di resistenza a compressione cubico.

$f_{carota} * F_d = R_{c, is}$	nel caso di provini ottenuti da carote con rapporto h/d=1
$f_{carota} * F_d = f_{c, is}$	nel caso di provini ottenuti da carote con rapporto h/d=2

Per ogni carota quindi viene determinato il valore del fattore di disturbo, secondo la tabella riportata nel documento di riferimento:

Tabella del fattore di disturbo in funzione della resistenza a compressione delle carote (h/d=1; d=100 mm)

f_{carota} [N/mm ²]	10	20	25	30	35	40
F _d	1.10	1.09	1.08	1.06	1.04	1.00

Chiaramente le operazioni di estrazione della carota producono un disturbo che in parte viene compensato con il coefficiente di cui sopra. Tuttavia la norma indica anche che la resistenza in sito risulta normalmente inferiore a quella di provini cubici correttamente confezionati all'atto del getto e maturati in condizioni controllate. Pertanto si può assumere che la resistenza strutturale in sito sia non inferiore a 0,85 volte la resistenza potenziale del calcestruzzo in opera. Ciò equivale a dire che se il calcestruzzo ha una resistenza di calcolo, ad esempio, pari a Rck = 250 kg/cmq, la resistenza valutata in sito è ammissibile sino al limite di Rc, is = 0.85*250 = 212.5 kg/cmq.

In sintesi, in termini concettuali il confronto fra resistenza strutturale e resistenza potenziale risulta positivo se:

$$R_{c, is} \geq 0,85 R_c \quad \text{oppure} \quad f_{c, is} \geq 0,85 f_c$$

Sulla base di quanto sopra descritto, una volta determinato il valore della resistenza strutturale di ciascuna carota, si deve pervenire alla stima del valore della **resistenza caratteristica strutturale in situ** complessiva, che può essere direttamente confrontata con la resistenza caratteristica di progetto. In tal caso il criterio di conformità che deve essere applicato, come già detto, con riferimento a quanto contenuto nelle *Norme tecniche per le costruzioni* par.11.2.6 è rappresentato dalla disuguaglianza:

$$R_{ck, is} \geq 0,85 R_{ck} \quad \text{oppure} \quad f_{ck, is} \geq 0,85 f_{ck}$$

Tuttavia poiché l'assunzione di cui sopra risulterebbe a sfavore di sicurezza, dovendosi valutare la resistenza in sito di un calcestruzzo di un fabbricato esistente, non si applicherà l'indicazione di cui sopra, ma semplicemente si valuterà il valore della resistenza media in sito.

La norma prosegue indicando come determinare la resistenza caratteristica in sito.

Occorre premettere comunque che, ai fini dei calcoli successivi, il parametro di interesse è in realtà la resistenza a compressione media, in quanto tale valore è quello di riferimento per la modellazione e verifica degli elementi in c.a.. Si tratterà l'argomento nel seguito.

Tornando alla definizione della resistenza caratteristica, la norma prevede, per una numerosità di campioni compreso tra 4 e 14, la seguente formulazione:

b) numero delle carote compreso tra 4 e 14

la resistenza cilindrica (cubica) caratteristica in sito $f_{ck, is}$ ($R_{ck, is}$) è il valore inferiore tra:

$$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k$$

$$f_{ck, is} = f_{is, lowest} + 4$$

dove:

$k = 5$ per n (numerosità dei campioni prelevati) compreso tra 10 e 14

$k = 6$ per n compreso tra 7 e 9

$k = 7$ per n compreso tra 4 e 6 (caso da prendere in considerazione solo per opere di particolare semplicità).

A questo punto occorre fare una valutazione relativamente alla numerosità dei campioni disponibili, considerando che sono stati prelevati n. 10 carote totali.

A tale scopo è stato prodotto un foglio di calcolo al fine di rappresentare i risultati ottenuti.

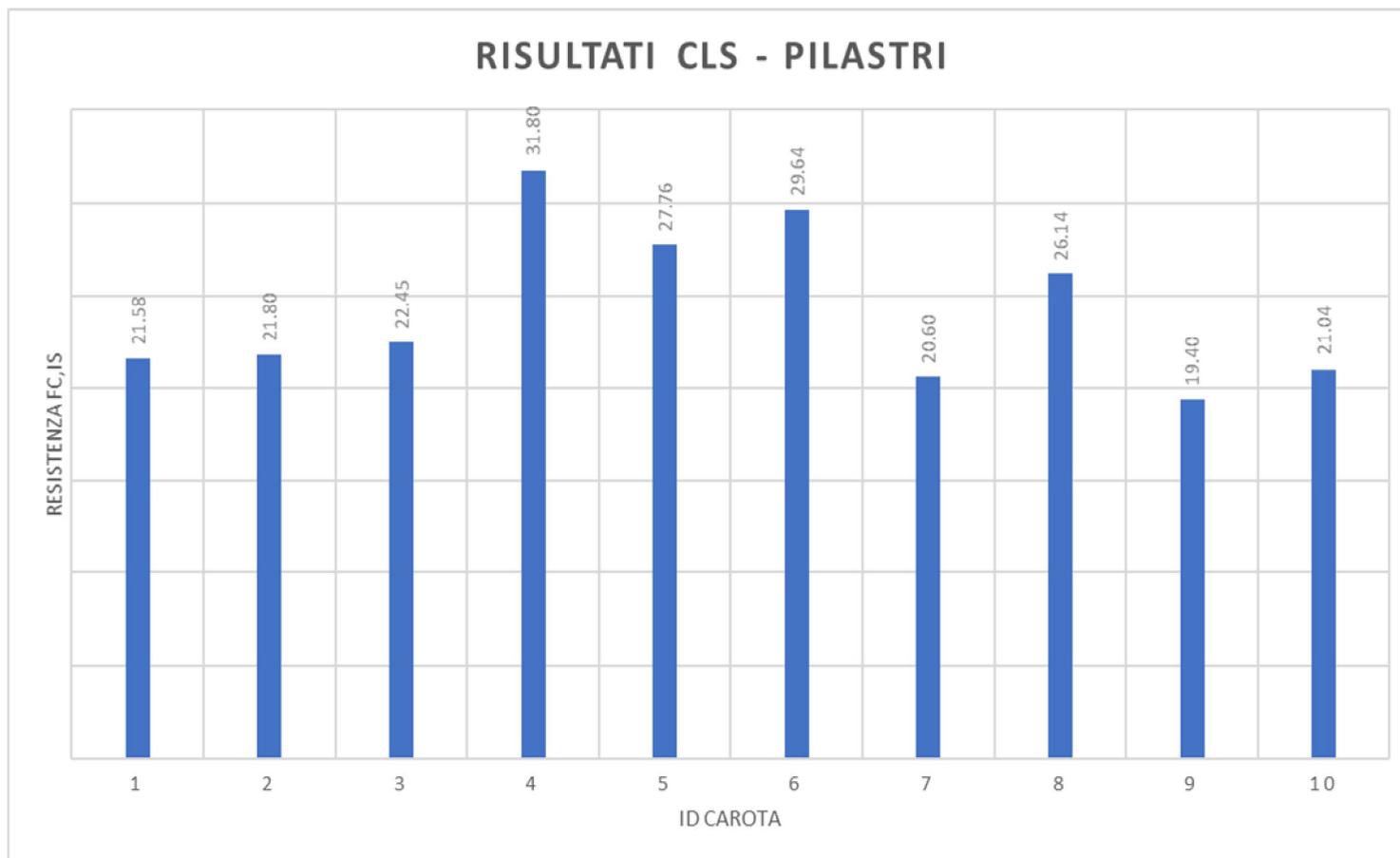


Figura 5: rappresentazione grafica valori unitari carote

Il valore della resistenza media in sito è ottenuta dal valore caratteristico, sommando 8Mpa, come indicano le NTC2018. Il valore determinato è quindi pari a 27.22 Mpa, utilizzato per le verifiche strutturali che seguiranno.

In conclusione quindi i parametri di calcolo medi assunti per le analisi numeriche seguenti, relativamente al calcestruzzo, sono i seguenti:

CALCESTRUZZO IN SITO

Resistenza media a compressione $f_{cm, is} = 27.2$ MPa

I vari parametri di calcolo sono i seguenti:

Rck	27.22	[N/mm ²]
fck	22.59	[N/mm ²]
fcd	12.80	[N/mm ²]
sigma c	13.56	[N/mm ²]
fctm	2.40	[N/mm ²]
fctm	2.88	[N/mm ²]
fctk	1.68	[N/mm ²]
fbd ader	2.52	[N/mm ²]
fctd	1.12	[N/mm ²]
sigma c	13.56	[N/mm ²]
sigma c	10.17	[N/mm ²]
fcm	30.59	[N/mm ²]
E =	30768.59	[N/mm ²]

Tralasciando i valori caratteristici, i dati di interesse sono la resistenza media a compressione, il modulo elastico ed il valore medio della resistenza a trazione per flessione.

Si ritiene comunque di avere raggiunto un livello di conoscenza intermedio, LC2, cui compete l'assunzione di un fattore di confidenza pari a $FC=1.20$.

2.2.2. Acciaio per c.a.

L'acciaio impiegato per la realizzazione dell'opera, dai progetti originali, risulta essere qualificato come segue:

- Struttura originale primo impianto: Acciaio FeB44

I risultati delle prove condotte in questa fase sono riportati nell'immagine seguente:

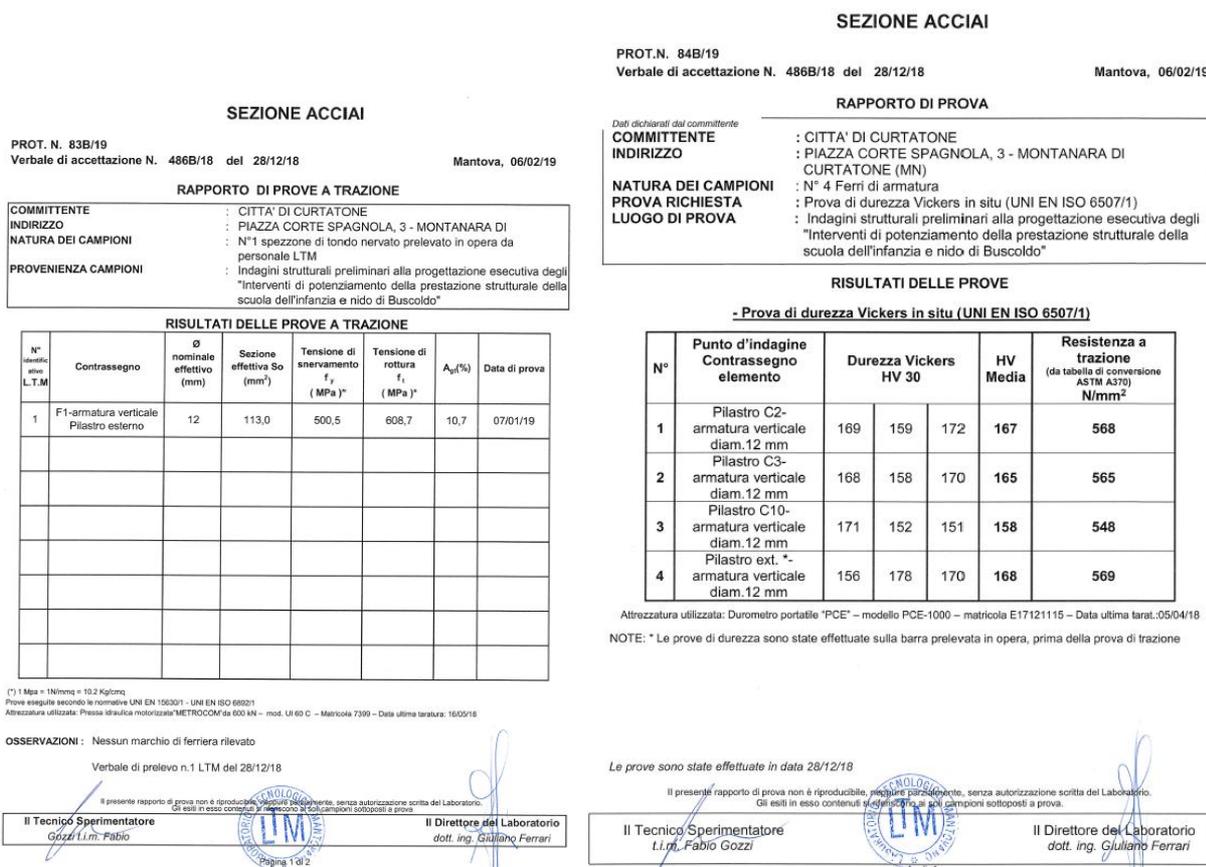


Figura 6: risultati prove su barre di armatura

Le prove condotte, sia di tipo distruttivo che non distruttivo, mostrano risultati in accordo tra loro, e forniscono un valore medio della resistenza a snervamento superiore a 500 MPa.

Si ritiene che i valori indicati dalle prove siano tali da poter considerare i valori di calcolo teorici di acciaio tipo FeB44, pertanto:

- $f_y = 450 \text{ N/mm}^2$
- $f_t = 540 \text{ N/mm}^2$

Per l'acciaio da c.a., visti i risultati delle prove, vista la presenza delle indicazioni progettuali originali coincidenti con i risultati delle prove, si ritiene di potere ragionevolmente assumere un livello di conoscenza elevato, pari a LC3, cui compete un fattore di confidenza pari a $FC=1.00$.

2.3. Elementi di progetto

I materiali di progetto impiegati nel calcolo dell'intervento di rinforzo sono riassumibili come segue.

- Calcestruzzo per strutture di fondazione (travi di fondazione):
 - Calcestruzzo Classe C25/30;
 - Classe di consistenza S4;
 - Diametro max inerte = 30 mm;
 - Rapporto a/c max = 0.60
 - Classe di esposizione ambientale XC2

- Calcestruzzo per strutture di elevazione in opera (setti di controventamento):
 - Calcestruzzo Classe C32/40;
 - Classe di consistenza S5;
 - Diametro max inerte = 20 mm;
 - Rapporto a/c max = 0.50
 - Classe di esposizione ambientale XC4

- Acciaio per c.a. in opera:
 - Classe B450C;
 - Controllato, saldabile, conforme alle specifiche del D.M. 17.01.2018 "Nome tecniche per le costruzioni";

- Acciaio per piastrame:
 - Classe S275J0 – UNI EN 10025;

- Acciaio per tubolari:
 - Classe S275J0 H – UNI EN 10210;
- Barre filettate e bulloni:
 - Classe 8.8
- Acciaio per tubolari micropali:
 - Classe S355J0 H – UNI EN 10210;

3. VALORI DI CALCOLO

Nel seguito sono riepilogati i valori di calcolo delle caratteristiche dei materiali utilizzati per la realizzazione della struttura, con riferimento agli elementi di progetto, precisando che la scelta del calcestruzzo è legata alla durabilità più che alla resistenza.

- **Calcestruzzo strutture di fondazione:**

- Classe di resistenza C25/30
- Classe di esposizione XC2;

Resistenza a compressione (cilindrica)→	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione→	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 14.11 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione elastica→	$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 14.94 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media→	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione →	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.79 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo→	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.19 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione (comb. Rara)→	$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 14.94 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione (comb. QP)→	$\sigma_c = 0.45 \cdot f_{ck} = 11.21 \text{ N/mm}^2$

- **Calcestruzzo strutture di elevazione:**

- Classe di resistenza C32/40
- Classe di esposizione XC4;

Resistenza a compressione (cilindrica)→	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 33.20 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione→	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 18.81 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione elastica→	$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 19.92 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media→	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.10 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione →	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.17 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo→	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.45 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione (comb. Rara)→	$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 18.81 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione (comb. QP)→	$\sigma_c = 0.45 \cdot f_{ck} = 14.94 \text{ N/mm}^2$

• **Acciaio per c.a. tipo B450 C:**

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento f_y	≥ 450 MPa
Limite di rottura f_t	≥ 540 MPa
Allungamento totale al carico massimo A_{gt}	$\geq 7.5\%$
Rapporto f_t/f_y	$1,15 \leq R_m/Re \leq 1,35$
Rapporto f_y misurato/ f_y nom	$\leq 1,25$

Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450$ N/mm ²
Tensione caratteristica a rottura	$f_{tk} \geq 540$ N/mm ²
Tensione in condizione di esercizio (comb. Rara)	$\sigma_c = 0.80 \cdot f_{yk} = 360.00$ N/mm ²
Fattore di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.30$ N/mm ²

• **Acciaio per piastrame e tubolari S275 elementi di collegamento:**

Tab. 4.2.I – Laminati a caldo con profili a sezione aperta piani e lunghi

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
S460 Q/QL/QL1	460	570	440	580
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Tab. 4.2.II - Laminati a caldo con profili a sezione cava

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f _{yk} [N/mm ²]	f _{tk} [N/mm ²]	f _{yk} [N/mm ²]	f _{tk} [N/mm ²]
UNI EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
UNI EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		

- **Acciaio per micropali di fondazione S355:**

Tab. 4.2.II - Laminati a caldo con profili a sezione cava

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f _{yk} [N/mm ²]	f _{tk} [N/mm ²]	f _{yk} [N/mm ²]	f _{tk} [N/mm ²]
UNI EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
UNI EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		

- **Barre filettate, bulloni e dadi:**

Ove richiesto l'assieme bullone/dado/rondella dovrà rispettare quanto indicato al par. 11.3.4.6.1 delle NTC2018, pertanto è richiesto lo standard UNI EN 15048-1.

Viti, dadi e rondelle, in acciaio, devono essere associate come in tabella 11.3.XIII.a.

Tab. 11.3.XIII.a

Viti	Dadi	Rondelle	Riferimento
Classe di resistenza UNI EN ISO 898-1:2013	Classe di resistenza UNI EN ISO 898-2:2012	Durezza	
4.6	4; 5; 6 oppure 8	100 HV min.	UNI EN 15048-1
4.8			
5.6	5; 6 oppure 8		
5.8			
6.8	6 oppure 8	100 HV min oppure 300 HV min.	
8.8	8 oppure 10		
10.9	10 oppure 12		

Le tensioni di snervamento f_{yb} e di rottura f_{tb} delle viti appartenenti alle classi indicate nella precedente Tab. 11.3.XIII.a sono riportate nella seguente Tab. 11.3.XIII.b:

Tab. 11.3.XIII.b

Classe	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	320	300	400	480	640	900
f_{tb} (N/mm ²)	400	400	500	500	600	800	1000

4. DURABILITA' E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

Per le opere della presente relazione si adotta quanto segue:

Fondazione CLASSE DI ESPOSIZIONE	XC2
Elevazione CLASSE DI ESPOSIZIONE	XC4

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2 , XC3, XF1
Aggressive	XC4 , XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4.1.III: Descrizione delle condizioni ambientali

Le fondazioni dell'opera si trovano in condizioni ambientali Ordinarie, mentre le elevazioni sono in condizioni Aggressive.

Nella tabella 4.1.IV sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle condizioni ambientale e al tipo di armatura.

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 4.1.IV: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

In **grigio chiaro** sono indicate gli stati limite di fessurazione da utilizzare per le verifiche delle fondazioni. In grigio scuro i limiti per le strutture di elevazione.

5. COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE

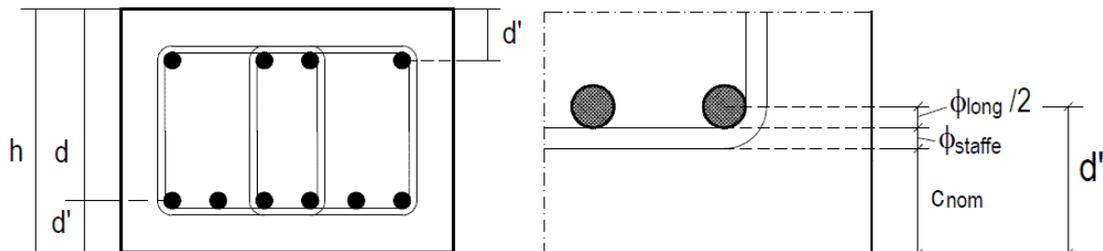
Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale c_{nom} è somma di due contributi, il copriferro minimo c_{min} e la tolleranza di posizionamento h . Vale pertanto: $c_{nom} = c_{min} + h$.

Classe di esposizione ambientale	Copriferro $c_{min,dur}$ [mm]							
	15	25	30	35	40	45	50	55
XC1	C25/30, 0.60, 300							
XC2	C25/30, 0.60, 300							
XC3	C28/35, 0.55, 320							
XC4	C32/40, 0.50, 340							
XD1	C28/35, 0.55, 320							
XD2	C35/45, 0.45, 360							
XD3	C35/45, 0.45, 360							
XS1	C28/35, 0.55, 320							
XS2	C35/45, 0.45, 360							
XS3	C35/45, 0.45, 360							
XF1	C28/35, 0.50, 320							
XF2 - XF3	C25/30, 0.50, 340							
XF4	C28/35, 0.45, 360							
XA1	C28/35, 0.55, 320							
XA2	C32/40, 0.50, 340							
XA3	C35/45, 0.45, 360							

$$c_{nom} = \max(c_{min,b}, c_{min,dur}) + 10 \text{ (mm)} \geq 20 \text{ mm}$$

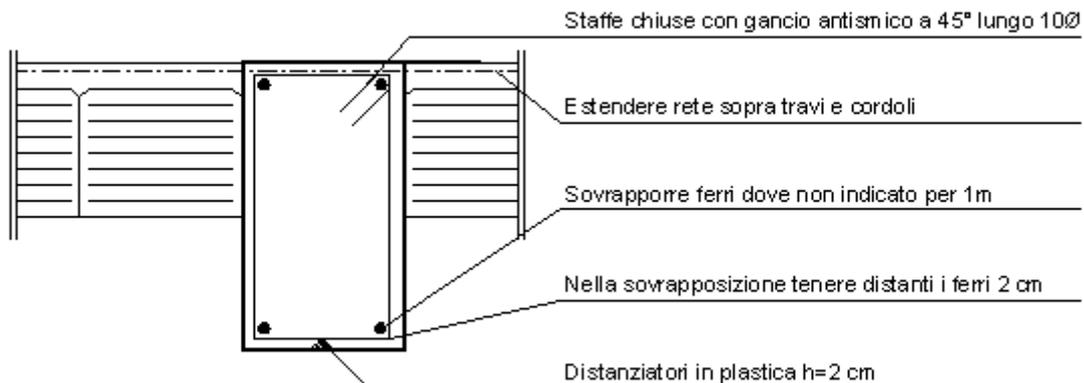
$c_{min,b} = \phi \sqrt{n_b}$ n_b numero di barre di un eventuale gruppo di barre; per barra singola $n_b = 1$.



Altezze d e d'

Prescrizioni esecutive

Travi e solai



N.B.: Ogni variante che si renda necessaria, da esigenze di cantiere, deve essere prima autorizzata dalla Direzione Lavori

- Sovrapporre i ferri nelle riprese per almeno 60 diametri ;
- Impiegare distanziatori in plastica o pasta di cemento per garantire un copriferro (misurato dall'esterno ferro e non dal baricentro ferro) di almeno cm 2,5 per le travi e cm 3 per i pilastri (a meno di prescrizioni superiori per esigenze di REI) ;
- Estendere la rete nella soletta dei solai fino all'esterno cordolo o travi ;
- Sovrapporre le reti di cui sopra per almeno cm 20 ;
- Ancorare i ferri aggiuntivi superiori dei solai all'esterno delle travi di bordo, curando di tenere il baricentro a circa 2.5 cm dal filo superiore del getto della caldana del solaio ;
- Nella giunzione per sovrapposizione dei ferri, non legare i due ferri fra loro, ma tenerli distanziati di almeno cm 2 (interferro).