

Profilo aziendale

ATP s.r.l. è un'azienda che opera nel campo dei materiali compositi dal 1968. Nella seconda metà degli anni Settanta l'Azienda ha introdotto una moderna tecnologia di *filament winding* per la produzione di serbatoi di varie dimensioni sia per alimenti che per prodotti chimici. Tra il 1985 e il 1990, sono state introdotte altre tecnologie di produzione innovative: RTM, pre-formatura, iniezione sotto vuoto. Nel 1985 è stata stabilita una joint venture con il Gruppo Pirelli per l'introduzione di una tecnologia nuovissima, in Europa, per la produzione di manufatti compositi industriale: la "PULTRUSIONE". Oggi l'azienda possiede 10 linee di pultrusione ed offre prodotti in GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer), comunemente nota come Vetrosesina. Di seguito un elenco sintetico dei prodotti realizzati e relative applicazioni :

- Consolidamento in galleria: sia consolidamento tradizionale con tubi per iniezioni in pressione (Fig. 1.a), sia con sistema di consolidamento S.I.C.S (Sistema Integrato Consolidamento Strutturale) composti da uno a tre piatti per iniezioni a bassa pressione con tubo interno in PE a bassa densità, sia con barre per il consolidamento radiale che con auto-perforanti;
- Sostegno fronte scavo: sia con Berlinesi (-tiranti attivi in GFRP composti da tubi o elementi strutturali assemblati con piatti in GFRP, teste e piastre di ripartizione, - Micropalo in GFRP) che con barre e staffe in GFRP per soft-eye;
- Profili per serramenti come soglia per scorrevoli, doga, pultruso legno, stecca persiana;
- Accessori e componenti per sicurezza in galleria come corrimano e mensole di supporto;
- Profili per recinzioni radiotrasparenti;
- Rete e connettori di fissaggio.

Relazione dal titolo: “Sviluppo di una nuova tecnologia per la produzione di gabbie di armatura in GFRP da utilizzare per i conci delle gallerie”

ATP è sempre alla ricerca di prodotti capaci di soddisfare le molteplici esigenze di mercato nel campo dell'ingegneria civile e non solo, impegnandosi a seguire l'evoluzione delle tendenze e delle richieste dei clienti. Particolare enfasi viene posta alle applicazioni quali: gallerie ed opere in sotterraneo.

Negli ultimi decenni, lo sviluppo tecnologico e sociale ha posto la necessità di realizzare lunghe gallerie in area urbana nella maniera più rapida possibile, limitando gli spostamenti in superficie. Il progetto di una galleria è oggi più di ieri un obiettivo complesso e presenta una serie di criticità. Le scelte relative a questo progetto sono dettate sia dalla necessità di assicurare il corretto funzionamento e la sicurezza dell'opera, sia dall'esigenza di garantire che la sua realizzazione non arrechi danni alle strutture esistenti ad essa vicine.

Per rispondere alle richieste attuali, è stato accelerato lo sviluppo e la diffusione di macchine che eseguono lo scavo rapidamente, e che contemporaneamente: sostengono il fronte di scavo mantenendolo ad uno stato tensionale prossimo a quello indisturbato e sostengono i primi metri della galleria in scavo mediante uno scudo d'acciaio cilindrico. Queste attrezzature sono le Tunnel Boring Machines (TBM). Con questi strumenti la rimozione del terreno viene generalmente effettuata a sezione piena attraverso una serie di corone dentate. Il loro utilizzo è sempre più richiesto e conveniente anche su lunghezze di tunnel via via più ridotte.

Il rivestimento di una galleria realizzata mediante TBM è costituito da un insieme di conci (segmenti di tunnel) curvilinei (rif. fig.1), che affiancati, realizzano un anello circolare di spessore uguale a quello dei conci.

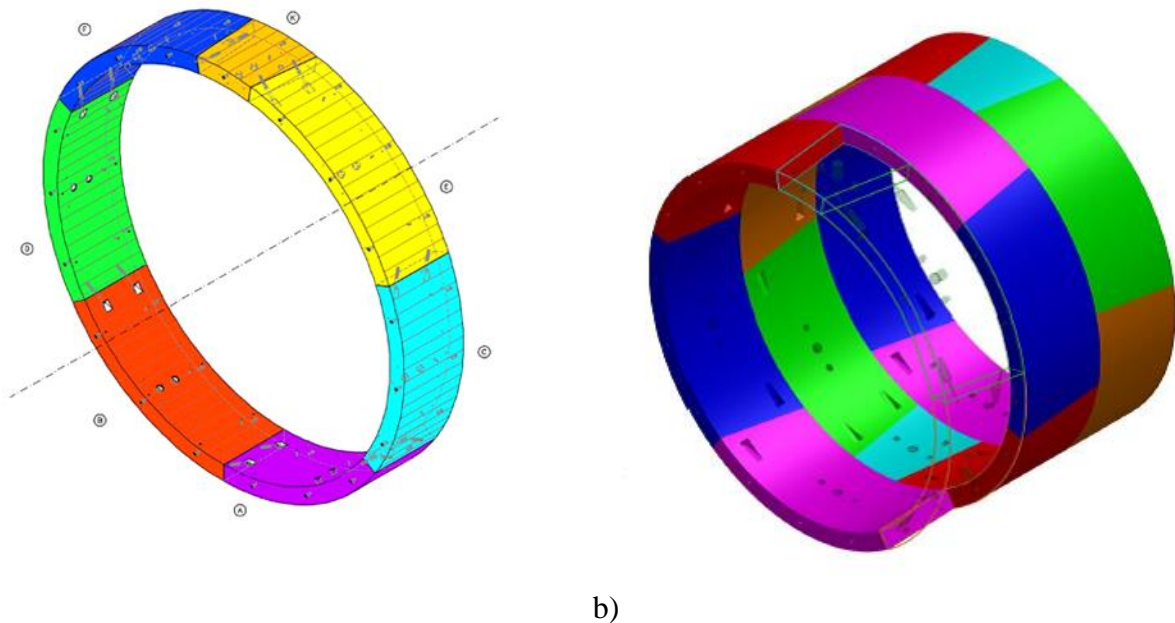


Figura 1: a) singolo anello costituito da più conci; b) unione di più anelli affiancati.

Dal punto di vista geometrico, i conci possono essere catalogati in base alla disposizione delle facce anteriore e posteriore, ed in base alla forma. Esistono conci a facce parallele, che compongono i cosiddetti “anelli retti”, mostrati nella figura 2 (si tratta di rettangoli avvolti sul cilindro), e conci a facce non parallele, (che sono invece composti di trapezi avvolti su un cilindro) formanti i cosiddetti “anelli conici o rastremati”, mostrati nella figura 3.

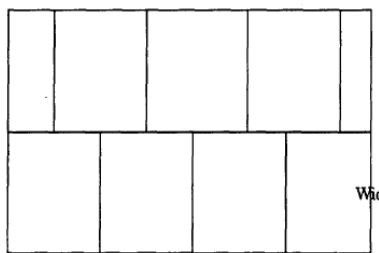


Figura 2: Conci a facce parallele

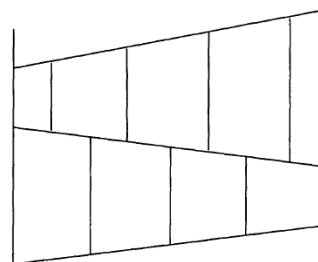


Figura 3: Conci a facce non parallele

Le forme più frequenti dei conci di rivestimento sono: rettangolari, trapezoidali, a parallelogramma. Ad oggi tali conci sono prevalentemente realizzati in calcestruzzo armato prefabbricato.

L’armatura metallica in un ambiente molto particolare come quello delle gallerie presenta però, soprattutto in alcune condizioni, una serie di svantaggi. Tali inconvenienti possono presentarsi sia durante la fase di avanzamento della TBM, che durante la fase di esercizio della galleria.

Durante la realizzazione di un tunnel con TBM, ci sono dei conci che saranno demoliti, ad esempio per far posto a tunnel di collegamento di emergenza (bypass) o per consentire la realizzazione di nicchie antincendio o per la realizzazione di stazioni sotterranee. In questi casi l’armatura metallica è

un grosso vincolo, essa infatti non può essere demolita dalla TBM, perché ne risulterebbe danneggiato lo scudo ed è quindi necessario procedere allo smantellamento manuale dei conci che prevede un aumento dei costi, dei tempi ed anche dei rischi per gli operatori coinvolti.

Altri problemi si presentano anche durante la fase di esercizio dei conci, durante la quale l'armatura metallica presente in essi è fortemente soggetta agli agenti chimici coi quali si trovano a contatto. Nei tunnel idraulici gli agenti aggressivi sono all'interno e sono proprio i fluidi che vi scorrono (caso condotte fognarie); nei tunnel stradali o ferroviari gli agenti corrosivi sono all'esterno, si riscontrano spesso dei cloruri che danneggiano l'acciaio, come ad esempio nei tunnel scavati in prossimità delle coste. Esistono soluzioni per creare impermeabilizzazioni dall'esterno ma sono costose e su di esse non è possibile fare manutenzione. Inoltre, in alcuni tunnel metropolitani è richiesto un isolamento elettrico e per ottenerlo, in presenza di armature metalliche, si affrontano costi significativi.

Per rispondere a tutte queste richieste tecniche ATP ha ideato il progetto COMPOSKE, acronimo di COMPOSite SKEletons, in collaborazione con l'Università di Roma Tor Vergata e finanziato dalla Comunità Europea (nell'ambito di Horizon 2020, con un numero di progetto 672267). Il progetto nasce e si sviluppa una valida soluzione alle problematiche presentate dall'armatura metallica nei conci attraverso l'utilizzo di una armatura in composito. Questo progetto, iniziato nel luglio 2015 e che si concluderà nel giugno del corrente anno, ha come obiettivo quello di sviluppare sia dei prodotti che una tecnologia capace di sostituire il rinforzo tradizionale in acciaio con degli elementi in GFRP nei segmenti prefabbricati per tunnel. Gli FRP sono considerati una nuova classe di materiali da costruzione quando confrontati con i materiali tradizionali come l'acciaio, il calcestruzzo, la muratura. Il relativo recente e crescente interesse nei confronti degli FRP nell'ambito dell'ingegneria strutturale è legato alle sue vantaggiose proprietà: un alto rapporto tra forza e peso, neutralità elettromagnetica, eccellente comportamento a fatica, maggiore durabilità inclusa la resistenza alla corrosione.

L'uso dei rinforzi in GFRP nei conci adduce una serie di vantaggi, principalmente legati agli aspetti della durabilità. In particolare è di grande interesse la possibilità di ridurre il copriferro che è usualmente un punto di rottura per questo tipo di strutture (il copriferro può rompersi durante il trattamento dei conci oppure può essere causato dalle spinte della TBM). Inoltre, l'uso di armature in GFRP è adottabile nei tunnel dove la richiesta del ciclo di vita è maggiore o superiore ai 100 anni. La soluzione proposta da ATP è adottabile in tutte le parti di tunnel che devono eventualmente essere rimosse (problemi tipici nei tunnel con TBM di cui sopra). In questi casi, i segmenti armati con GFRP potranno essere facilmente demoliti e smaltiti. La bassa resistenza al taglio permette alla TBM di attraversare facilmente la sezione di diaframma rinforzato con fibra di vetro, demolendo i conci e senza apportare danni alla macchina, con enormi vantaggi in termini di sicurezza, di risparmio di tempo e quindi anche economici.

Altro aspetto preferibile dell'armatura in vetro è legato al minore impatto ecologico. Infatti, per smaltire conci armati con GFRP non occorre procedere alla separazione dei metalli bensì potranno essere smaltiti insieme al calcestruzzo; questo aspetto per nulla secondario produce un importante risparmio di tempo e di denaro.

Prima di arrivare alla redazione del progetto in tutte le sue parti, ATP ha svolto un'indagine di mercato, ed i principali fattori sui quali l'utilizzo di rinforzi in GFRP è risultato promettente sono stati:

- DURABILITA'
- PROPRIETA' DIELETTICHE

- RADIO-TRASPARENZA
- FACILITA' DI SMONTAGGIO
- ECOCOMPATIBILITA'.

Per queste ragioni, le principali applicazioni per il prodotto sviluppato in questo progetto sono individuate in:

- Segmenti prefabbricati da demolire
Per la realizzazione di: by-pass, nicchie anti-incendio e ampliamento di tunnel esistenti.
- Giunti dielettrici in tunnel metropolitani e ferroviari
Inseriti nei tunnel, anche per pochi metri, segmenti prefabbricati di conci completamente armati con GFRP, garantiscono una interruzione sicura ed economica della conduttività causata dal rinforzo in acciaio dei segmenti prefabbricati.
- Fognature.

Dopo aver valutato quindi gli aspetti tecnico/commerciali si approfondiscono i dettagli analitici del progetto. Al fine di individuare la corretta tipologia ed il necessario quantitativo di armature con fibra di vetro, sono state progettate e testate diverse soluzioni di armatura per conci.

Ogni soluzione è stata prima opportunamente progettata e poi realizzata presso il laboratorio di Ricerca e Sviluppo ATP. La realizzazione in sede è stata di notevole aiuto, si è potuto in questo modo seguire *step by step* tutta la fase di realizzazione del prodotto, potendo valutare durante la produzione, sia la qualità del prodotto che l'efficacia della tecnologia. La geometria curva del conco (fig. 4) prevede l'impiego di armatura che segue la sua curvatura; con i materiali tradizionali ciò è ottenuto mediante modellatura di barre e staffe in direzione trasversale che possono essere sagomate secondo le esigenze.

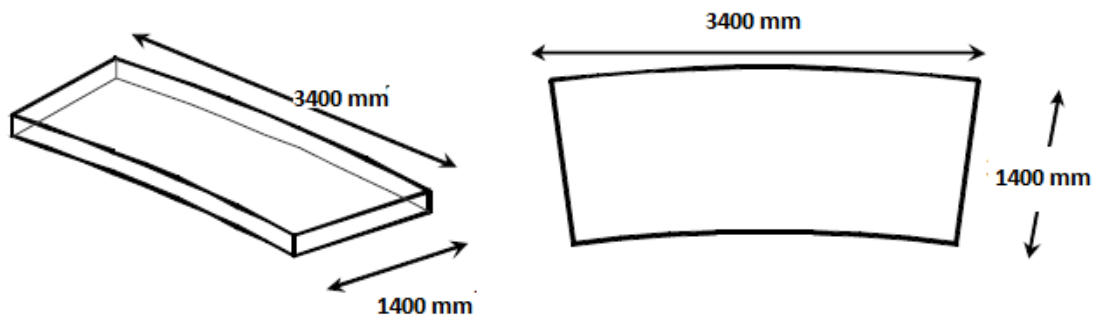


Figura 4: Geometria dei conci metropolitani.

Gli elementi in GFRP, dato il loro comportamento elasto-fragile, non possono essere modellati dopo la polimerizzazione, a differenza dell'acciaio che dopo la sua produzione può essere piegato secondo le più svariate esigenze.

. Questa considerazione lascia facilmente intuire come tutta l'armatura in GFRP, compresa quella da inserire nei conci, non può essere modificata dopo la produzione.

Per risolvere questo problema è stata sviluppata dall' Ufficio Ricerca e Sviluppo di ATP una tecnologia innovativa di produzione (prototipale).

Tale tecnologia, ad oggi in fase di brevettazione e quindi non ancora divulgabile, consente la realizzazione di armatura in composito, in particolare in GFRP, di qualsiasi forma. L'aspetto completamente innovativo è proprio questo: riuscire a realizzare elementi di armatura con qualsiasi geometria. Per poter realizzare le gabbie di armatura per conci in vetroresina, non essendo i singoli elementi modellabili post produzione, è stato indispensabile progettare di pari passo un modulo

tecnologico capace di produrli sostituendo una produzione, come quella delle staffe, quasi del tutto artigianale. Nel caso dell'armatura per i conci tale tecnologia è ancor più d'aiuto data la natura curvilinea degli elementi. Una volta stabilita la sagoma dell'armatura, i suoi vertici vengono riprodotti su un apposito tavolo attraverso il posizionamento di supporti fissi. La fibra di vetro, precedentemente impregnata nella resina, viene deposta intorno a questi supporti e disegna la sagoma cercata. Si passa successivamente alla fase di polimerizzazione e si ottiene così l'elemento sagomato in GFRP che costituirà parte dell'armatura.

Sono state progettate diverse soluzioni di armatura con l'obiettivo di scegliere quella con il giusto equilibrio tra efficacia nella resistenza e facilità nel montaggio.

Le tre diverse soluzioni:

- Ad anelli (sigla FGR1)
- A traliccio (sigla FGR2)
- Con rete (sigla FGR3).

La prima soluzione consiste nella direzione longitudinale, in una coppia di barre curve che affiancate realizzano un anello che segue la geometria del concio, mentre nella direzione trasversale ci sono staffe rettangolari, opportunamente sagomate per consentire il passaggio ed il successivo ancoraggio dell'armatura principale.

La seconda soluzione, denominata a traliccio, consiste in un traliccio curvo e barre curve nella direzione longitudinale, ed in un traliccio, inscritto in un rettangolo per l'armatura trasversale. Tale soluzione, realizza una gabbia di armatura molto fitta e complessa.

La terza soluzione, consiste in un'armatura principale realizzata da una rete all'intradosso ed una all'estradosso, collegate e distanziate tra loro attraverso delle piccole staffe.

Le tre soluzioni sono completamente diverse tra loro, questo per poter, attraverso il confronto dei diversi comportamenti, efficacemente capire quale tra esse risponde meglio ai requisiti di progetto.

Per individuare la soluzione più adeguata, ognuna è stata soggetta a due diverse prove: una prova a flessione per verificare il comportamento fessurativo ed a rottura sotto azioni flettenti ed una prova con carico concentrato, applicato assialmente al concio, simulante l'effetto del martinetto in fase di spinta della fresa. Tali test sono stati effettuati presso l'Università degli studi di Tor Vergata, sia su conci di tipo idraulico che di tipo metropolitano i quali differiscono principalmente per le dimensioni, il tipo idraulico ha dimensioni ridotte rispetto a quello metropolitano.

Nella prova a flessione, il carico è stato distribuito su quattro punti lungo la direttrice di sommità secondo lo schema illustrato nella Figura 7, al fine di garantire una corretta diffusione delle azioni.

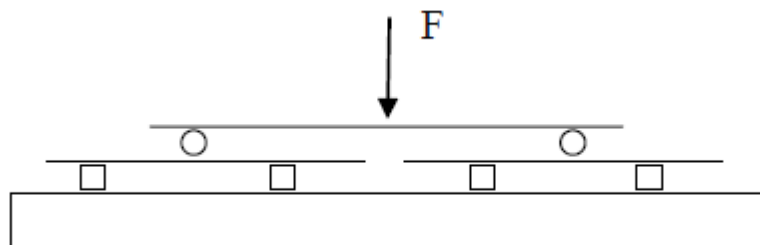


Figura 5: Schema per la rappresentazione della prova a flessione su conci.

Durante le prove è stato misurato costantemente il Carico complessivo F applicato; la freccia dell'elemento strutturale, misurata mediante tre trasduttori di spostamento a filo potenziometrici posti lungo la generatrice di mezzzeria; l'allungamento delle fibre tese, misurato mediante due trasduttori

di spostamento induttivi (LVDT); le lesioni sulle superfici di intradosso ed estradosso del conchio e la loro evoluzione in funzione del carico F applicato. Tutto questo per poter ben descrivere il quadro fessurativo che presenta il conchio post prova ottenendo il diagramma carico spostamento in Fig. 6.

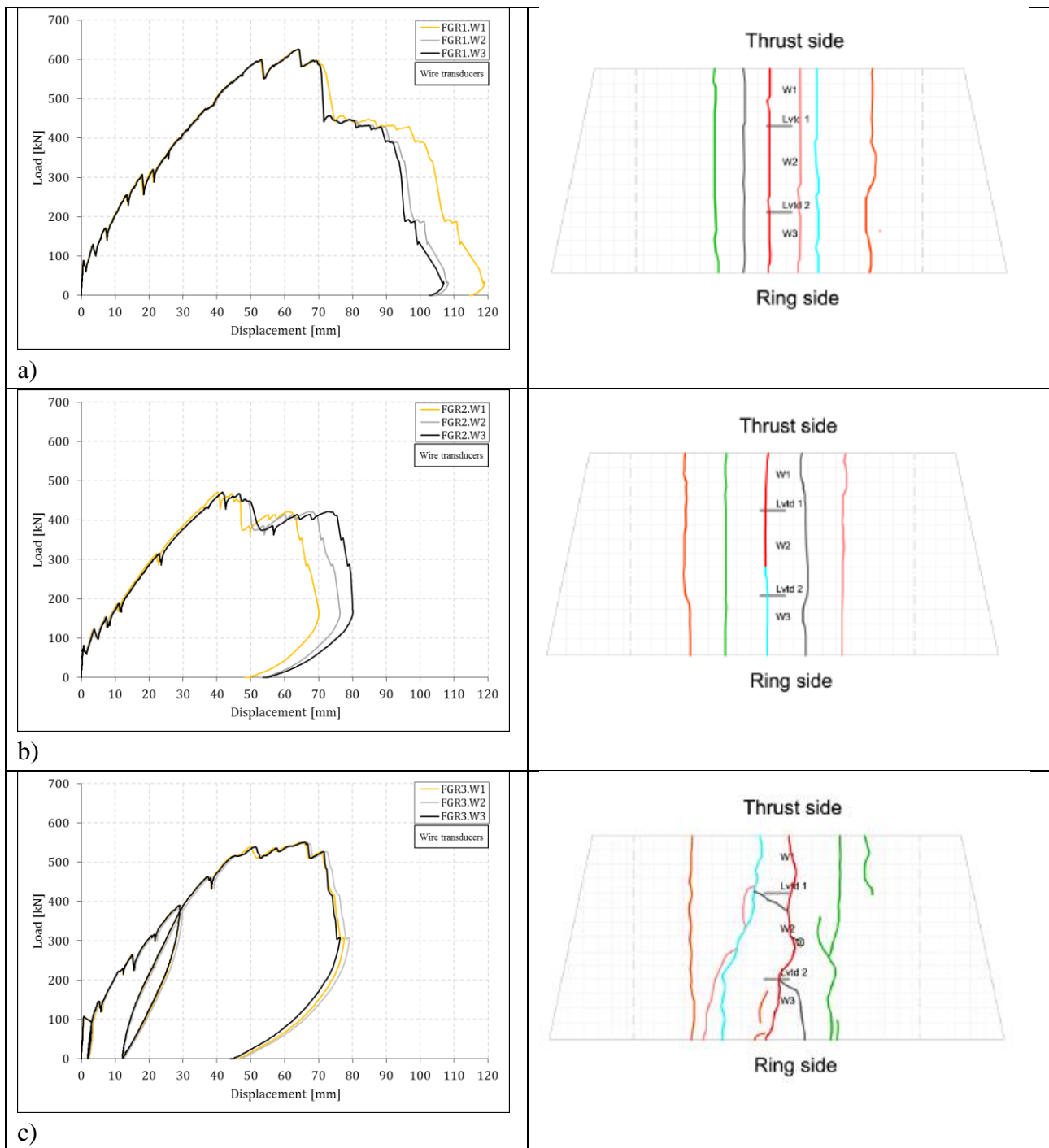


Figura 6: Diagrammi carico-spostamento ottenuti da prove a flessione e relativo quadro fessurativo per soluzione ad anello a), a traliccio b) e con rete c).

Una delle condizioni di carico particolarmente gravose è rappresentata dalla spinta dei martinetti per l'avanzamento della TBM. Tale situazione viene testata attraverso una prova di compressione dove il carico, applicato utilizzando un martinetto idraulico ed un telaio di contrasto, è stato ripartito sull'elemento attraverso tre piastre di acciaio con area di impronta che riproduce esattamente la condizione di carico fornita dei martinetti della fresa (Figura 7-8).

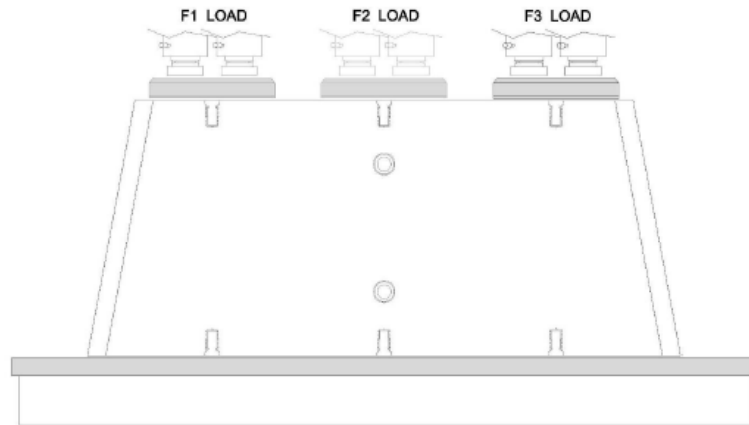


Figura 7: Rappresentazione del carico sulle tre piastre simulando la spinta della TBM.

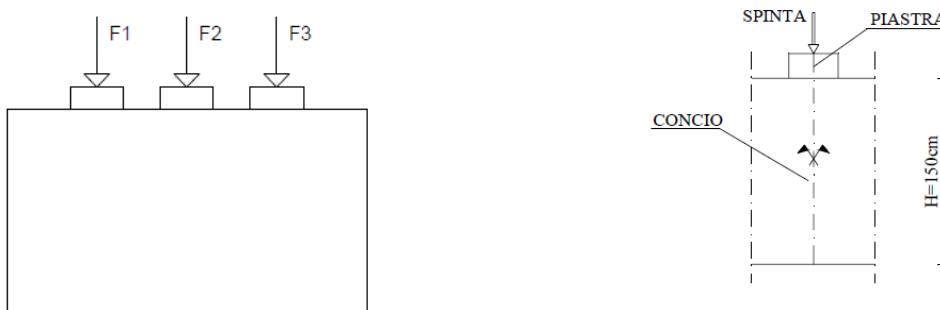
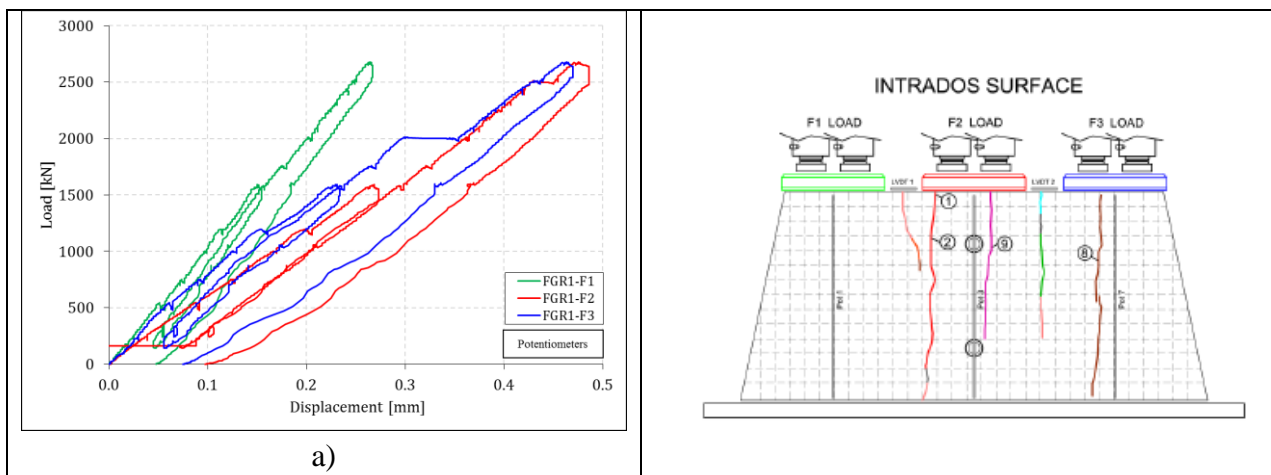


Figura 8: Schema per una prova a compressione

Durante la prova sono state misurate con continuità le seguenti grandezze: Carico F applicato dal martinetto ; - Abbassamento della piastra di carico misurato attraverso tre trasduttori potenziometrici a filo; Deformazione trasversali delle fibre all'intradosso del concio misurate con due trasduttori induttivi (LVDT) posti a 200 mm dalla piastra di carico; Rilievo delle lesioni sulle superfici di intradosso ed estradosso del concio e descrizione della loro evoluzione in funzione del carico F applicato come mostrato nella Fig. 9.



La soluzione FGR1 quindi, è quella che raggiunge i valori più alti di carico ultimo sfruttando le proprietà delle fibre di vetro ed è anche la soluzione migliore per l'industrializzazione. Questa soluzione soddisfa i requisiti di aderenza (e di contenimento delle fessure) con l'operazione di sabbiatura. Portando in conto il suo alto potenziale di industrializzazione, con tale soluzione abbiamo stimato una riduzione dei tempi di produzione e conseguente aumento della produzione (e vendita) di volumi.

Gli impatti, le performance attese in base alle esigenze definite sono:

- Con l'uso dei nuovi rinforzi in GFRP sarà possibile ridurre i costi usando meno calcestruzzo e garantendo una vita più lunga alla struttura;
- I principali vantaggi saranno: resistenza alla corrosione, materiale più leggero, nessuna conducibilità. Anche dal punto di vista ambientale, questo prodotto può essere considerato vantaggioso: è ben noto che è richiesta meno energia, rispetto all'alluminio o all'acciaio, per produrre i materiali compositi.

Ad oggi gli obiettivi proposti si stanno via via realizzando, resta l'auspicio di poter completare la brevettazione delle soluzioni ATP ed industrializzare completamente il processo di produzione in modo da poter fornire una gabbia di armatura in vetroresina per conci con un'altissima qualità, data la applicazione così strategica e infine poter trasferire anche ad altri prodotti tale tecnologia seguendo una politica *client-oriented*.