

RAPPORTO RAP 6101

AD USO INTERNO RISERVATO E CONFIDENZIALE

INCARTO NO. 6101

Oggetto

Drytech SA, Vezia

**Analisi preliminari del rischio di corrosione delle armature a contatto
con resine acriliche**

Committente

Drytech SA
CH-6343 Vezia

Estensore del rapporto

Dr. Christian Paglia

Incarico del: 22.10.2006

Rapporto del: 12 giugno 2007

INDICE

1. Introduzione.....	3
2. Tipologie di resine.....	3
3. Preparazione delle prove.....	3
4. Risultati delle indagini.....	4
4.1 Variazione dei pH.....	4
4.2 Esame visivo ed ottico.....	4
5. Conclusioni.....	5
6. Indagini future.....	5

Allegati: Documentazione fotografica

1. Introduzione

Il comportamento alla corrosione degli acciai d'armatura a contatto con resine acriliche è stato studiato in passato con la conclusione parziale che le resine acriliche per sistemi di iniezione di fessure a contatto con armature in acciaio promuovono fenomeni di corrosione. Sui metodi d'investigazione eseguiti in passato si può parzialmente discutere, asserendo ad esempio che le misure della resistenza elettrica delle resine acriliche paragonate a resine poliuretaniche evidenzia evidentemente la bassa resistenza elettrica delle prime dovuta al loro inglobamento di acqua nella struttura. Da allora, l'evoluzione delle tipologie di resine a permesso, tramite l'aggiunta di appropriati inibitori di corrosione, un netto miglioramento ed incremento della resistenza alla corrosione, la quale deve essere studiata in maniera più ampia e dettagliata. Il presente rapporto evidenzia uno studio preliminare sul comportamento alla corrosione di barre d'armatura immerse in differenti tipologie di resine, alcune delle quali contenenti inibitori di corrosione.

2. Tipologie di resine

Le resine studiate sono rappresentate dalle seguenti tipologie:

Denominazione	Tipo di componenti
Resina A	Rascoflex AMD, componenti A, B
Resina B	Rascoflex 105, componenti A, B
Resina C	Rascoflex IV, componenti A, B
Resina D	DUFLEX T
Resina E	Carbocryl, componenti A, B
Resina F	Gelacryl SR componente A, A" Gelacryl Superflex A* Gelacryl SP 200 + AR2 componente B Gelacryl SP 200 + acqua componente B'

Dalla differente miscelazione delle componenti della resina F sono risultate 4 tipologie.

3. Preparazione delle prove

Barre d'armatura ($\varnothing$ 12 mm) sono state fissate ed inserite in contenitori di vetro nei quali sono in seguito state versate le differenti tipologie di resine. Le barre d'armatura emergevano dalle resine per ca. 1 cm ed acqua del rubinetto ricopriva la parte alta dei contenitori in vetro sommergendo totalmente i sistemi barre d'armatura-resine. I contenitori sono poi stati chiusi ermeticamente con fogli di paraffina. Per confronto sono state inserite delle barre d'armatura in acqua ed in acqua saturata con idrossido di calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ per simulare la soluzione dei pori del calcestruzzo. Le analisi sono iniziate al 13.10.06 e sono terminate al 12.6.07 durante un periodo complessivo di 8 mesi, il quale permette già di affinare delle conclusioni generali sulla suscettibilità alla corrosione delle barre d'armatura.

4. Risultati delle indagini

4.1 Variazione dei pH

Durante i test sono stati monitorati i pH delle soluzioni acquose sovrastanti le resine. Come si nota in tabella 1 il pH della soluzione acquosa contenente l'armatura mostra una costanza nel pH attorno al valore di 7.5, mentre il pH della soluzione basica si mantiene al di sopra dei 10.9. L'unica soluzione acquosa, la quale sviluppa un pH attorno agli 8 è quella a contatto con l'armatura e la resina D. Tutte le altre resine tendono ad assumere un pH < di 7.0 ed in alcuni casi vengono raggiunti valori attorno al 5.8 (resina A).

Barre d'armatura	pH dopo 3 giorni	pH dopo 28 giorni	pH dopo 8 mesi
In acqua	7.0	7.5	7.7
In soluzione basica di Ca(OH)_2	12.0	12.0	10.9
In resina A	3.0	5.0	5.8
In resina B	3.0	6.5	6.9
In resina C	3.0	4.5	6.2
In resina D	6.0	8.0	8.2
In resina E	6.0	5.0	6.2
In resine F	5.0-7.0	7.0	6.5-7.1

Tabella 1. Variazione del pH nel tempo delle soluzioni acquose a contatto con l'armatura e le resine.

4.2 Esame visivo ed ottico

Processi corrosivi della testate delle armature esposte direttamente alle soluzioni acquose sono già osservabili per alcune resine dopo 3 giorni di immersione, ma un quadro completo ed una discriminazione evidente della presenza di prodotti di corrosione e colorazioni delle soluzioni a dipendenza del tipo di resina sono più chiaramente osservabili dopo 8 mesi (Fig. 1). La resina D mostra una riduzione relativamente chiara dei prodotti di corrosione con una diminuzione generalizzata della colorazione della soluzione. Come risulta evidente dalle barre d'armatura immerse in acqua (Fig. 2) ed in soluzione basica saturata di idrossido di calcio (Fig. 3), nonché dalle foto di dettaglio delle barre d'armatura estratte e pulite dai depositi principali di resina (Fig. 4-9), l'unica resina che presenta fenomeni fortemente rallentati di corrosione sia per la parte direttamente immersa nella resina, sia per la parte a contatto con la soluzione acquosa è la resina D. Tutte le altre resine evidenziano con intensità variabile fenomeni corrosivi lungo tutta la superficie delle barre d'armatura ed accentuati per le parti a contatto con le soluzioni acquose (Fig. 4-9). Un esame di dettaglio delle parti d'armatura immerse nelle resine rivela nuovamente che l'intensità della corrosione in generale è varioabile, ma ridotta rispetto alle parti d'armatura direttamente a contatto con le soluzioni acquose (Fig. 10, 11, 12).

5. Conclusioni

Fenomeni corrosivi sono stati osservati in generale per le barre d'armatura immerse direttamente nella resina e a contatto con le soluzioni acquose ad eccezione della resina D, dove in generale la corrosione è fortemente inibita.

Le parti direttamente immerse nella resina mostrano una riduzione generale della corrosione delle armature rispetto alle parti a contatto con le soluzioni acquose.

6. Indagini future

Per quanto concerne i test di corrosione, si procederà allo studio di nuove tipologie di resine contenenti inibitori di corrosione. I test verranno effettuati per immersione delle barre d'armatura direttamente nella resina con la copertura di soluzioni acquose ed acquose contenenti cloruri. Si effettueranno le misurazioni del pH e si procederà ad un esame visivo e tramite lente binoculare o microscopio dei fenomeni corrosivi. Si potranno inoltre effettuare test di diffusione attraverso le resine per capire la capacità di queste ultime a far passare soluzioni basiche verso le armature, nonché test potenziostatici e potenziodinamici per caratterizzare l'effetto delle resine sulla corrosione delle armature.

ALLEGATI

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Figura 1

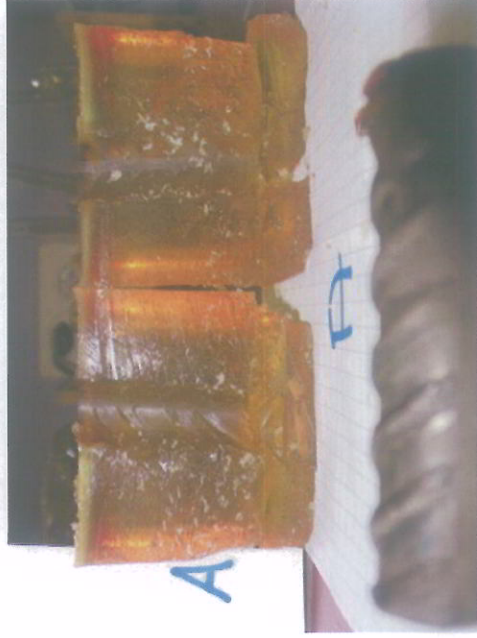
Visione generale e colorazione delle soluzioni per le differenti tipologie di resine. Da sinistra armatura in acqua, in soluzione saturata, in resina A, B, C, D, E, ed F.

**Figura 2**

Fenomeni di corrosione sulla barra d'armatura immersa in acqua ($\varnothing$ armatura 12 mm)



Presenza di prodotti di corrosione lungo la zona dell'armatura all'interno delle resine acriliche sezionate



Leggera presenza di prodotti di corrosione (colorazione rossastra) nella parte alta della resina (in direzione della zona a contatto con l'acqua)



Presenza uniforme di prodotti di corrosione (colorazione rossastra) lungo tutto lo spessore della resina nella zona dell'armatura



Presenza uniforme di prodotti di corrosione (colorazione rossastra) in particolare nella parte alta della resina (in direzione della zona a contatto con l'acqua)



Assenza quasi totale di prodotti di corrosione (lieve colorazione rossastra nella parte alta della resina)



Forte presenza uniforme di prodotti di corrosione (colorazione rossastra) lungo tutto lo spessore della resina nella zona dell'armatura



Presenza uniforme di prodotti di corrosione (colorazione rosso-giallo) lungo tutto lo spessore della resina nella zona dell'armatura in particolare nella parte alta

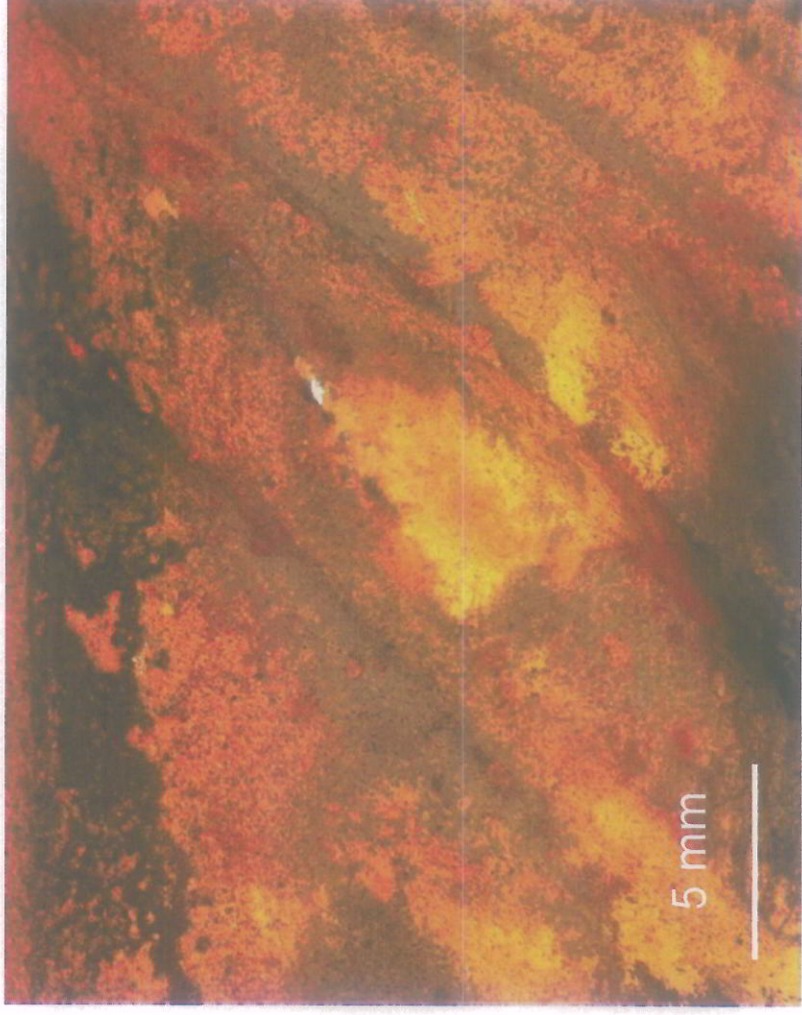


Presenza uniforme di prodotti di corrosione (colorazione rosso-marone) lungo tutto lo spessore della resina nella zona dell'armatura



Presenza uniforme di prodotti di corrosione (colorazione rosso-giallo) lungo tutto lo spessore della resina nella zona dell'armatura

Rilevamento di prodotti della corrosione lungo l'armatura tramite lente binoculare



Corrosione dell'armatura dopo immersione in acqua

Figura 3

Barra d'armatura immersa in
soluzione basica satura di
idrossido di calcio

($\varnothing$ armatura 12 mm)

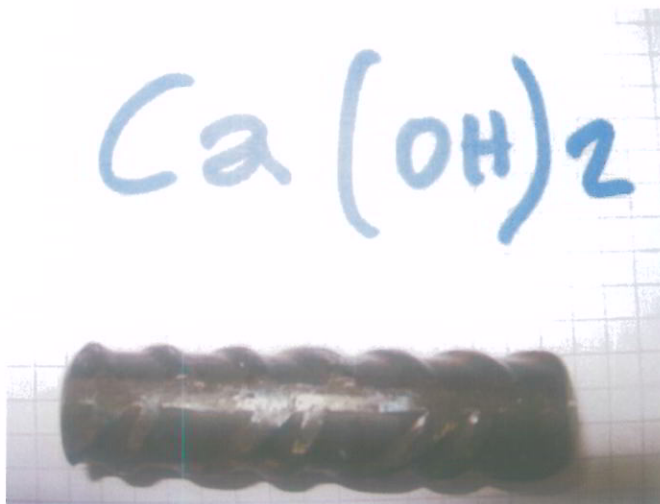


Figura 4

Fenomeni di corrosione sulla
barra d'armatura a contatto
con la resina A e la sua
soluzione acquosa e confine
fra zona immersa nella resina
ed a contatto con la soluzione
acquosa (linea blu)

($\varnothing$ armatura 12 mm)



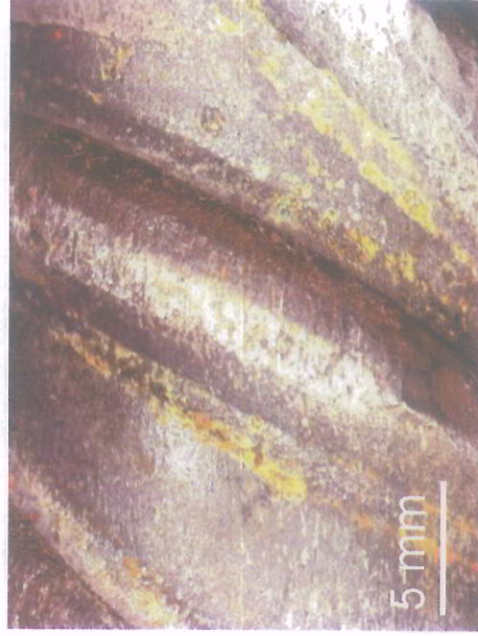
Figura 5

Fenomeni di corrosione sulla
barra d'armatura a contatto
con la resina B e la sua
soluzione acquosa e confine
fra zona immersa nella resina
ed a contatto con la soluzione
acquosa (linea blu)

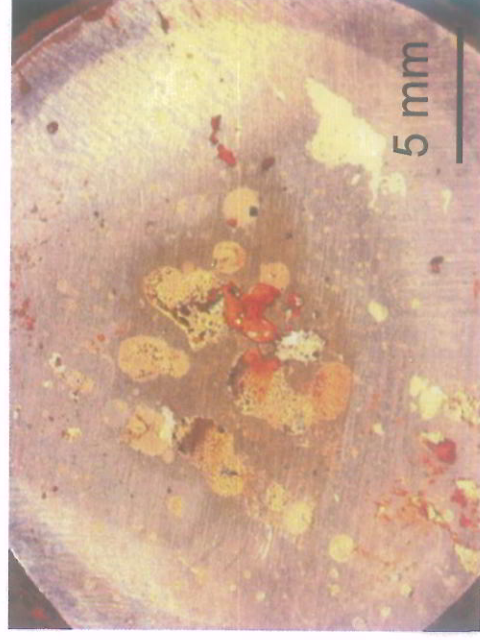
($\varnothing$ armatura 12 mm)



Resina A



Leggera corrosione dell'armatura nella parte immersa direttamente nella resina

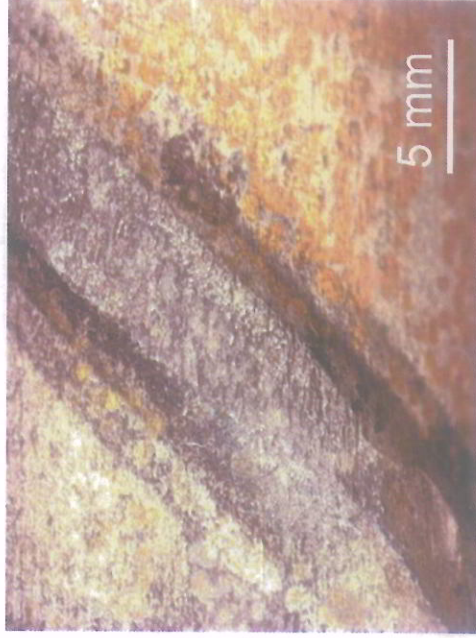


Leggera formazione di prodotti di corrosione con resti di resina sulla sezione inferiore dell'armatura direttamente immersa nella resina



Strato di prodotti di corrosione sulla sezione superiore dell'armatura nella parte a contatto con la soluzione acquosa

Resina B



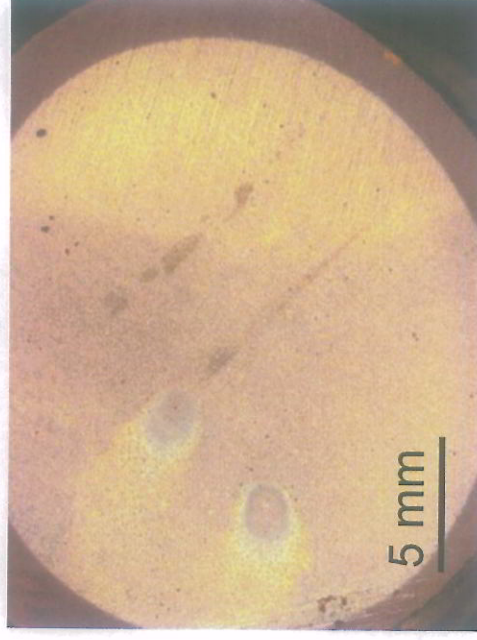
Corrosione dell'armatura nella parte immersa direttamente nella resina



Strato di prodotti di corrosione sulla sezione superiore dell'armatura nella parte a contatto con la soluzione acquosa



Corrosione dell'armatura nella parte a contatto con la soluzione acquosa



Sporadica presenza di prodotti di corrosione sulla sezione inferiore dell'armatura direttamente immersa nella resina

Figura 6

Fenomeni di corrosione sulla barra d'armatura a contatto con la resina C e la sua soluzione acquosa e confine fra zona immersa nella resina ed a contatto con la soluzione acquosa (linea blu)

($\varnothing$ armatura 12 mm)



Figura 7

Fenomeni di corrosione fortemente ridotti sulla barra d'armatura a contatto con la resina D e la sua soluzione acquosa e confine fra zona immersa nella resina ed a contatto con la soluzione acquosa (linea blu)

($\varnothing$ armatura 12 mm)



Figura 8

Fenomeni di corrosione sulla barra d'armatura a contatto con la resina E e la sua soluzione acquosa e confine fra zona immersa nella resina ed a contatto con la soluzione acquosa (linea blu)

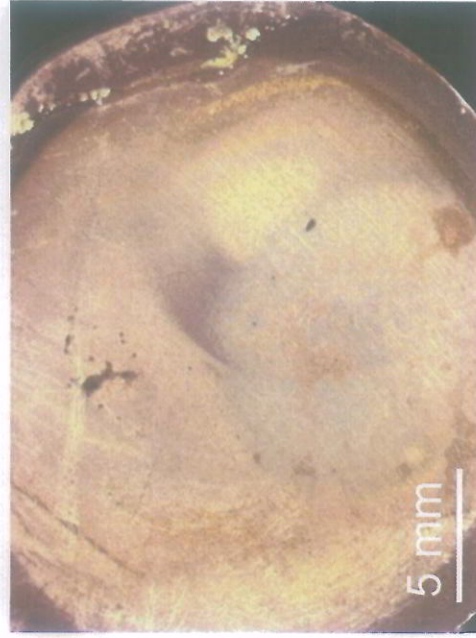
($\varnothing$ armatura 12 mm)



Resina D



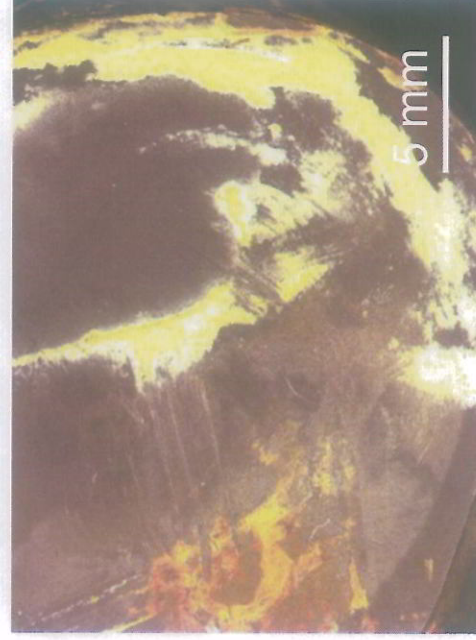
Quasi totale assenza di corrosione dell'armatura nella parte immersa direttamente nella resina



Quasi totale assenza di corrosione della sezione inferiore dell'armatura nella parte direttamente immersa nella resina



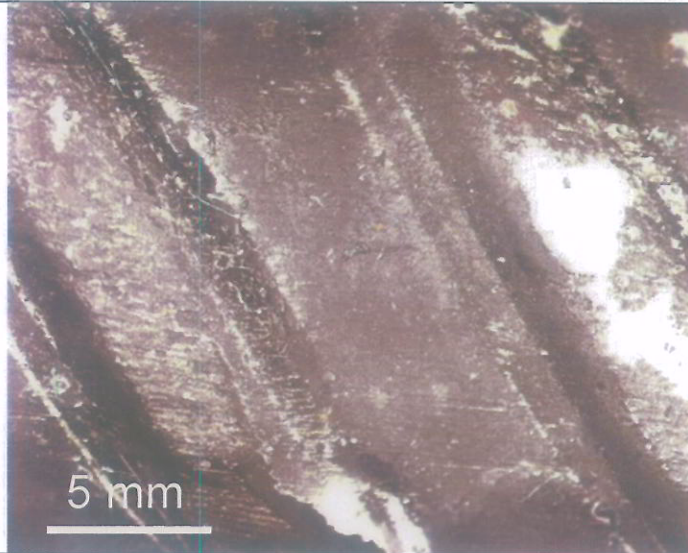
Quasi totale assenza di corrosione dell'armatura nella parte a contatto con la soluzione acquosa



Quasi totale assenza di corrosione della sezione superiore dell'armatura nella parte a contatto con la soluzione acquosa

Figura 12

Assenza di fenomeni di corrosione rilevanti sulla barra d'armatura immersa nella resina D.



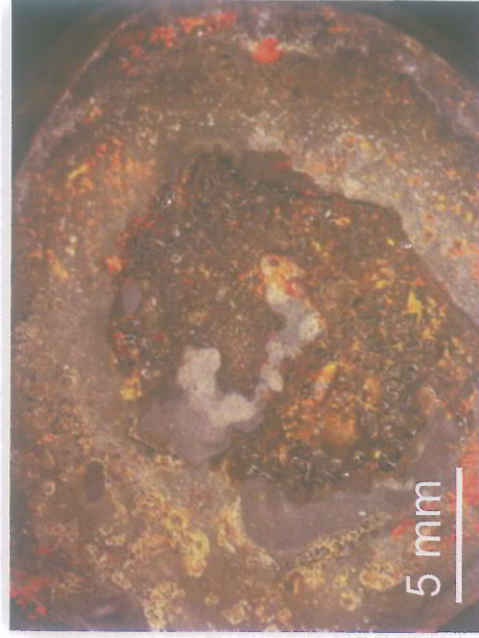
Resina E



Forte corrosione dell'armatura nella parte immersa direttamente nella resina



Forte corrosione dell'armatura nella parte a contatto con la soluzione acquosa



Corrosione della sezione inferiore dell'armatura nella parte direttamente immersa nella resina

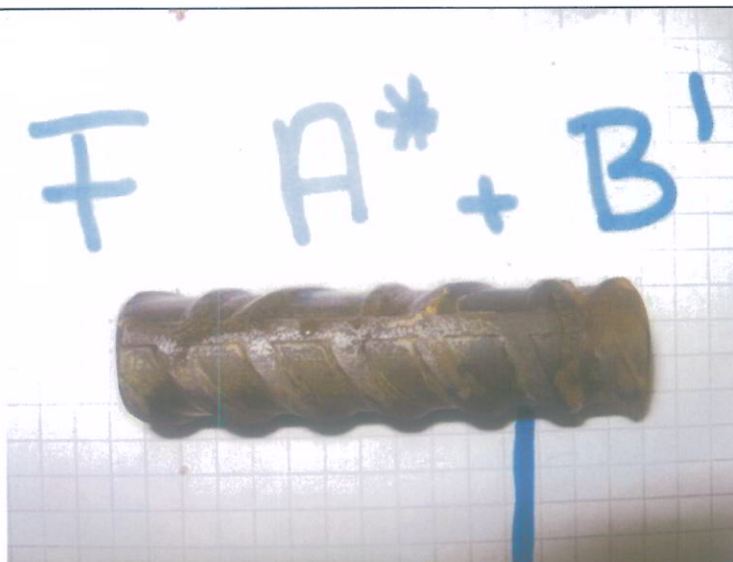


Strato di prodotti di corrosione sulla sezione superiore dell'armatura nella parte a contatto con la soluzione acquosa

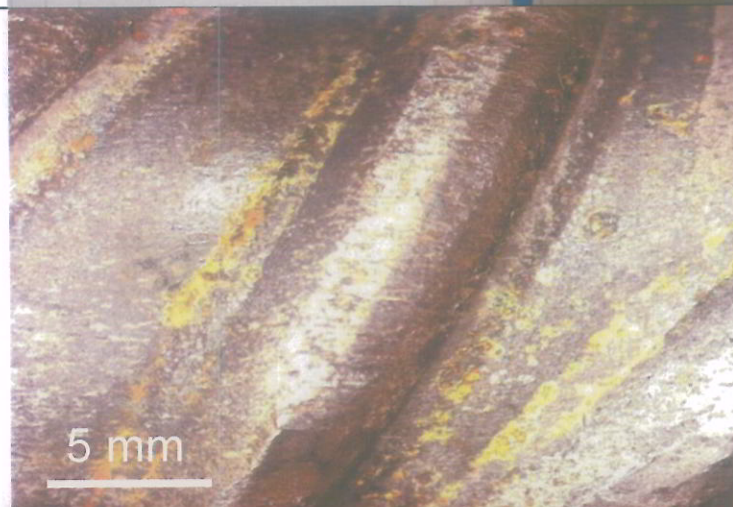
Figura 9

Fenomeni di corrosione sulla barra d'armatura a contatto con le resine F e le loro soluzioni acquose e confine fra zona immersa nelle resine ed a contatto con le soluzioni acquose (linea blu)

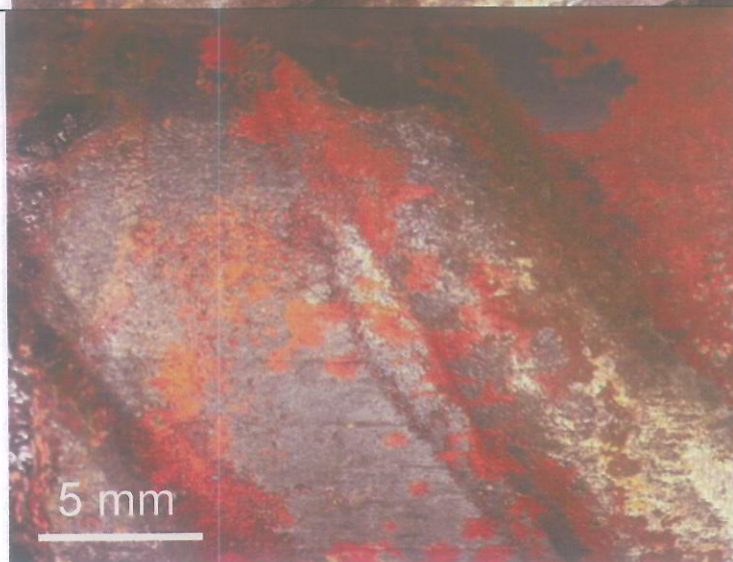
($\varnothing$ armatura 12 mm)

**Figura 10**

Fenomeni di corrosione sulla barra d'armatura immersa nella resina A.

**Figura 11**

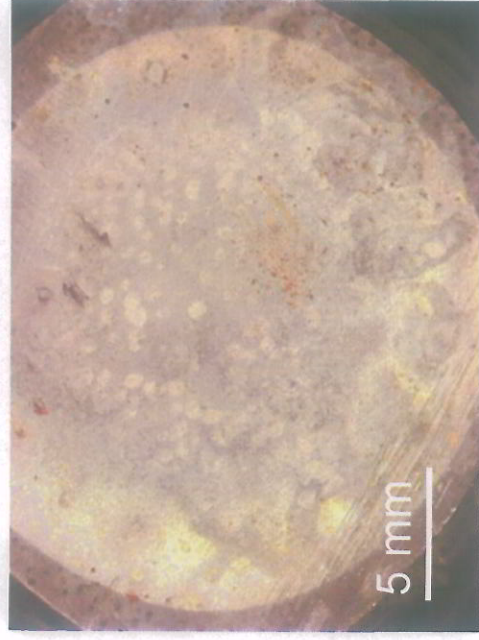
Fenomeni di corrosione sulla barra d'armatura immersa nella resina B.



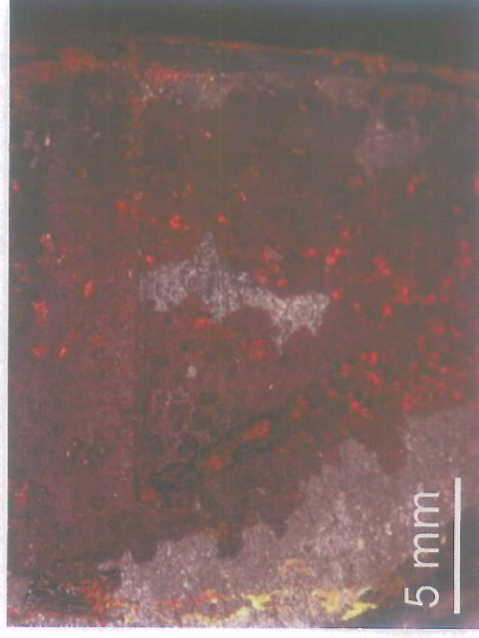
Resina F A+ B'



Presenza sporadica di prodotti di corrosione
Sull'armatura direttamente immersa nella resina



Presenza sporadica di prodotti di corrosione
Sulla sezione inferiore dell'armatura direttamente
immersa nella resina



Corrosione dell'armatura nella parte direttamente
a contatto con la soluzione acquosa



Strato di prodotti di corrosione sulla sezione
superiore dell'armatura direttamente a contatto
con la soluzione acquosa