


Galileo

periodico dell'ordine degli ingegneri della provincia di Pisa

SOMMARIO

Attività dell'ordine	3
Attività formativa Novembre 2016 - Aprile 2017	5
Comunicazione casella PEC	6
Comunicazione nuova convenzione Norme UNI	6
Quando la comunicazione diventa "EFFICACE" <i>Laura Maestri</i>	7
Pisa-Mover, cronaca di un fiasco annunciato <i>Riccardo Ciuti</i>	9
Il progetto europeo SUREBridge <i>Antonfranco Pasquale, Fabio Ricci, Juan Carlos Miranda Santos, Paolo S. Valvo, Erika Davini, Cristiano Alocci</i>	17
Il regime forfetario <i>Stefania Agrelli, Elisa Tosarelli</i>	27
La responsabilità tra passato e presente <i>Massimo G. Messina</i>	31
 DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA - 13 febbraio 2017, n. 31	35
Il sito web dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Pisa <i>Fabio Di Lupo</i>	53
Attività delle Commissioni Consultive Novembre 2016 - Marzo 2017	55

Direttore responsabile
Fabrizio Felici

Comitato di redazione
Riccardo Ciuti (Coordinatore editoriale)
Fabrizio Felici
Giancarlo Vecchi
Carlo Cioni
Francesco Manetti
Chiara Fiore

Hanno collaborato a questo numero

Laura Maestri
Riccardo Ciuti
Antonfranco Pasquale
Fabio Ricci
Juan Carlos Miranda Santos
Paolo S. Valvo
Erika Davini
Cristiano Alocci
Stefania Agrelli
Elisa Tosarelli
Massimo G. Messina
Fabio Di Lupo

Editore

Istos Edizioni Soc. Coop. / Felici Editore
via di Gello, 25 - 56123 Pisa

Felici Editore è un marchio di proprietà
della Istos Edizioni Soc. Coop.
Autorizzazione del Tribunale di Pisa
n° 17/1991 del 14/03/06

Le pagine di "Galileo" sono aperte a tutti coloro che desiderino collaborare con la redazione fornendo informazioni, idee, commenti, critiche o proponendo argomenti riguardanti la professione. Gli articoli firmati riflettono esclusivamente le opinioni dell'autore.

Copertina - Pisa-Mover

Sul retro - Ritratto di Galileo Galilei

IL PROGETTO EUROPEO SUREBridge

Un utilizzo innovativo dei materiali compositi per il recupero sostenibile dei ponti stradali esistenti

di Antonfranco Pasquale*, Fabio Ricci*, Juan Carlos Miranda Santos*, Paolo S. Valvo**, Erika Davini**, Cristiano Alocci**

* A.I.C.E. Consulting S.r.l., ** Università di Pisa, Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale



VENERDÌ 22 SETTEMBRE 2017 PRESSO LA SCUOLA DI INGEGNERIA DELL'UNIVERSITÀ DI PISA SI TERRÀ UN SEMINARIO PUBBLICO NEL QUALE SARANNO PRESENTATI I PRIMI RISULTATI DEL PROGETTO DI RICERCA SUREBRIDGE.

PER MAGGIORI INFORMAZIONI, CONSULTARE IL SITO www.surebridge.eu

SOMMARIO

Il progetto di ricerca europeo SUREBridge (*Sustainable Refurbishment of Existing Bridges*) sta mettendo a punto una soluzione innovativa per il rinforzo strutturale dei ponti stradali esistenti. La tecnica proposta sfrutta le proprietà dei materiali compositi FRP (*fibre-reinforced polymers*) per minimizzare l'uso di risorse e i tempi di cantiere. La tecnica sviluppata consente di ripristinare la capacità portante di un impalcato da ponte, diminuita nel tempo per fenomeni di degrado e danneggiamento, o di incrementarla ai livelli richiesti da nuove normative; inoltre, la tecnica consente di allargare la sede stradale, ove necessario per adeguarla a mutate esigenze di traffico.

Il sistema SUREBridge si applica a ponti di calcestruzzo armato o a struttura mista acciaio-calcestruzzo.

A differenza di interventi di tipo tradizionale, che prevedono la demolizione totale o parziale della soletta di calcestruzzo, la soluzione prospettata da SUREBridge prevede di mantenere la soletta esistente, rinforzandola mediante l'applicazione di pannelli *sandwich* rinforzati con fibre di vetro. Inoltre, la tecnica comprende l'uso di laminati di fibra di carbonio pretesi per rinforzare le travi longitudinali del ponte.

INTRODUZIONE

Stato dell'arte

Gli interventi di rinforzo e adeguamento dei ponti esistenti, eseguiti con tecniche tradizionali, comportano spesso una serie di disagi. Frequentemente, nei ponti di calcestruzzo armato, nel caso in cui le travi longitudinali si trovino in buone condizioni, si procede alla sostituzione della soletta di calcestruzzo ammalorata o al suo rinforzo con una controsoletta, anch'essa di calcestruzzo. Questa pratica presenta, tuttavia, una serie di svantaggi: utilizzo di strumentazioni pesanti per la demolizione e il successivo getto di calcestruzzo, tempi di attesa per



Fig. 1 - Sostituzione di una soletta di c.a. con pannelli di FRP [2].

la presa e l'indurimento dello stesso, incremento del peso proprio nel caso di controsoletta di calcestruzzo, produzione di materiale di risulta da smaltire, rumore e disturbo del traffico [1]. Pertanto, nel corso degli anni si è sviluppata la necessità di sperimentare nuove tecniche e nuovi materiali al fine di ottenere interventi di più rapida esecuzione e meno impattanti sull'ambiente circostante. In proposito, i materiali compositi polimerici fibrorinforzati, più comunemente noti con l'acronimo FRP, rappresentano una valida alternativa ai materiali tradizionali, grazie alle loro proprietà meccaniche che uniscono elevata resistenza e durabilità ad un basso peso volumico. Gli interventi eseguiti negli ultimi anni utilizzando questi materiali prevedevano la demolizione della soletta di calcestruzzo originaria e la sua sostituzione con un impalcato leggero di FRP, vedi Fig. 1 [2]. Questo tipo di soluzione presenta diversi vantaggi rispetto alle tecniche tradizionali, tra cui il peso inferiore dell'FRP rispetto a quello del calcestruzzo, ma persiste, ad esempio, il problema della gestione degli scarti di lavorazione.

Il progetto SUREBridge

Nel contesto sopra descritto, trova spazio il progetto di ricerca europeo *SUREBridge*, co-finanziato dall'Unione Europea nell'ambito del 7° Programma Quadro attraverso ERA-NET Infravation 2014 Call. *Infravation* coordina diversi Enti preposti alla gestione delle infrastrutture nei rispettivi Paesi europei, tra cui l'italiana ANAS, oltre all'israeliana *Netivei Israel* e la statunitense *Federal Highway Administration* [3].

Il progetto *SUREBridge* è partito nell'ottobre 2015 e terminerà a marzo 2018, per una durata complessiva di 30 mesi. Il progetto è coordinato dal Prof. Reza Haghani della *Chalmers University of Technology* di Göteborg, Svezia [4], che ha messo a punto una particolare tecnica di presollecitazione per *step* successivi dei laminati di CFRP (*carbon fibre-reinforced polymer*), grazie alla quale è possibile mitigare il temibile problema del distacco dei laminati dal supporto di calcestruzzo [5].

Partecipano al progetto:

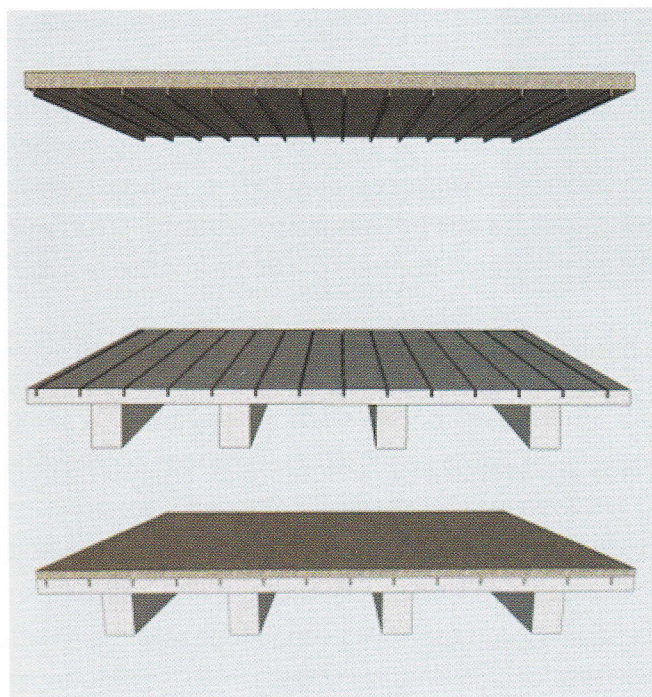
- *FiberCore Europe* di Rotterdam, Paesi Bassi, azienda specializzata nella realizzazione di strutture civili di materiale composito fibrorinforzato; vanta la produzione di *InfraCore Inside*®, un pannello sandwich avente le pelli esterne (*skin*) di GFRP (*glass fibre-reinforced polymer*) e anima (*core*) di schiuma poliuretanic; la tecnologia costruttiva usata, basata sull'infusione sotto vuoto, sfrutta una opportuna distribuzione spaziale degli strati di fibre per rendere i pannelli particolarmente resistenti nei confronti della delaminazione interna [6];
- *A.I.C.E. Consulting S.r.l.* di Ghezzano (Pisa), società d'Ingegneria operante dal 1990 in Italia e all'estero nel settore della Progettazione, Direzione Lavori, Diagnostica e Monitoraggio delle costruzioni civili ed industriali [7];
- *Università di Pisa*, impegnata nel progetto *SUREBridge* attraverso il Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale [8].

IL SISTEMA DI RINFORZO SUREBridge

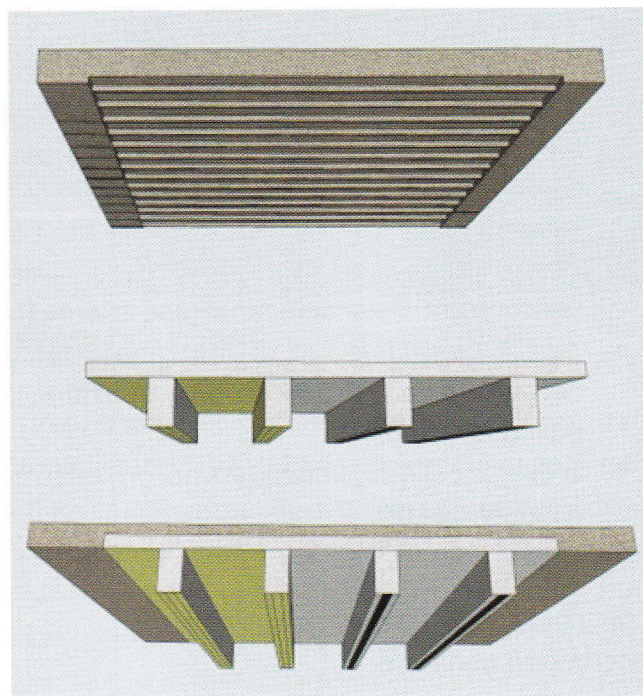
Descrizione generale

Il sistema di rinforzo proposto da *SUREBridge* intende sfruttare le residue capacità portanti della soletta d'impalcato esistente, incrementandole attraverso l'utilizzo di pannelli sandwich e laminati pretesi di materiale composito. I pannelli sandwich rinforzati con fibra di vetro vengono collegati alla soletta esistente me-

dian­te in­col­lag­gio e/o an­co­rag­gi me­cani­ci, con la pos­si­bi­lità di po­ter an­che al­lar­ga­re la se­z­io­ne stra­da­le, sen­za au­men­ta­re in ma­nie­ra ec­ces­si­va il pe­so pro­prio strut­tu­ra­le. I la­mi­na­ti pre­te­si di fi­bra di car­bo­nio ven­go­no ap­pli­ca­ti all'in­tra­dos­so delle tra­vi lon­gi­tu­di­na­li, lad­do­ve la ri­chie­sta di re­si­sten­za sia tale da non po­ter es­se­re con­se­gui­ta con i soli pan­nel­li sand­wich. Le an­li­si nu­me­ric­he con­dot­te fi­no ad og­gi di­mo­stra­no che l'uti­lizzo con­giun­to di que­ste due tec­ni­che con­sen­te di ave­re con­si­de­re­voli in­cre­men­ti di re­si­sten­za, con­te­nen­do nel con­tem­po le di­men­si­o­ni dell'in­ter­ven­to ste­so. In Fig. 2 è mo­stra­to uno sche­ma ese­m­pli­fi­ca­ti­vo della so­lu­zio­ne pro­po­sta, che in­ten­de ot­te­ne­re in­ter­ven­ti di rin­for­zo strut­tu­ra­le ef­fi­ca­ci e ba­sa­ti su pro­ces­si co­strut­ti­vi fle­ssi­bi­li con il mi­nor spre­co pos­si­bi­le di ri­sor­se e di tem­pi per la rea­liz­za­zio­ne [9].



a)



b)

Fig. 2 - Schema esemplificativo del sistema **SUREBridge**: a) solo rinforzo; b) rinforzo e allargamento [9].

UN CASO STUDIO Il ponte sul fiume Elsa

L'efficacia della soluzione proposta da *SUREBridge* è stata valutata mediante l'analisi di un caso studio, individuato in un ponte sul fiume Elsa in località Isola di San Miniato, Fig. 3 [10].



Fig. 3 - Il ponte sul fiume Elsa scelto come caso studio del progetto *SUREBridge*.

L'opera è situata lungo la strada provinciale n. 40, sul tratto che collega la località di Isola in comune di San Miniato (PI) e la località di Marcignana in comune di Empoli (FI). La struttura ha una luce complessiva di 60 m, suddivisa in quattro campate di 15 m ciascuna, vedi Fig. 4.

La larghezza utile della sezione trasversale è di 3 m, percorribile dai veicoli in senso alternato. L'impalcato è realizzato mediante 4 travi prefabbricate precomprese a fili aderenti, poste ad interasse di 1 m, e da una soletta di calcestruzzo armato gettata in opera di spessore pari a 16 cm.

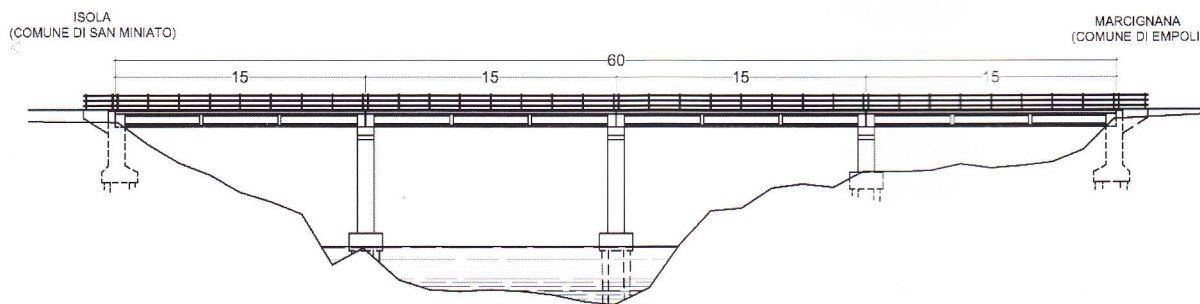


Fig. 4 - Vista longitudinale del ponte sul fiume Elsa.

Il ponte risulta realizzato nel 1968 sulla base del progetto dell'allora ingegnere comunale Francesco Lorenzi, a seguito del crollo di una passerella pedonale in ferro risalente al 1950.

La documentazione originale è stata reperita da A.I.C.E. Consulting durante la campagna di indagini *in situ* condotta nel 2006. Nel corso di tali indagini sono emerse diverse problematiche, tra cui un diffuso degrado della superficie dei calcestruzzi e la corrosione di alcune trecce da precompressione in una delle travi di riva lato Empoli.

L'analisi strutturale basata su un modello numerico agli elementi finiti, Fig. 5, con l'utilizzo del software Straus7 [11] ha consentito di individuare le principali criticità strutturali presenti nell'opera d'arte.

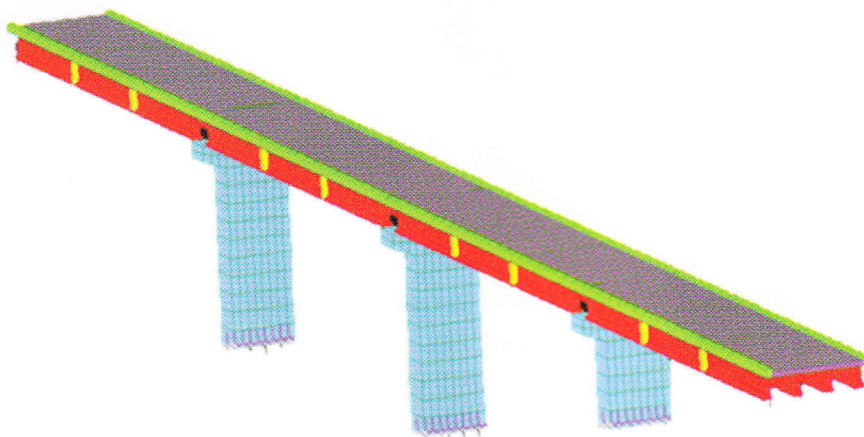


Fig. 5 - Modello agli elementi finiti del ponte sul fiume Elsa.

Progetto di rinforzo col sistema SUREBridge

Sulla base delle analisi effettuate, è stata progettata una ipotesi di rinforzo del ponte che, oltre ad incrementare la capacità portante dell'impalcato esistente, include l'allargamento della sezione stradale mediante l'utilizzo di un pannello di GFRP solidarizzato alla soletta di calcestruzzo. In Fig. 6 è riportata la sezione trasversale attuale e quella nell'ipotesi di intervento. I pannelli di GFRP vengono orientati trasversalmente rispetto all'asse longitudinale del ponte, così da adeguare la resistenza a flessione e a taglio della soletta in tale direzione.

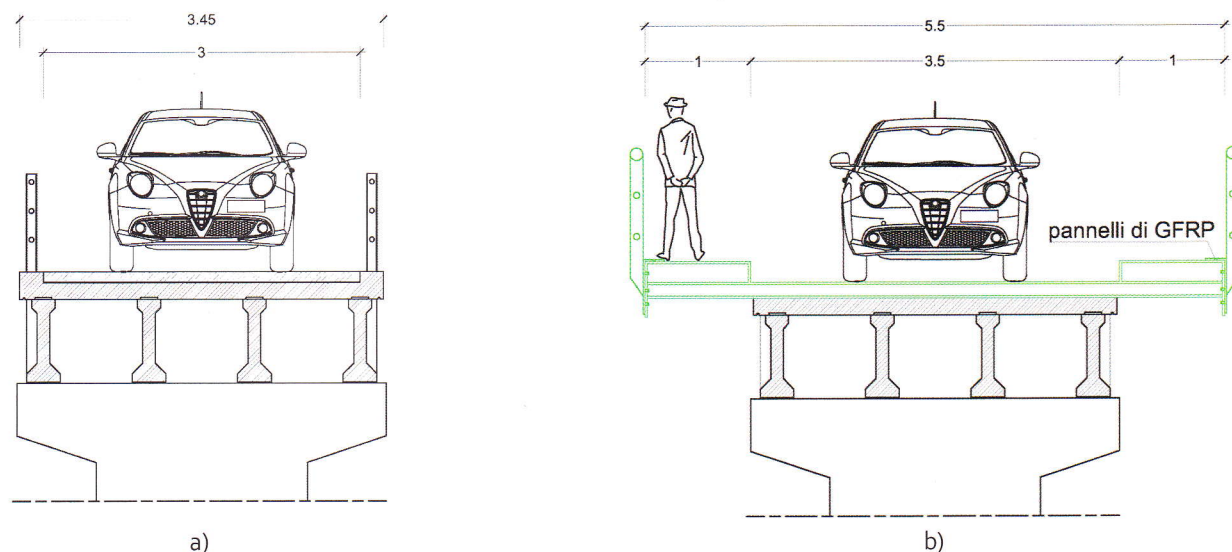


Fig. 6 - Sezione trasversale: a) stato attuale; b) ipotesi di intervento.

La Fig. 7 mostra un particolare dell'intervento di rinforzo dell'impalcato. L'applicazione all'intradosso delle travi di laminati pretesi di CFRP, unitamente ai pannelli di GFRP all'estradosso della soletta, consente di incrementare la resistenza flessionale della sezione complessiva (trave + soletta collaborante). Inoltre, in prossimità delle sezioni di appoggio di ciascuna campata, si prevede un rinforzo a taglio delle travi mediante nastri di CFRP (non pretesi) disposti ad U attorno alla sezione precedentemente resa rettangolare.

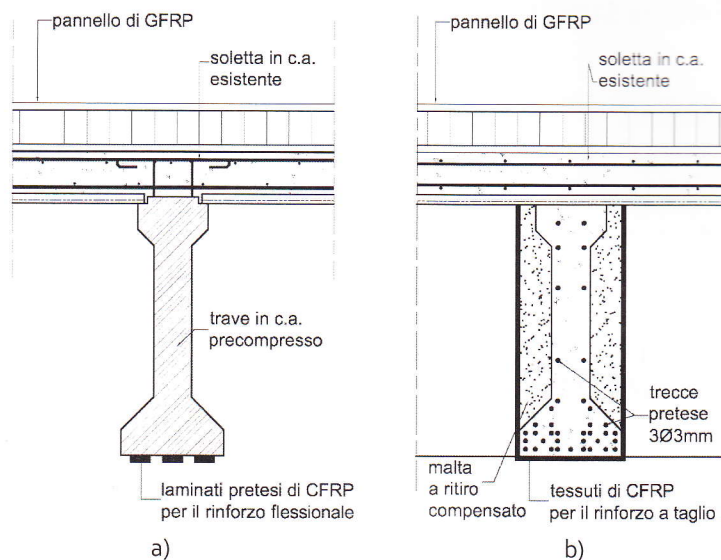


Fig. 7 - Rinforzo dell'impalcato: a) sezione corrente; b) sezione all'appoggio.

La Tabella 1 riporta i valori del momento sollecitante (nella combinazione di carico più gravosa prevista dalle vigenti NTC 2008 [12]) e dei momenti resistenti della sezione complessiva (nello stato attuale e nell'ipotesi di rinforzo con il sistema *SUREBridge*). La pretensione iniziale in ciascun laminato di CFRP è 100 kN in accordo con la particolare tecnica di presollecitazione [5], mentre la massima deformazione dei laminati è stata limitata secondo le Istruzioni CNR-DT 200 R1/2013 per evitare la modalità di crisi per distacco intermedio dal supporto [13].

Tabella 1 - Momento sollecitante e resistente della sezione rinforzata col sistema *SUREBridge*

Sezione	Domanda	Capacità	
	Momento sollecitante	Momento resistente stato attuale	Momento resistente <i>SUREBridge</i>
Mezzeria travi longitudinali	1313 kN m	992 kN m	1418 kN m

CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

L'ipotesi di rinforzo del ponte sul fiume Elsa ha evidenziato l'efficacia e le potenzialità della soluzione proposta dal progetto *SUREBridge*. Regolando, infatti, l'apporto fornito dai laminati pretesi di fibra di carbonio e quello dei pannelli *sandwich* di fibra di vetro è possibile incrementare il momento resistente della sezione resistente dell'impalcato di oltre il 40%, senza ricorso a demolizioni della struttura originaria, che causerebbero disturbi per le utenze e diverse altre problematiche, come esposto nell'introduzione.

Oltre alle valutazioni di carattere teorico, il progetto di ricerca prevede l'esecuzione di prove di laboratorio sia su provini di materiale, sia su prototipi di trave in vera grandezza. Tali prove sono attualmente (primavera 2017) in corso di svolgimento presso la *Chalmers University of Technology*. Infine, il progetto prevede anche lo sviluppo di un software apposito per facilitare la progettazione degli interventi di rinforzo con il sistema *SUREBridge*.

I primi risultati del progetto di ricerca saranno presentati in occasione di un seminario pubblico, che si terrà presso la Scuola di Ingegneria dell'Università di Pisa venerdì 22 settembre 2017. Il seminario sarà aperto a tutti gli interessati.

RIFERIMENTI

M.J. RYALL (2009), *Bridge Management*, 2nd ed., Butterworth–Heinemann, Oxford, UK.
URL: <https://www.elsevier.com/books/bridge-management/ryall/978-0-7506-8511-5>

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (2015), *Accelerated Bridge Construction - Prefabricated Bridge Elements and Systems*.
URL <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/prefab/>

Infravation – ERA-NET Plus for road infrastructure innovation.
URL <http://www.infravation.net>

CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, GÖTEBORG, SVEZIA.
URL <http://www.chalmers.se/cee/EN>

R. HAGHANI, M. AL-EMRANI, R. KLIGER (2015), *A new method for strengthening concrete structures using prestressed FRP laminates*, in *ISEC 2015 – 8th International Structural Engineering and Construction Conference* (Sydney, Australia, 23-28 Nov. 2015), pp. 1153–1158.
URL https://www.isec-society.org/ISEC_PRESS/ISEC_08/html/I-3.xml

FIBERCORE EUROPE, ROTTERDAM, PAESI BASSI.
URL <http://www.fibercore-europe.com>

A.I.C.E. CONSULTING S.R.L., GHEZZANO (PISA).
URL <http://www.aiceconsulting.it>

UNIVERSITÀ DI PISA, DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E INDUSTRIALE.
URL <http://www.dici.unipi.it>

SUREBRIDGE – SUSTAINABLE REFURBISHMENT OF EXISTING BRIDGES.
URL <http://surebridge.eu/>

E. DAVINI (2016): *Un caso studio del progetto europeo SUREBridge: il ponte sul fiume Elsa in località Isola di San Miniato*, Tesi di laurea magistrale in Ingegneria delle Costruzioni Civili, Università di Pisa.
URL: <https://etd.adm.unipi.it/theses/available/etd-09072016-102140/>

STRAUS7 – FINITE ELEMENT ANALYSIS SYSTEM.
URL <http://www.straus7.com/>

D.M. INFRASTRUTTURE DEL 14 GENNAIO 2008, *Nuove norme tecniche per le costruzioni*

CNR-DT 200 R1/2013, *Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo di interventi di consolidamento statico mediante l'utilizzo di compositi fibrorinforzati*, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma, 2014.
URL <https://www.cnr.it/it/node/2620>