

## Fondazioni innovative

Fabio Parodi<sup>1</sup> ■



**Nome dell'opera/progetto:**

Armadillo 500R. Fondazione rilivellabile per civile abitazione

**Ubicazione:**

75 Halberg Street, Christchurch (Nuova Zelanda)

**Committente:**

Hawkins/IAG

**Progettazione e Direzione Lavori:**

Fabio Parodi

**Supporto alla Progettazione:**

Marco Panzano/Camilla Ciaravolo

**Anno completamento lavori:**

2015

Il giorno 8 ottobre 2014 è stato presentato a Christchurch (Nuova Zelanda) l'Armadillo™ Foundation System, un sistema costruttivo che permette di realizzare fondazioni superficiali binervate alleggerite di alte prestazioni. Questa tecnologia fa parte del progetto vincitore del concorso "Breathe, The New Urban Village", indetto dal City Council della stessa città di Christchurch per la ricostruzione della parte andata distrutta in seguito agli eventi sismici che nel 2010 e 2011 hanno colpito la regione di Canterbury e che hanno provocato centinaia di vittime.

Tale sistema è stato pensato e sviluppato per superare un problema emerso all'indomani dei sopracitati eventi sismici, relativo al fatto che migliaia di fabbricati, per effetto della subsidenza del terreno, innescata da fenomeni di liquefazione, hanno perso la loro orizzontalità e in molti casi lo loro integrità strutturale. Da un lato molte fondazioni ad anello perimetrale tradizionali in calcestruzzo armato, sia che fossero abbinata ad un pavimento galleggiante in legno o ad un pavimento in calcestruzzo armato si sono dimostrate strutturalmente inadeguate e difficili da riparare in caso di cedimento, dall'altro le alternative disponibili risultavano abbastanza antieconomiche (e.g. pali, sostituzione di terreno, sistemi a doppia struttura legno/calcestruzzo) oppure sembravano essere laboriose e con alcuni limiti di applicazione sia per il peso del fabbricato, sia per l'entità dei cedimenti da recu-

<sup>1</sup> Amministratore Delegato Cresco Group  
✉ f.parodi@cresco-group.com

perare (e.g. strutture a doppia soletta provviste di viti di ri-livellamento).

Quel che sembrava potesse servire era una fondazione concettualmente e costruttivamente semplice, poco influenzabile dalle condizioni specifiche del sito, facilmente ri-livellabile in caso di nuovi cedimenti ed economicamente sostenibile. Avendo saputo rispondere a queste necessità, il sistema Armadillo™ è stato uno dei fattori decisivi per il successo del gruppo italo-neozelandese Holloway Builders, Anselmi Attiani e Cresco nel sopraccitato concorso internazionale indetto dal Christchurch City Council per la progettazione e realizzazione di uno dei progetti chiave della ricostruzione del centro città.

Il sistema presentato in questo contributo, approvato dal Ministry of Business, Innovation & Employment (MBIE) della Nuova Zelanda, si distingue per almeno cinque motivi.

- 1) *La forma con cui il cassero modella il calcestrutto all'intradosso della platea.* Il sistema è abbinato, infatti, ad uno schema "a volta" (in genere utilizzato per realizzare platee con vespaio aerato) con uno a nervature (come i più classici sistemi a trave rovescia); così facendo una maglia di tanti archi intrecciati diffonde efficacemente i carichi verticali all'interno della struttura e, contemporaneamente, gli sforzi flessionali sono assorbiti dalle nervature biassiali. Conseguenze dirette di quanto detto sono la capacità del sistema di sopportare carichi e luci tali da renderne possibile il sollevamento (assieme al fabbricato soprastante) dal perimetro e di non richiedere nervature interne di rinforzo in corrispondenza dei punti di carico portati dalla sovrastruttura.
- 2) *Il sistema d'installazione.* Per facilitare e sveltere la messa in opera, i casseri sono progettati in modo da non richiedere elementi distanziatori e, grazie all'introduzione di una clip di fissaggio capace di guidare e bloccare le barre di armatura, è possibile evitare la lavorazione tradizionalmente laboriosa della legatura del ferro.
- 3) *La versione ecologica.* Accanto al più tradizionale polipropilene, il cassero è previsto anche nella versione completamente "green" in cartone ad alta resistenza (HSC). Quest'aspetto assume una particolare valenza a Christchurch dove la comunità locale si è dovuta ricredere su quello che normalmente non è visto come un problema ambientale, ossia lo smaltimento di materiali provenienti dalla demolizione di fabbricati. In condizioni normali, infatti, il ciclo di vita piuttosto lungo delle costruzioni influenza la percezione del problema che, come per altri casi, viene trasferito con disinvoltura alle generazioni futu-

re. Con migliaia di fondazioni da demolire si è presa coscienza di quale sarebbe stato il potenziale impatto ambientale ed economico derivante dallo smaltimento di una gigantesca quantità di polistirolo se queste fondazioni fossero state costruite con altre soluzioni recentemente adottate.

Se un materiale è smaltibile in discarica senza danno all'ambiente è, dunque e certamente, una risorsa che merita di essere presa in seria considerazione.

- 4) *Le prestazioni di isolamento termico.* Nel sistema descritto, centinaia di speciali specchi termici riflettono in vuoti d'aria sino al 90% del calore proveniente per irraggiamento dall'alto. In questo modo, pur non utilizzando polistirolo o altri materiali coibentanti, questo sistema risulta più efficiente rispetto ad altre soluzioni più convenzionali.
- 5) *La capacità di ri-livellamento in caso di cedimenti del terreno.* Lungo il perimetro di questo sistema di fondazione, infatti, sono disposti ad un passo di circa tre metri dei supporti leggeri in polietilene ad altissimo peso molecolare (UHMWPE) capaci di resistere ad un carico fino a 250 kN, che presentano alloggiamenti per l'inserimento di martinetti per il sollevamento della fondazione.

Differentemente da altri sistemi, quello descritto in queste pagine non ricorre a pesanti plinti di contrasto e non richiede punti interni di sollevamento entrambi difficilmente riparabili o inaccessibili in caso di danno.

Il sistema funziona anche quando è abbinato a fondazioni indirette; in questo caso, grazie alla capacità di sopportare grandi luci (indicativamente sino a 12 metri in armatura lenta e oltre attraverso post-tensione), permette di ridurre significativamente il numero dei pali a supporto della fondazione.

Con riferimento ai costi di costruzione, per un edificio di due piani su terreno cedevole, sul mercato di Christchurch, il sistema Armadillo™ è risultato più economico del 30% rispetto ad altri sistemi a doppia soletta e del 50% rispetto ai sistemi a waffle slab convenzionali abbinati a interventi di miglioramento del terreno.

Le immagini riportate nel seguito si riferiscono alle fasi di costruzione di una fondazione ri-livellabile per il caso specifico di un edificio residenziale monofamiliare di circa 120 m<sup>2</sup>, situato approssimativamente nel centro di Christchurch, con struttura timber frame e tamponamento in mattoni. Sotto il profilo geotecnico il sito presenta sia rischi di subsidenza per liquefazione (i cedimenti verticali sono pari a circa 100 mm in caso di evento sismico), sia rischi di traslazione del piano di campagna (spostamenti dell'ordine di

500 mm in caso di evento sismico). La fondazione flottante è dimensionata per resistere alle sollecitazioni indotte dai fenomeni descritti e si

presta ad essere ri-livellata qualora si dovessero manifestare cedimenti differenziali superiori alle tolleranze accettate.



Figura 1  
Posizionamento casseforme perimetrali e posa della membrana impermeabile.



Figura 2  
Posa dei casseri, dell'armatura e delle tubazioni.

Figura 3  
Posa rete  
elettrosaldata.



Figura 4  
Rimozione delle  
casseforme dopo il  
getto. Si possono  
notare sul lato  
frontale i "jacking  
point".



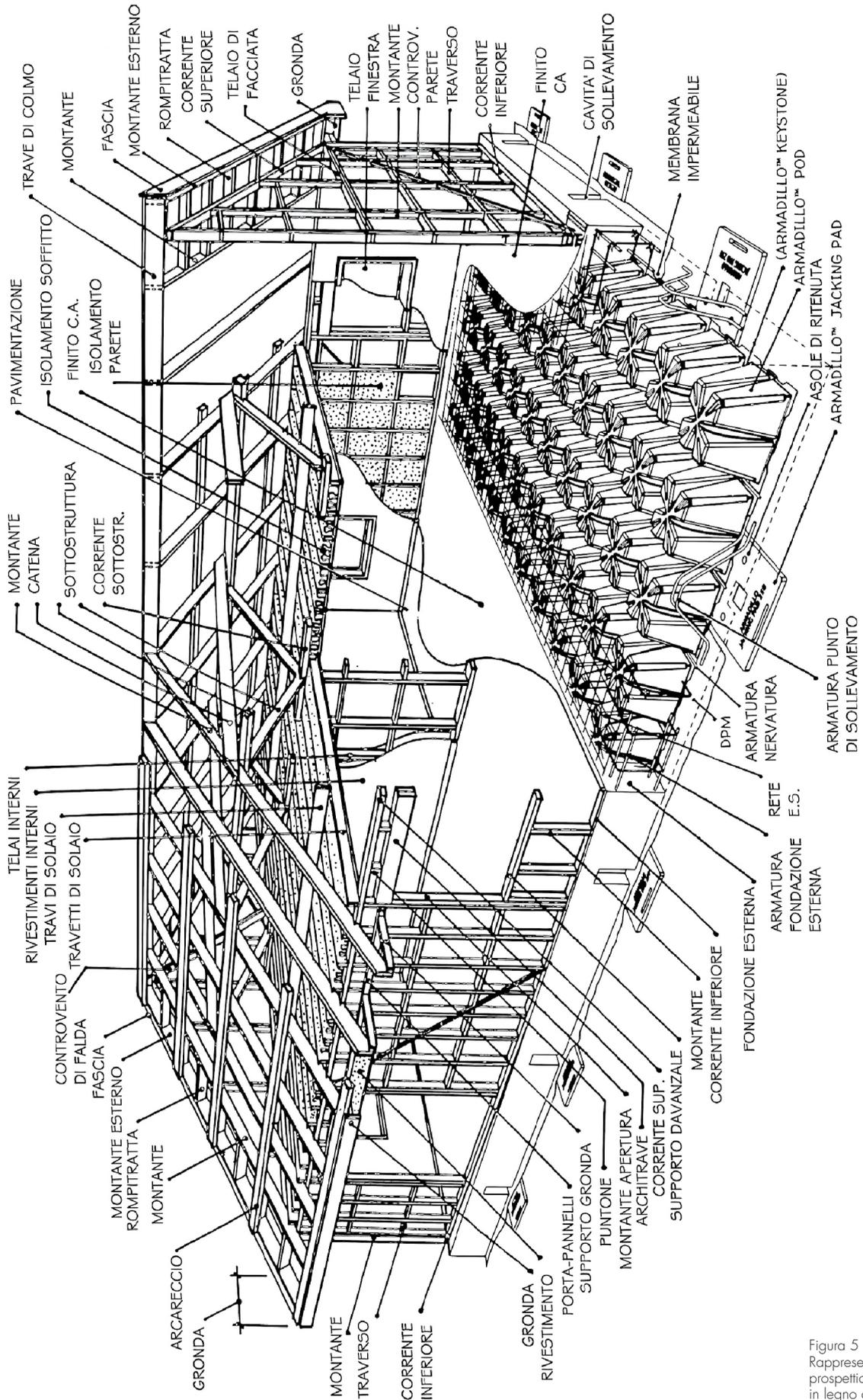
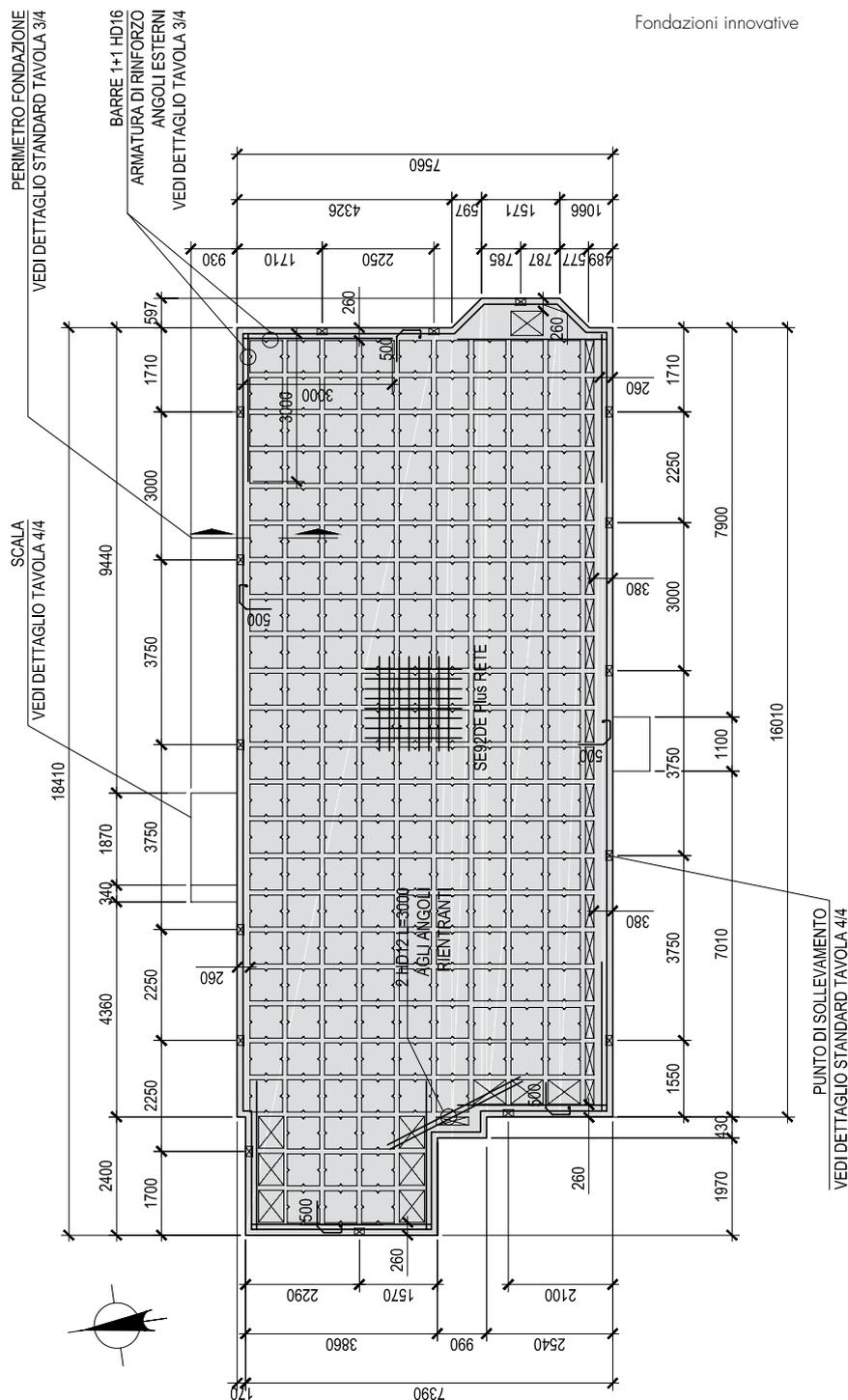


Figura 5  
 Rappresentazione prospettica della casa in legno con schema fondazioni.



## CALCESTRUZZO

Classe:  $f_c = 25 \text{ MPa}$   
 Finitura (NZS 3144:1987): F1: Fondazione  
 F5: Bordi esposti della fondazione  
 U3: Pavimentazione  
 Copriferro: 50 mm per parti esposte al terreno, 30 mm per la rete elettrosaldata

## ACCIAIO PER C.A.

R: Barre lisce strutturali to NZS 3679:1 (300 MPa)  
 D: Barre ad aderenza migliorata 300E to NZS 4671 (300 MPa)  
 XR: Barre lisce 500E to NZS 4671 (500 MPa)  
 XD: Barre ad aderenza migliorata 500E to NZS 4671 (500 MPa)  
 Rete elettrosaldata: SE92DE Plus (318.1 mm<sup>2</sup>/m)

## TERRENO

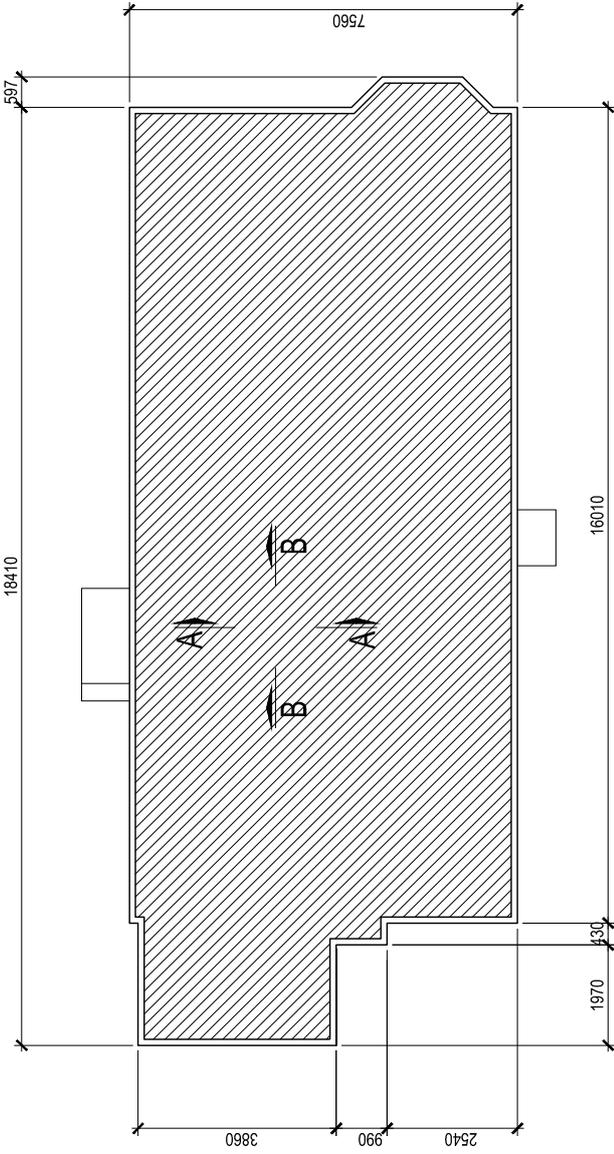
Pressione ammissibile: 33.3 kPa  
 Pressione allo SLU: 50 kPa  
 Capacità portante ultima: 100 kPa  
 Rinferto: Compattazione tipo AP65 con densità minima secca 2100 kg/m<sup>3</sup> con 95% di letture superiori a 2150 kg/m<sup>3</sup>.  
 Alternativamente, il materiale AP65 dovrà essere compattato al 95% densità massima secca.

## NOTE

- Fondazione da gettare in un'unica fase
- Fare riferimento ai disegni architettonici per le dimensioni delle cavità e le posizioni dei servizi indicate in pianta
- Tutte le quote sono in mm
- Tutte le quote devono essere verificate in cantiere
- Durante la preparazione del cantiere, tutto il terreno in superficie ed il riempimento naturale devono essere rimossi da sotto l'impronta della fondazione fino a un minimo di 0.5 m rispetto al perimetro esterno
- Lo scavo e la rimozione del terreno e del riempimento naturale devono essere supervisionati dall'ingegnere Geotecnico o da un suo rappresentante per confermare che il fondo sia adatto al posizionamento del rinferto. Se il terreno naturale fosse cedevole ed inadatto al posizionamento del rinferto, è raccomandato un ulteriore approfondimento dello scavo

TABELLA A:

LIVELLI		[m]
Media livello del suolo CCC Datum	10.89	[m]
Livello del suolo intermedio CCC Datum	11.80	[m]
Estradosso ARMADILLO™	11.43	[m]
Livello pavimento in legno	11.80	[m]

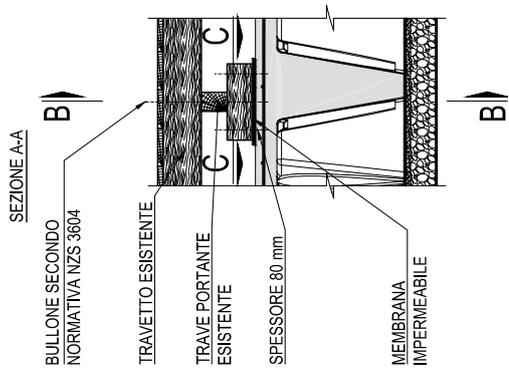


PAVIMENTO IN LEGNO

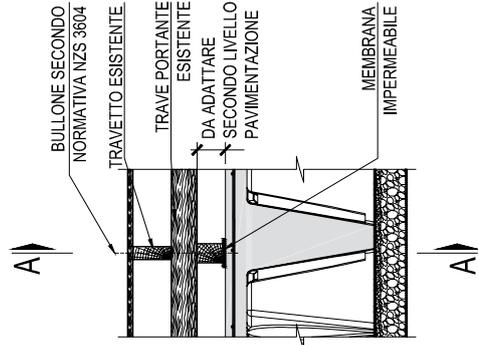
NOTA  
ORIENTAMENTO TRAVETTI DA  
VERIFICARE IN CANTIERE

### PAVIMENTAZIONE IN LEGNO TIPICA

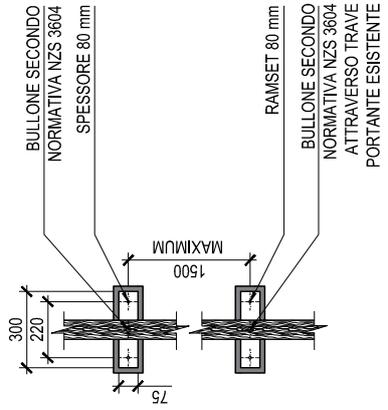
1:20



SEZIONE B-B

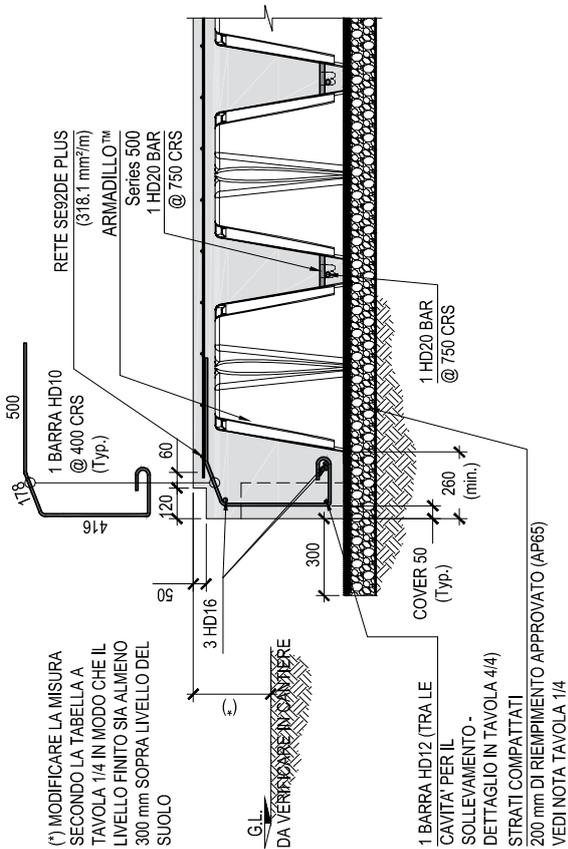


SEZIONE C-C



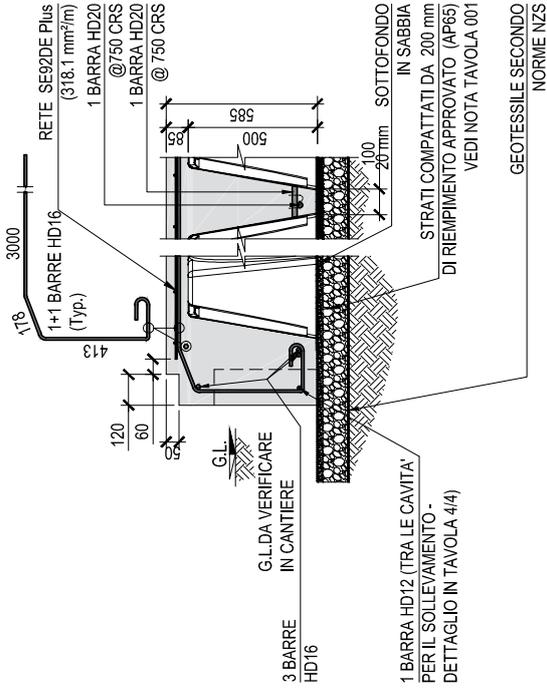
## FONDAZIONE PERIMETRALE TIPICA

1:20



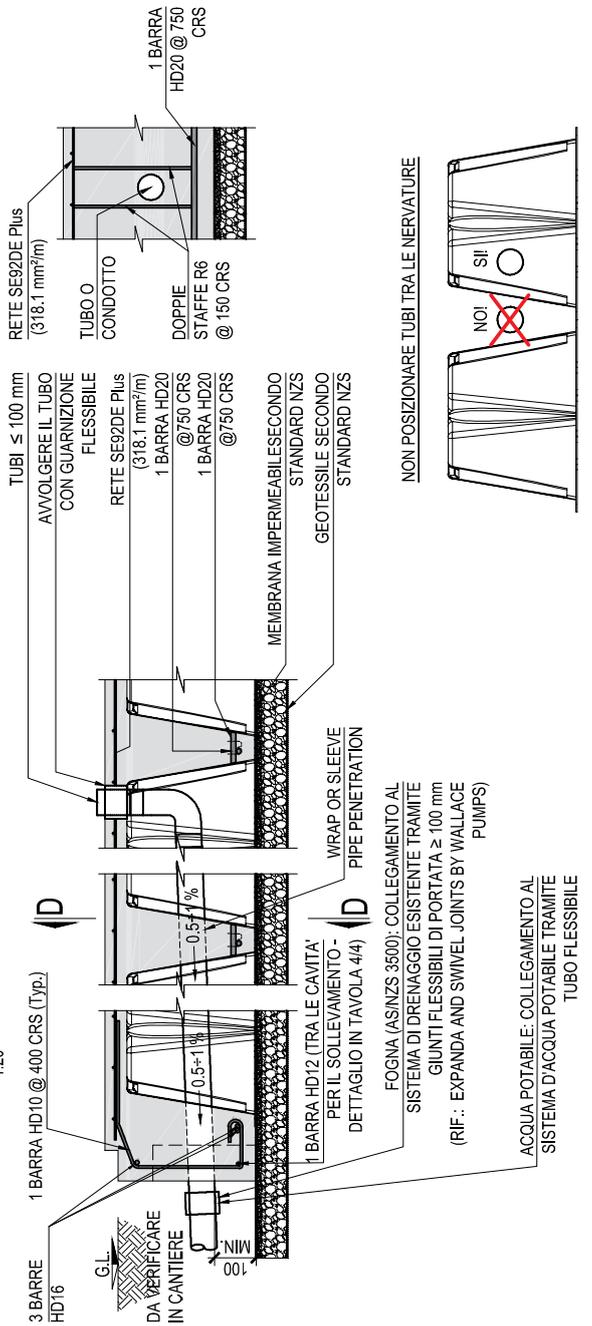
## ANGOLO ESTERNO TIPICO

1:20



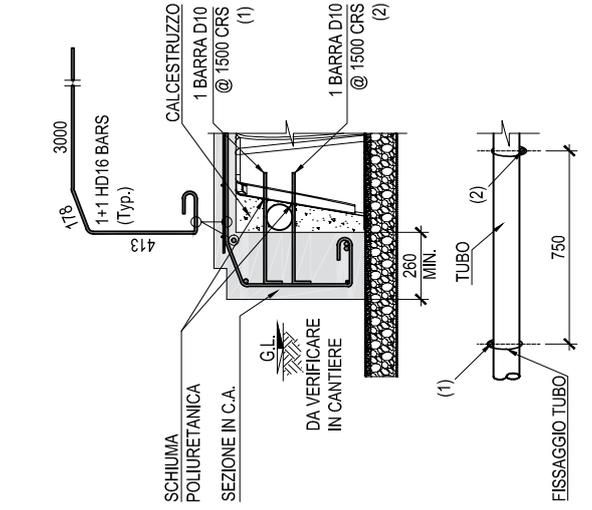
## DETTAGLI TIPO TUBAZIONI

1:20



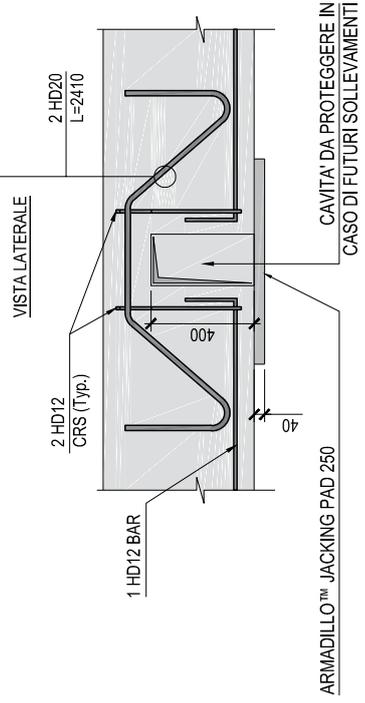
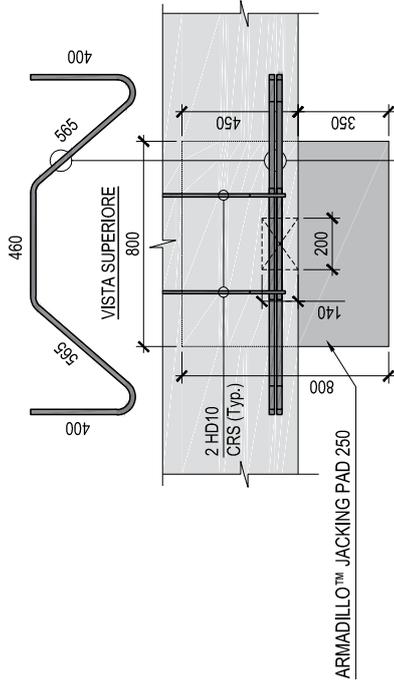
## DETTAGLIO TUBAZIONI AL PERIMETRO

1:20



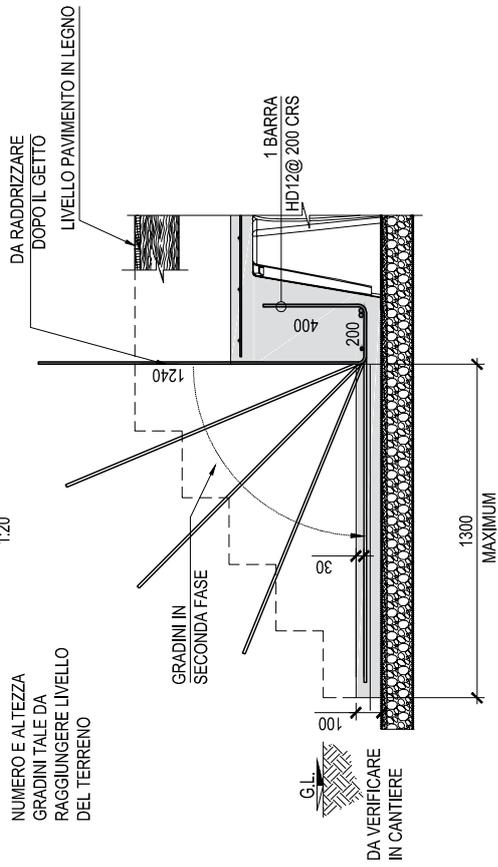
### PUNTO DI SOLLEVAMENTO TIPICO

1:20



### DETTAGLI SCALA

1:20



### SOVRAPPOSIZIONE D'ANGOLO TIPICA

1:20

