



# MANUALE DI PREPARAZIONE ED INSTALLAZIONE

## Sistema Sika® CarboDur®

14.02.2025 / VERSION 2.5 / SIKA ITALIA SPA / FEDERICO MORONI

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>Scopo</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Descrizione del sistema</b>	<b>3</b>
2.1	Referenze	3
2.2	Limitazioni	3
<b>3</b>	<b>Prodotti</b>	<b>5</b>
3.1	Stoccaggio dei materiali	5
<b>4</b>	<b>Attrezzature</b>	<b>6</b>
4.1	Attrezzi	6
4.2	Pulizia	6
4.3	Attrezzature addizionali	6
<b>5</b>	<b>Norme di sicurezza</b>	<b>9</b>
5.1	Valutazione del rischio	9
5.2	DPI – Dispositivi di protezione individuale	9
5.3	Primo soccorso	9
5.4	Smaltimento rifiuti	10
<b>6</b>	<b>Preparazione del substrato</b>	<b>10</b>
6.1	Substrati danneggiati	10
6.2	Analisi pre progetto	11
6.3	Preparazione, pulizia e livellamento del substrato	11
<b>7</b>	<b>Applicazione</b>	<b>13</b>
7.1	Adesivo	13
7.2	Lamine CarboDur®	14
	Protezione del sistema Sika® CarboDur®	15
<b>8</b>	<b>Ispezione e test</b>	<b>16</b>
8.1	Prima dell'applicazione	16
8.2	Ispezioni ed indagini in situ	17
<b>9</b>	<b>Istruzioni operative per la manutenzione</b>	<b>18</b>
9.1	Introduzione	18
9.2	Indagini per l'individuazione dell'eventuale danneggiamento	18
9.2.1	Ispezioni visive	18
9.2.2	Analisi soniche strumentali	18
9.2.3	Analisi termografiche	18
9.2.4	Misure vibrazionali e dinamiche	18
9.3	Ripristino dell'integrità dell'elemento strutturale della zona danneggiata	18
9.4	Ripristino locale del sistema di rinforzo	19
<b>10</b>	<b>Appendice</b>	<b>19</b>
10.1	Installazione su substrati di legno	19
10.2	Registro di cantiere	19
10.3	Checklist: Attrezzature da cantiere necessarie	20
10.4	Checklist: Controllo Qualità in cantiere	20
<b>11</b>	<b>NOTE LEGALI</b>	<b>22</b>

# 1 SCOPO

Questo Manuale di preparazione ed installazione rappresenta una linea guida per l'utilizzo del sistema composito FRP Sika® CarboDur®. Questo documento deve essere usato e correlato a tutti gli altri documenti in vigore, come la Scheda Dati Prodotto, Scheda di Sicurezza e le prescrizioni specifiche del progetto.

Il rinforzo strutturale deve essere applicato SOLO da imprese specialistiche, con esperienza ed opportunamente formate ed istruite. Se fossero necessarie ulteriori informazioni non riportate sul presente documento, non esitare a contattare il Dipartimento Tecnico di Sika Italia S.p.A., che vi assisterà e vi fornirà le informazioni necessarie.

# 2 DESCRIZIONE DEL SISTEMA

Il Sistema Sika® CarboDur® è un Sistema di rinforzo strutturale ad alte prestazioni costituito dalle lamine pultruse in fibra di carbonio Sika® CarboDur® e dagli adesivi Sikadur®-30 o Sikadur®-30 LP. Il sistema è usato per il rinforzo strutturale di edifici esistenti o strutture di ingegneria civile o elementi di esse.

I principali campi di applicazione sono:

- Incremento della capacità portante di elementi strutturali
- Rinforzo a flessione
- Rinforzo di murature
- Cambio di destinazione d'uso di edifici
- Miglioramento delle caratteristiche strutturali per adattarsi a nuovi limiti normativi
- Miglioramento o adeguamento sismico di strutture o riparazione di danneggiamenti dovuti dal sisma
- Prevenzione sismica
- Miglioramento sismico di murature
- Mitigazione di errori progettuali o esecutivi sulle nuove strutture
- Per incrementare o sostituire barre di armatura mancanti

## 2.1 REFERENZE

Questo manuale è stato scritto in accordo alle Linee Guida del CNR **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" ed in accordo al **Fib Technical bulletin 14**, specialmente al capitolo 8: "Esecuzione e controllo di qualità" e fa riferimento anche ai consigli riportati nella **ACI 440.2R-08**.

I prodotti ed i sistemi citati nel presente Manuale di Preparazione ed Installazione sono qualificati secondo la "Linea Guida per l'identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti" pubblicata con DPCS LLPP n. 220 del 09/7/2015.

**Tutti i sistemi preformati qui citati, possono essere utilizzati per il rinforzo strutturale, ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018), secondo quanto previsto alla lett. C del §11.1. I sistemi di rinforzo preformati di Sika Italia SpA sono in possesso del CIT (Certificato di Idoneità Tecnica all'Impiego per Usi Strutturali).**

I test di pull-off dovranno essere eseguiti in accordo alla EN 1542, tenendo in considerazione le limitazioni e i valori citati più avanti.

## 2.2 LIMITAZIONI

- I prodotti devono essere utilizzati solo in conformità al loro campo di utilizzo. La configurazione del sistema composito, così come descritto nella Scheda Dati Prodotto, deve essere rispettata in ogni sua parte e non può essere modificata.

- I sistemi Sika® CarboDur® possono essere utilizzati solo da maestranze in possesso di un adeguato livello di capacità ed esperienza. Tutti i lavori di rinforzo devono essere eseguiti sotto la supervisione di un ingegnere strutturista o comunque di un tecnico abilitato con esperienza sui sistemi di rinforzo con materiali compositi.
- Per ogni altra prescrizione specifica, analisi di rischio, disegni e particolari costruttivi, riferirsi sempre agli elaborati progettuali, redatti dal progettista.
- Far sempre riferimento alle ultime ed aggiornate versioni delle Schede Dati Prodotto e delle schede di sicurezza.
- Prendere sempre nota dei numeri di batch per le lamine Sika® CarboDur® (stampigliati ogni metro sulla lamina stessa) e per le resine Sikadur® che sono usati giornalmente.
- La miscelazione di quantità importanti delle resine Sikadur® e/o temperature ambientali elevate, portano ad una sensibile riduzione del tempo di lavorabilità delle resine. Per prolungare tale tempo, si possono ridurre le quantità di ciascuna miscelazione e/o la temperatura della resina (ad esempio stoccando i contenitori in ambiente fresco fino a poco prima della miscelazione)
- Se fosse necessario procedere a miscele parziali delle confezioni pre-dosate delle resine Sikadur®, rispettare scrupolosamente i rapporti tra i componenti della resina. Tali rapporti vanno sempre considerati in peso e mai in volume.
- Per applicazioni in condizioni fredde o calde, condizionare le resine per almeno 24 ore in ambienti a temperature controllata, per migliorare le condizioni di miscelazione in situ, l'applicazione e l'eventuale riduzione del tempo di lavorabilità.
- Durante la fase di preparazione del supporto evitare rasature a basso spessore con malte o rasanti cementizi.
- Il CVT dei sistemi Sika® CarboDur® prevede l'utilizzo esclusivo di Sikadur®-30 come resina di incollaggio.

### 3 PRODOTTI

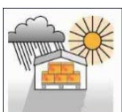
Nome Sika	Descrizione
Sika® CarboDur®	Lamina pultrusa in composito fibro-rinforzato con fibra di carbonio (CFRP) per il rinforzo strutturale di strutture in calcestruzzo, acciaio, muratura e legno. Disponibile in varie larghezze e sezioni trasversali.
Sikadur®-30	Adesivo strutturale tissotropico, bicomponente, a base di resine epossidiche e filler speciali, pensato per un utilizzo a temperature normali tra gli +8°C ed i +35°C.
Sikadur®-30 LP	Adesivo strutturale tissotropico, bicomponente, a base di resine epossidiche e filler speciali, pensato per un utilizzo ad alte temperature normali tra i +25°C ed i +55°C.

L'elenco completo delle lamine, suddiviso per tipologia è riportato di seguito:

Nome	Larghezza [mm]	Spessore [mm]
Sika® CarboDur® S512	50	1,2
Sika® CarboDur® S514	50	1,4
Sika® CarboDur® S614	60	1,4
Sika® CarboDur® S626	60	2,6
Sika® CarboDur® S812	80	1,2
Sika® CarboDur® S814	80	1,4
Sika® CarboDur® S914	90	1,4
Sika® CarboDur® S1012	100	1,2
Sika® CarboDur® S1014	100	1,4
Sika® CarboDur® S1214	120	1,4
Sika® CarboDur® S1512	150	1,2
Sika® CarboDur® S1514	150	1,4

Nome	Larghezza [mm]	Spessore [mm]
Sika® CarboDur® M514	50	1,4
Sika® CarboDur® M614	60	1,4
Sika® CarboDur® M814	80	1,4
Sika® CarboDur® M914	90	1,4
Sika® CarboDur® M1014	100	1,4
Sika® CarboDur® M1214	120	1,4

#### 3.1 STOCCAGGIO DEI MATERIALI



I materiali devono essere stoccati opportunamente negli imballi originali, chiusi e non danneggiati, in ambiente secco e ventilato. Far sempre riferimento alle informazioni ed ai dati riportati nelle rispettive Schede Dati Prodotto riguardo alle temperature minime e massime di stoccaggio. Proteggere dall'irraggiamento solare diretto. Le lamine pultruse Sika® CarboDur® possono essere trasportate nel loro imballo originale, oppure adeguatamente protette contro i danneggiamenti accidentali.

## 4 ATTREZZATURE

### 4.1 ATTREZZI



Spazzola



Aspiratore industriale



Cazzuola



Spatola metallica



Rullino di gomma



Levigatrice orbitale



Secchi per miscelazione



Miscelatore a spirale



Miscelatore a frusta (per quantità più grandi)

### 4.2 PULIZIA

Pulire tutti gli attrezzi utilizzati per l'applicazione con Sika® Colma® Cleaner (o un generico pulitore a solvente a base di isopropanolo), immediatamente dopo l'uso. La resina fresca può essere pulita con un panno imbevuto di pulitore. Il materiale indurito può essere rimosso solo meccanicamente.

### 4.3 ATTREZZATURE ADDIZIONALI

#### Sika Carboheater

Il Sika Carboheater è una speciale attrezzatura che può essere usata in tre diverse situazioni:

- Se la temperatura ambiente durante l'applicazione è al di sotto dei +10°C
- Se le temperature di servizio saranno al di sopra dei +60°C e si rende quindi necessario un processo di curing della resina ad alta temperatura (in questo caso solo il Sikadur®-30 LP è idoneo per tale utilizzo).
- Se l'adesivo deve indurire rapidamente per ridurre i tempi di attesa prima della messa in esercizio del rinforzo

Il Sika Carboheater viene connesso alle estremità della lamina Sika® CarboDur® e viene fatta passare corrente che percorre la lamina nella sua lunghezza. Per effetto Joule le fibre di carbonio disperdono calore e si scaldano, scaldando quindi anche l'adesivo, che riduce così i tempi di indurimento e incrementa le temperature massime di servizio del sistema (valido solo per Sikadur®-30 LP).

Per maggiori informazioni, contattare il Dipartimento Tecnico di Sika Italia S.p.A.

#### Applicazione dell'adesivo

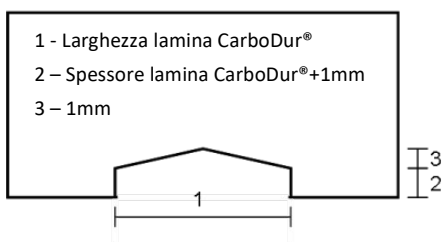
Quando il numero delle lamine Sika® CarboDur® da installare su una struttura è elevato, si consiglia di realizzare in cantiere una piccola attrezzatura, che facilita l'applicazione dell'adesivo sulle lamine. Si può utilizzare una spatola di plastica o metallica, tagliata in modo da replicare la forma corretta della disposizione dell'adesivo sulla lamina,



come mostrato nelle foto qui sotto riportate. Questa, accoppiata con delle fodere di legno (ad esempio) utilizzate come casseratura, permettono in maniera facile e molto veloce l'applicazione del quantitativo corretto di adesivo epossidico, nella forma desiderata e con quantità costante per tutto lo sviluppo della lamina. Al termine delle lavorazioni, il tutto può essere pulito (quando si utilizza una spatola metallica), o semplicemente buttato via (quando ad esempio si utilizza una spatola di plastica).

Le foto di seguito riportate mostrano la costruzione e l'utilizzo dell'attrezzatura appena descritta.

### Costruzione ed assemblaggio dell'attrezzatura per l'applicazione dell'adesivo sulle lamine



**Foto sopra:** Spatola di plastica con il taglio fatto alla base

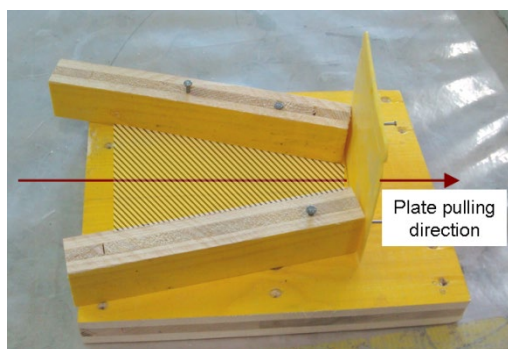
**Foto sotto:** Dimensioni taglio

Larghezza = Larghezza della lamina Sika® CarboDur® da utilizzare +1 mm

Altezza

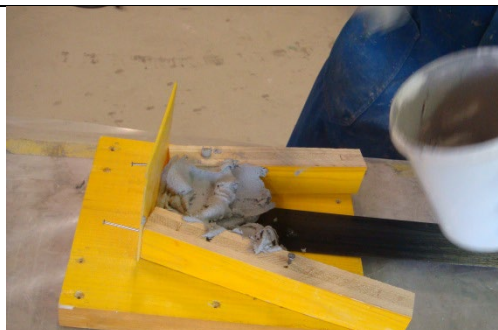
(per larghezze fino a 80mm): laterale 2mm – centrale 3mm

(per larghezze oltre a 80mm): laterale 2mm – centrale 4mm



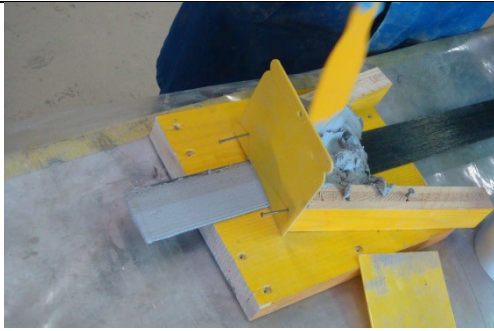
Esempio di disposizione delle casserture laterali in legno e posizionamento della spatole precedentemente preparata e tagliata come sopra  
L'area tratteggiata indica la zona che sarà riempita con l'adesivo epossidico Sikadur® 30 (o 30 LP)

### Applicazione



Aggiungere l'adesivo epossidico Sikadur® precedentemente miscelato

Consiglio: Mantenere sempre la zona in prossimità della spatola sagomata piena di adesivo, accompagnando e spingendolo con una spatolina metallica. Questo assicura una copertura omogenea della lamina



Spingere la lamina lentamente (dopo accurata preparazione e pulizia) attraverso la spatola sagomata (non più di 10-15 cm/sec), accompagnando sempre l'adesivo. Per questa operazione sono necessarie 2 o 3 persone a seconda della lunghezza della lamina Sika® CarboDur® da lavorare.

Se si utilizzano frequentemente le lamine Sika® CarboDur®, che per vari progetti possono avere larghezze diverse, è possibile realizzare uno strumento più duraturo che si adatta velocemente e facilmente a tutte le lamine.

La foto a destra mostra uno strumento ideato da Fernando Napoli e Ugo Pala di Sika Italia S.p.A. La parte metallica a destra è fissa, mentre quella di sinistra a forma di L è mobile e può essere adattata alla varie larghezze disponibili delle lamine. In funzione delle varie larghezze necessarie, sono stati sagomati (con la forma a V) dei piatti metallici che vengono inseriti e fissati in apposite scanalature. Il modo di utilizzo è analogo a quanto mostrato prima. Questo strumento può essere utilizzato svariate volte, pulendolo accuratamente al termine di ogni utilizzo.





## 5 NORME DI SICUREZZA

### 5.1 VALUTAZIONE DEL RISCHIO



Devono essere opportunamente valutati e mitigati i rischi relativi alla salute ed alla sicurezza derivanti da difetti nella struttura, procedure lavorative e tutte le sostanze chimiche utilizzate durante le fasi lavorative di installazione.

Tutte le lavorazioni eseguite in cantiere in zone di lavoro in cui si opera su strutture temporanee (ponteggi, trabattelli) o su piattaforme, devono essere eseguite in sicurezza, rispettando la vigente legislazione in termini di sicurezza sul lavoro.

### 5.2 DPI – DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE

#### Lavorare sempre in sicurezza!

Devono sempre essere indossati: scarpe antinfortunistiche, guanti, occhiali e altri dispositivi di protezione della pelle. E' consigliato l'utilizzo di apposite tute usa e getta di protezione degli indumenti, durante le fasi di miscelazione ed applicazione.

Indossare sempre guanti in nitrile, in quanto il contatto delle resine epossidiche con la pelle può provocare irritazioni cutanee. Applicare delle opportune creme protettive sulle parti di pelle esposta, prima di iniziare a lavorare.

Indossare SEMPRE opportuni occhiali di protezione, durante le fasi di movimentazione, miscelazione ed applicazione delle resine. Si raccomanda di tenere sempre a portata di mano un lavaocchi di emergenza.

Lavare sempre le mani con idoneo detergente al termine delle lavorazioni e prima di consumare cibo, fumare, andare in bagno.

L'area di lavoro deve essere ben ventilata e gli applicatori dovrebbero, durante le lavorazioni, fare degli intervalli frequenti all'aria aperta per evitare rischi per la salute.

Le polveri di silice, prodotte durante le fasi di levigatura o sabbatura del calcestruzzo possono essere pericolose. Proteggersi utilizzando una levigatrice con recupero di polveri o una sabbatrice con estrazione delle polveri. Indossare sempre maschere o appositi respiratori quando si leviga il calcestruzzo. Non inalare la polvere creata nella levigatura.

**Per maggiori e più dettagliate informazioni riguardo la salute e la sicurezza, far riferimento alla relative Scheda di Sicurezza (MSDS).**



### 5.3 PRIMO SOCCORSO

Se i prodotti a base di resine epossidiche vengono in contatto con gli occhi o le membrane mucose, rimuovere immediatamente occhiali o lenti a contatto e sciacquare abbondantemente con acqua pulita per 10-15 minuti, dopo consultare un medico. Qualunque residuo di resina che viene in contatto con la pelle deve essere immediatamente pulito e la parte interessata sciacquata con acqua tiepida per qualche minuto

Per maggiori e più dettagliate informazioni riguardo la salute e la sicurezza, far riferimento alla relative Scheda di Sicurezza (MSDS).



## 5.4 SMALTIMENTO RIFIUTI



Non eliminare o smaltire ogni eccesso di materiale negli scarichi o nella rete fognaria; smaltire tutti i rifiuti e le confezioni rimanenti responsabilmente, conferendoli a discariche autorizzate, in accordo alla vigente normativa. Evitare anche possibili colature di materiale non indurito in corsi d'acqua, reti fognarie o collettori di scarico.

Ogni eccesso di materiale non indurito, o rimanenza nel secchio deve essere smaltito come rifiuto pericoloso, in accordo alla vigente regolamentazione. Parti di adesivo indurito e polimerizzato possono essere smaltiti come normale materiale edile di risulta.

Per maggiori e più dettagliate informazioni riguardo la salute e la sicurezza, far riferimento alla relativa Scheda di Sicurezza (MSDS).

## 6 PREPARAZIONE DEL SUBSTRATO

Leggere con attenzione le prescrizioni progettuali. Ispezionare preliminarmente le condizioni del cantiere e le superfici di calcestruzzo da rinforzare e segnalare immediatamente al Responsabile se qualcosa impedisce la corretta esecuzione del lavoro previsto.

Procurarsi tutte le apparecchiature e gli attrezzi necessari, approvvigionare il materiale necessario (per un esempio di checklist, far riferimento a quanto riportato al § 9.3, oltre a quanto richiesto dallo specifico cantiere. Il taglio e la preparazione delle varie lamine deve avvenire prima della miscelazione della resina Sikadur®. Maneggiare le lamine con cura e assicurarsi di non danneggiare, piegare o rompere le fibre. **Non ripiegare mai le lamine.** Proteggere ogni superficie o veicolo in adiacenza alle zone di lavorazione, da polvere o danneggiamenti o danneggiamenti dovuti alla preparazione o esecuzione dei lavori di rinforzo.

Nota: questa sezione riguarda solo la preparazione di substrati in calcestruzzo per l'installazione del Sistema di rinforzo Sika® CarboDur®. Per l'utilizzo di questo sistema su substrati in legno, far riferimento a quanto riportato nel paragrafo 9.1.

I supporti in muratura possono generalmente essere preparati allo stesso modo di quelli in calcestruzzo come descritto di seguito.

### 6.1 SUBSTRATI DANNEGGIATI



Prima di iniziare con la preparazione ed il livellamento del substrato per l'applicazione del sistema Sika® CarboDur®, si deve eseguire un'accurata verifica dello stesso per la rimozione di tutte le parti ammalorate ed in fase di distacco (calcestruzzo degradato, zone di incipiente corrosione, pezzi di cassetta rimasti attaccati al cls e altro).

Laddove fosse necessaria la riparazione del calcestruzzo, preliminarmente all'applicazione del sistema di rinforzo Sika® CarboDur®, è importante che i materiali da riparazione da utilizzarsi siano pienamente compatibili con le resine adesive Sikadur® e idonee, da un punto di vista normativo, per essere applicate come riparazione strutturale del

calcestruzzo (classe R3 o R4 secondo le EN 1504-3).

La regolarizzazione di piccole irregolarità, riprofilature millimetriche, nidi di ghiaia o piccoli vuoti, potrà essere eseguita con lo stesso stucco epossidico, Sikadur®-30, utilizzato per l'incollaggio delle lamine o altro adesivo della gamma Sikadur® (tipo Sikadur-31+). Per questo specifico utilizzo l'adesivo Sikadur®-30 può essere caricato con il 33% di sabbia di quarzo ( $D_{max} = 1 \text{ mm}$ ) (2 parti di resina 1 parte di sabbia), per ottenere la consistenza e la tistotropia ideale. La preparazione del calcestruzzo deve essere eseguita come indicato successivamente nel capitolo 6.3 (es. sabbatura o disco diamantato).

Irregolarità più macroscopiche o ricostruzioni corticali del calcestruzzo potranno essere eseguite con malte da riparazione strutturale della linea Sika MonoTop® o SikaRep®. Tali malte da ripristino vengono utilizzate per ripristini a spessore centimetrico previa idonea preparazione del supporto: calcestruzzo irruvidito con aggregato a vista e scabro ( $\pm 5 \text{ mm}$ ). Applicare la malta da ripristino sul substrato saturo d'acqua a superficie opaca



esercitando una buona pressione per ottimizzare l'adesione sul sottofondo. La malta dovrà risultare indurita e asciutta prima della posa del rinforzo.

In presenza di lesioni strutturali statiche, si potrà procedere al loro riempimento con resine epossidiche tipo Sikadur®-52 Injection o altre resine da iniezione della linea Sikadur®, da scegliersi in accordo con il progettista o con la Direzione Lavori.

La scelta del materiale idoneo da utilizzarsi prima dell'applicazione dei sistemi di rinforzo dipende dalle tempistiche a disposizione per l'esecuzione del cantiere. L'utilizzo di malte epossidiche consente l'applicazione dei rinforzi in pochissimi giorni. L'utilizzo di malte cementizie richiede attese molto più lunghe.

Per i dettagli sulle prestazioni meccaniche, proprietà fisiche delle resine Sikadur® e delle malte Sika MonoTop® e SikaRep®, fare riferimento alle rispettive Schede Dati Prodotto.

Ulteriori consigli applicativi sui sistemi e sui prodotti più idonei da utilizzarsi per le riparazioni preliminari, possono essere richiesti contattando il Dipartimento Tecnico di Sika Italia S.p.A.

## 6.2 ANALISI PRE PROGETTO

La resistenza del calcestruzzo del substrato deve essere verificata su tutti i progetti. Se il calcestruzzo non raggiunge i valori minimi richiesti per l'applicazione del sistema Sika® CarboDur®, potrebbe essere possibile utilizzare il sistema FRP SikaWrap®, i cui valori minimi risultano un po' più bassi. Far riferimento alle relative Schede Dati Prodotto ed al Manuale di preparazione e di Installazione del sistema SikaWrap®.

Se il calcestruzzo deve essere riparato, come discusso al paragrafo 6.1, occorre eseguire un ulteriore test dopo che la riparazione è stata completata e correttamente maturata. Per maggiori dettagli riguardo alle procedure ed ai metodi di verifica e riguardo ai valori minimi di soglia del calcestruzzo necessari per l'applicazione dei rinforzi, far riferimento a quanto riportato nel Capitolo 8 di questo manuale.

Il calcestruzzo deve normalmente essere stagionato almeno 28 giorni (dipende dalle condizioni ambientali, dal mix design e dall'effettiva resistenza richiesta).

## 6.3 PREPARAZIONE, PULIZIA E LIVELLAMENTO DEL SUBSTRATO

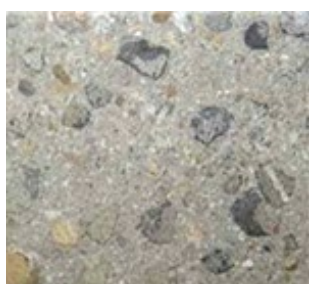
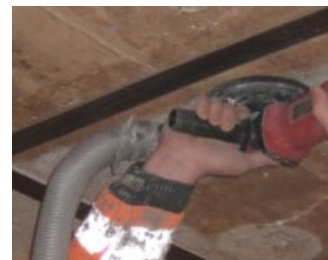
Le superfici da rinforzare devono essere regolarizzate e livellate per assicurare che le tolleranze specificate, nella tabella di seguito, siano rispettate e mantenute. Ogni difetto o irregolarità superficiale, come ad esempio segni di casseri devono essere eliminati e levigati, così come vuoti, buchi o nidi di ghiaia devono essere riempiti, come descritto al paragrafo 6.1. La planarità e la regolarità del substrato possono essere controllate con una staggia metallica. Le tolleranze richieste dipendono dallo standard di riferimento che si sta seguendo. I valori raccomandati da Sika® sono in genere più stringenti di quelli indicati negli standard. Nella tabella di seguito vengono riportate le tolleranze ammesse dal fib Bulletin 14 (colonna centrale) e raccomandazioni Sika® (colonna a destra). Comunque questi livelli di tolleranza ammessi possono variare da progetto a progetto e da applicazione ad applicazione.

Standard	Fib bulletin 14	Raccomandazioni Sika®
Tolleranza per 2 m di lunghezza	10 mm	-
Tolleranza per 0,3 m di lunghezza	4 mm	<b>2 mm</b>
Massima sporgenza dei segni delle casseforme	-	<b>0.5 mm</b>



Il livellamento o levigatura o pulizia della superficie di calcestruzzo dovrebbe essere eseguito poco prima dell'installazione del sistema di rinforzo, altrimenti potrebbe accadere che la superficie si sporchi o si contamini ancora. In questo caso è necessario procedere ad una nuova fase di pulizia, per evitare di avere ripercussioni negative sulle prestazioni di adesione del sistema di rinforzo al substrato.

Il substrato del calcestruzzo e della muratura devono essere preparati meccanicamente, mediante sabbiatura o mediante l'utilizzo di levigatrici orbitali a disco diamantato. Durante queste fasi è fortemente consigliato l'utilizzo di macchine a recupero di polveri (vedi foto a lato), per ridurre il rischio di contaminazioni e per migliorare la salubrità dell'ambiente di lavoro. In ogni caso per queste operazioni si deve indossare un'opportuna maschera protettiva per evitare l'inalazione delle polveri che si creano.



Al termine della fase di levigatura/regolarizzazione e poco prima dell'installazione delle lamine pultruse, la superficie finale, deve essere spazzolata per rimuovere ogni parte incoerente e aspirata per eliminare ogni traccia di polvere. La foto a sinistra mostra una superficie di calcestruzzo sufficientemente levigata con l'inerte a vista e una texture aperta.

Immediatamente prima dell'installazione, la superficie di calcestruzzo deve essere regolare, asciutta, priva di parti danneggiate o in distacco, priva di qualsiasi contaminante (polvere, particelle, lattime di cemento, olio, grasso, rivestimenti preesistenti, tracce di disarmante, cera, trattamenti superficiali eseguiti con impregnanti) che possa pregiudicare o diminuire l'efficacia dell'adesione del sistema di rinforzo strutturale al substrato.

Il tasso di umidità superficiale del substrato deve essere minore del 4%.



E' possibile segnare con del nastro adesivo le aree in cui sarà applicato il sistema Sika® CarboDur®, secondo le indicazioni progettuali. Questo può essere utile per eseguire le lavorazioni di preparazione solo nelle zone interessate dalla lamina, ma anche per rimuovere facilmente gli eccessi di adesivo utilizzato ed ottenere un risultato finale del lavoro più pulito.

## 7 APPLICAZIONE

Prima di iniziare le lavorazioni in situ, si raccomanda sempre di preparare una checklist (un esempio di checklist è riportato al paragrafo 9.3), per assicurarsi che tutte le attrezzature ed i materiali necessari siano disponibili al momento dell'esecuzione del lavoro. Preliminarmente, verificare sempre le condizioni ambientali per assicurarsi che il lavoro sia fattibile secondo le indicazioni progettuali e che i materiali e le procedure applicative scelte siano idonee alle condizioni ambientali di esposizione della struttura rinforzata.

Immediatamente prima dell'inizio dell'installazione fare un ultimo controllo, verificando che le irregolarità del sottofondo rientrino nelle tolleranze ammesse e che le superfici abbiano un grado di pulizia secondo quanto specificato al paragrafo precedente.

### 7.1 ADESIVO

In funzione della temperatura di applicazione e del pot life richiesto, per il placcaggio strutturale delle lamine Sika® CarboDur®, possono essere utilizzati il Sikadur®-30 o il Sikadur®-30 LP. Per maggiori dettagli sulle rispettive prestazioni o per una comparazione, fare riferimento alle rispettive Schede Dati Prodotto.

Gli adesivi possono essere utilizzati e miscelati direttamente dalle confezioni pre-dosate o fare miscele parziali, a seconda delle necessità specifiche del caso.

#### **Confezioni pre-dosate:**

Aggiungere il componente B al componente A e miscelare con un mixer elettrico con spirale o frusta a basso numero di giri (max 500 giri/min) per evitare inglobamento di aria. Miscelare per circa 3 minuti fino ad ottenere un composto omogeneo, privo di grumi, con colorazione grigia uniforme. Versare il composto in un contenitore pulito e miscelare per un minuto circa, sempre a basso numero di giri ed evitando inglobamento di aria.

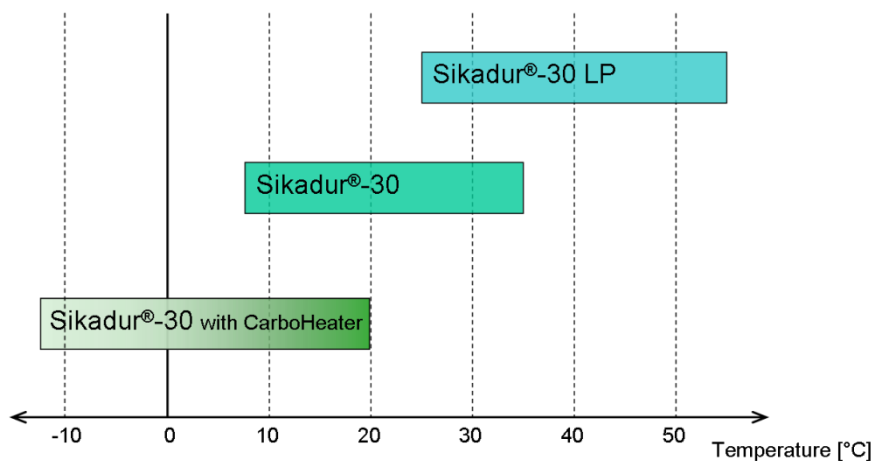
#### **Confezioni sfuse o miscele parziali:**

Miscelare bene singolarmente i due componenti, ognuno nella sua confezione. Misurare i due componenti secondo le proporzioni indicate sulla confezione. In questo caso è necessario dotarsi di una bilancia e rispettare scrupolosamente i rapporti di miscelazione in peso dei componenti, indicati sulla confezione. Al fine di poter garantire le giuste prestazioni ed la corretta polimerizzazione della resina, il rapporto tra Componente A e Componente B devono essere precisi. Versare i due componenti correttamente dosati in un contenitore vuoto e continuare da questo punto come descritto per le confezioni pre-dosate. Per grandi quantitativi di resina è preferibile usare la frusta invece del miscelatore a spirale.

Il pot life (tempo di lavorabilità nel secchio) inizia quando la resina e l'induritore sono miscelati. Esso è minore ad alte temperature e maggiore alla basse temperature. Inoltre il pot life dipende anche dalla quantità di resina miscelata. Maggiore è il quantitativo miscelato, minore sarà il pot life. Per ottenere pot life maggiori, lavorando ad alte temperature, si possono suddividere le miscele in piccole quantità. Un altro metodo per allungare il pot life è quello di mantenere i due componenti della resina in ambienti a temperatura più bassa di quelle ambientali fino a poco prima della miscelazione.

Il grafico sottostante mostra qualitativamente dei range di temperatura dei differenti adesivi Sikadur®. Questo rappresenta una linea guida per la selezione del prodotto maggiormente idoneo.

Per maggiori dettagli sulle prestazioni meccaniche, proprietà fisiche delle resine Sikadur®, fare riferimento alle rispettive Schede Dati Prodotto.



L'eccesso di adesivo che viene fuori dai lati delle lamine al momento dell'applicazione deve essere rimosso con la spatola velocemente e buttato via. Non utilizzare tali parti di adesivo per l'applicazione di altre lamine.

Tutte le sequenze lavorative devono essere pianificate per assicurarsi che l'adesivo sia applicato ed il lavoro completato entro un'ora dalla miscelazione, oppure entro l'80% del pot life corrispondente alla temperatura e quantità di utilizzo.

Per i dettagli sulle prestazioni meccaniche, proprietà fisiche delle resine Sikadur®, fare riferimento alle rispettive Schede Dati Prodotto.

### Consumo di adesivo

Larghezza della lamina CarboDur®	Consumo ideale di Sikadur®-30
50 mm	0,20 – 0,28 kg/m
60 mm	0,24 - 0,32 kg/m
80 mm	0,32 - 0,44 kg/m
90 mm	0,40 - 0,56 kg/m
100 mm	0,44 - 0,64 kg/m
120 mm	0,45 – 0,80 kg/m
150 mm	0,68 - 1,00 kg/m

**Nota importante:** I consumi riportati sopra si riferiscono ad un supporto perfettamente liscio e non tengono conto dello sfido e dell'effettivo grado di rugosità del sottofondo. Il reale consumo di resina potrebbe essere maggiore, in funzione delle regolarità del sottofondo e dalla quantità di resina utilizzata dall'operatore.

## 7.2 LAMINE CARBODUR®

Le lamine Sika® CarboDur® possono essere ordinate a rotoli interi o a rotoli tagliati su misura. Quando la bobina viene srotolata, deve essere maneggiata con estrema cura per assicurare uno srotolamento controllato. Occorre fare molta attenzione all'estremità libera della lamina che potrebbe far danni a cose o persone. In queste fasi è indispensabile l'utilizzo di guanti ed occhiali protettivi, in quanto potrebbero essere presenti parti di lamina o di fibre libere.

Il taglio delle lamine in cantiere può essere eseguito mediante un flessibile o un seghetto. Per evitare l'eccessivo sviluppo di polveri, si consiglia di nastrare preventivamente la lamina prima del taglio. Fissare bene le due estremità della parte da tagliare ed eseguire il taglio perpendicolare alla direzione principale delle fibre. Fare attenzione al fatto che le fibre di carbonio sono ottimi conduttori di elettricità. E' necessario adottare le opportune precauzioni e



protezioni quando si opera il taglio in prossimità di apparecchiature elettriche o elettroniche. Tali apparecchiature devono essere protette adeguatamente dalla polvere che si può generare durante il taglio.



Pulire le lamine con un panno pulito, imbevuto di Sika Colma® Cleaner (o un altro pulitore a base di isopropanolo), al fine di rimuovere qualunque residuo di polvere o grasso. Prima di applicare l'adesivo epossidico, assicurarsi che il solvente sia totalmente evaporato e la superficie della lamina sia completamente pulita e asciutta.

Applicare il Sikadur®-30 sulle lamine Sika® CarboDur®, in modo da avere approssimativamente 1 mm di adesivo sui bordi laterali e circa 2 mm di adesivo al centro della lamina. Applicare l'adesivo sul lato non stampigliato, in modo che sia garantita la tracciabilità anche dopo l'applicazione della lamina. Se è prevista l'applicazione di molti metri lineari di lamina, è possibile semplificare e velocizzare l'applicazione dell'adesivo, utilizzando le attrezzature aggiuntive menzionate al § 4.2.

Eseguire, per mezzo di una spatola, una stuccatura "a zero" di Sikadur®-30, precedentemente miscelato, sulla superficie del sottofondo adeguatamente preparata. Posizionare la lamina Sika® CarboDur® e incollarla al sottofondo partendo da un estremo e procedendo fino alla fine della lamina. Utilizzando un rullo di gomma, pressare la lamina per tutta la lunghezza fino a che il Sikadur®-30 in eccesso refluisce lateralmente (vedi foto accanto). Rimuovere l'eccesso di resina, che non deve essere riutilizzata per le successive applicazioni.



In situazioni dove sono richieste intersezioni delle lamine (ad esempio per rinforzo di solai a piastra), occorre applicare prima le lamine in una direzione e lasciare maturare la resina. A maturazione avvenuta si procederà alla pulizia della parte esterna della lamina, nella zona di intersezione, con Sika® Colma Cleaner (o un generico pulitore a base di isopropanolo). Oltre alla stuccatura "a zero" sul supporto in calcestruzzo, sarà necessario utilizzare il Sikadur®-30 per realizzare dei raccordi per livellare il sottofondo e le lamine già applicate.

In generale è sempre preferibile applicare le lamine l'una accanto all'altra piuttosto che sovrapposte. Nel caso in cui lo spazio sia limitato e si renda necessaria la sovrapposizione di un secondo strato di lamine (scelta sempre sconsigliata in quanto le lamine in FRP sono generalmente pensate per l'uso in singolo strato), è necessario pulire entrambe le facce delle lamine con il Sika® Colma Cleaner (o un generico pulitore a base di isopropanolo o in alternativa alcool denaturato puro) in ogni parte di contatto. Per l'incollaggio di un secondo strato di lamine, occorre applicare sulla lamina applicata uno strato di Sikadur®-30 o Sikadur®-30 LP. Occorre evitare che tutto l'adesivo applicato venga fatto fluire durante lo schiacciamento e che uno strato di 0,5 - 1 mm circa di spessore rimanga tra le due lamine.

In funzione alle specificità di ogni progetto, ai carichi o alla necessità di ancoraggio terminale delle lamine, è possibile utilizzare diverse soluzioni e particolari di ancoraggio della lamina Sika® CarboDur® nel calcestruzzo in posizione appropriata. Far riferimento al Dipartimento Tecnico di Sika Italia S.p.A, per maggiori informazioni specifiche al riguardo.

Il sistema Sika® CarboDur® appena applicato non deve essere "disturbato" per almeno 24 ore dall'applicazione. Durante la fase di indurimento e maturazione della resina, eventuali vibrazioni devono essere evitate o ridotte al minimo. Il completo indurimento ed il conseguente raggiungimento delle caratteristiche meccaniche di progetto del Sikadur®-30 si raggiunge dopo circa 7 giorni a +20°C.

#### PROTEZIONE DEL SISTEMA SIKA® CARBODUR®

Una volta installato, il Sistema Sika® CarboDur® deve essere protetto da:

- esposizione permanente ai raggi solari, per prevenire il degrado della matrice resinosa dovuta ai raggi UV;
- immersione permanente in acqua;

- abrasione meccanica o impatto, che possono influenzare negativamente le prestazioni meccaniche del rinforzo.

Quindi in previsione delle condizioni di esposizione ambientale in esercizio, può essere necessario prevedere uno strato di protezione delle lamine Sika® CarboDur®. Questo può facilmente essere ottenuto con l'opportuno utilizzo dei prodotti delle linee Sikagard®, Sika MonoTop®, Sikalastic® o Sikacrete®, come mostrato nella tabella seguente.

Per l'applicazione di qualunque rivestimento protettivo è necessario eseguire un'accurata pulizia della superficie esterna delle lamine con il Sika® Colma Cleaner (o un generico pulitore a base di isopropanolo) e lasciare evaporare ed asciugare completamente la superficie, prima di procedere all'applicazione.

La tabella sottostante illustra alcune specifiche e più comuni situazioni in cui viene richiesta la protezione del sistema Sika® CarboDur® applicato. Far sempre riferimento alla relativa Scheda Dati Prodotto, per maggiori informazioni, prestazioni e dettagli applicativi dei prodotti citati. Ulteriori informazioni su questi rivestimenti protettivi possono essere ottenuti contattando il Dipartimento Tecnico di Sika Italia S.p.A.

Condizioni di esposizione	Necessità	Soluzione Sika®
Irraggiamento solare diretto	Protezione dai raggi UV	<b>Sikagard®-550W Elastic, Sikagard®-680 S Betoncolor</b> , oppure rasatura protettiva cementizia della linea <b>Sika MonoTop®</b> o <b>Sikalastic®</b>
Uso in ambiente umido o bagnato	Protezione dall'ingresso di acqua.	<b>Sikagard®-680 S Betoncolor</b>
Uso in acqua o in immersione permanente	Protezione dal contatto permanente con acqua.	<b>Sikagard®-63N</b> oppure rasatura protettiva cementizia della linea <b>Sika MonoTop®</b> o <b>Sikalastic®</b>
Incremento della resistenza al fuoco	Protezione al fuoco	<b>Sikacrete®-213F</b> (contattare il Technical Service di Sika Italia S.p.A. per maggiori informazioni)

*Per l'applicazione di rivestimenti cementizi (come le malte Sika MonoTop®, gli impermeabilizzanti Sikalastic® o il Sikacrete®-213 F), è sempre necessario procedere alla stesura di una ulteriore mano di Sikadur®-30 e, a fresco, allo spolvero di sabbia di quarzo a rifiuto.*

## 8 ISPEZIONE E TEST

### 8.1 PRIMA DELL'APPLICAZIONE

Preliminarmente all'applicazione del Sistema di rinforzo Sika® CarboDur®, deve sempre essere testata la resistenza del substrato. Questo può essere fatto mediante l'esecuzione di test di pull off. Questi possono essere eseguiti secondo quanto descritto al §6.2.1 del CNR-DT 200 R1/2013 - "Il substrato può ritenersi idoneo se almeno l'80% delle prove (almeno due su tre nel caso di sole tre prove) forniscono, sulla superficie circolare isolata, una tensione di picco allo strappo non inferiore a 0,9 MPa, nel caso di elementi di c.a., ovvero non inferiore al 10% della resistenza (media) a compressione del supporto, nel caso di murature".

La raccomandazione Sika è in genere che la resistenza media a trazione superficiale, per rinforzi con il sistema Sika® CarboDur® sia almeno pari a 2,0 MPa, con il minimo mai al di sotto di 1,5 MPa, a meno di indicazioni diverse fornite dal progettista. Questa rappresenta la situazione ideale per l'applicazione in generale di resine epossidiche su calcestruzzo.

Normalmente i calcestruzzi su cui eseguire l'applicazione del Sistema Sika® CarboDur® devono almeno avere una stagionatura di 28 giorni. Se il substrato necessita di un risanamento e una riparazione strutturale preliminare, i test di resistenza e di idoneità del substrato saranno eseguiti a valle della riparazione

Se il substrato risultasse troppo debole è necessario prevedere una riparazione del sottofondo, oppure si può prendere in considerazione l'utilizzo del sistema SikaWrap®, in alternativa al sistema Sika® CarboDur®. Se il substrato è danneggiato e necessita di essere risanato, le prove preliminari di pull off andranno ripetute a valle della riparazione e prima dell'installazione del sistema di rinforzo, per verificare il rispetto dei minimi consigliati da Sika.

## 8.2 ISPEZIONI ED INDAGINI IN SITU

Dopo l'applicazione delle lamine Sika® CarboDur®, possono essere eseguiti dei test, per verificare la corretta preparazione del supporto e la corretta posa del sistema. Se le indagini in situ utilizzano un sistema semi-distruittivo, come ad esempio le prove di pull-off, è raccomandabile decidere a priori dove eseguire tali prove e far eseguire dei testimoni, in zone adiacenti al rinforzo vero e proprio, dove non è richiesta dal progetto l'applicazione delle lamine. L'applicazione di tali testimoni deve essere eseguita, dallo stesso personale, nelle stesse condizioni ambientali e con uguale preparazione del sottofondo del rinforzo strutturale.

### Test di pull-off sulle lamine

Una serie di test di pull-off può essere eseguito sul testimone precedentemente preparato, 3 o 7 giorni dopo l'installazione, in funzione delle condizioni ambientali, secondo la EN 1542. I dettagli sulla forma del provino, incisione del sottofondo ecc. sono riassunti nella tabella sottostante.

Per eseguire il test di adesione delle lamine Sika® CarboDur® sul calcestruzzo e valutarne la modalità di rottura, è necessario eseguire almeno 3 test (solitamente 5). Le incisioni sono realizzate mediante disco diamantato di diametro adeguato, nel sottofondo in calcestruzzo, per una profondità indicata nella tabella seguente. A questo punto viene incollata una ghiera metallica, utilizzando il Sikadur®-30 o il Sikadur®-31 CF. Dopo l'opportuno curing della resina da incollaggio, si esegue la prova e si valuta la forza di pull-off. La rottura deve sempre essere di tipo coesivo ed interessare il sottofondo in calcestruzzo

Per ciascun test e per ciascun progetto, deve essere redatto un apposito report di prova che indica i risultati ottenuti e le modalità di rottura rilevate.

Standard	EN 1542
Forma del provino	Round
Diametro	50 ±1 mm
Profondità di incisione	15 ±5 mm
Tensione minima di pull-off	<b>1.5 N/mm<sup>2</sup></b>
Tensione media di pull-off	2.0 N/mm <sup>2</sup>
Tipo di rottura	100% coesiva nel calcestruzzo

La procedura passo-passo per l'esecuzione di tali prove è riportato nel Documento 810 4: "Description of Test Procedure: Surface Adhesion Strength of Concrete" (in lingua inglese). Contattare il Dipartimento Tecnico di Sika Italia per tale documento

### Controllo della presenza di bolle d'aria

Per verificare l'eventuale presenza di bolle d'aria tra la lamina Sika® CarboDur® e l'adesivo o tra l'adesivo e il substrato è possibile battere leggermente la superficie della lamina, in diversi punti, con una barretta metallica (ad es. con un cacciavite). Le zone con presenza di vuoti "suoneranno" diverse dalle zone piene e senza vuoti.

Nel caso in cui le zone con presenza di vuoti o bolle d'aria siano significative, questo potrebbe compromettere la regolare trasmissione degli sforzi tra il sottofondo e la lamina. Sarà quindi necessario procedere alla rimozione della lamina e all'esecuzione di un nuovo placcaggio.

## 9 ISTRUZIONI OPERATIVE PER LA MANUTENZIONE

### 9.1 INTRODUZIONE

Il sistema di rinforzo FRP deve essere monitorato durante la sua vita di servizio con verifiche periodiche, la cui frequenza dipende dalle condizioni di esposizione meccanica e ambientale e dall'effettiva possibilità di ispezione del manufatto. Si raccomanda specialmente l'esecuzione di ispezioni del sistema di rinforzo successivamente al verificarsi di un evento sismico o di tutti i fenomeni che possano portare alla manifestazione di stati tensionali straordinari nel sistema di rinforzo. Tali ispezioni sono utili a rilevare possibili danneggiamenti del sistema di rinforzo. Occorre porre particolare attenzione a punti in distacco, urti o altre anomalie che possano ridurre l'efficacia del sistema FRP. Una volta individuate le zone danneggiate deve essere eseguita una mappatura delle stesse e devono essere analizzate le possibili cause. Se le cause del danneggiamento sono attribuibili a cedimenti della fondazione, dovranno essere in primo luogo messi a punto interventi che permettano la stabilizzazione del meccanismo tramite consolidamento della fondazione o del terreno sottostante. Solo successivamente sarà possibile intervenire sul sistema di rinforzo.

### 9.2 INDAGINI PER L'INDIVIDUAZIONE DELL'EVENTUALE DANNEGGIAMENTO

Riferirsi in primo luogo al capitolo 8: Ispezione e Test.

#### 9.2.1 ISPEZIONI VISIVE

L'ispezione visiva consiste in un sopralluogo volto ad accertare le condizioni in cui si trova l'elemento rinforzato e fornisce indicazioni utili per la preliminare individuazione del fenomeno, almeno per come esso si manifesta esternamente. L'osservazione visiva ha come limite la possibilità di ispezionare solo le parti visibili e raggiungibili. Durante il sopralluogo devono essere accertati il tipo e l'estensione dei danni subiti dall'opera. Per ogni fenomeno osservato si deve rilevare la frequenza, l'estensione e la posizione delle aree coinvolte, anche in relazione all'ambiente (ad esempio se interno o esterno) e alle condizioni statiche dell'elemento strutturale. Con l'ispezione visiva sarà possibile identificare distacchi del sistema di rinforzo, danni superficiali dovuti a urti, variazioni di colore ed eventuali rigonfiamenti. Tuttavia, è difficile determinare con certezza le cause del danneggiamento attraverso la sola ispezione visiva; possono essere necessarie ulteriori indagini che possono essere scelte sulla base dei risultati dell'osservazione visiva.

#### 9.2.2 ANALISI SONICHE STRUMENTALI

Le analisi soniche strumentali sfruttano il principio della diversa risposta sonora a impulsi dati alla superficie del rinforzo; trattasi di un estendimento strumentale di quella che è la battitura eseguita con mezzi meccanici per verificare, a orecchio umano, eventuali anomalie legate a distacchi del sistema di rinforzo.

#### 9.2.3 ANALISI TERMOGRAFICHE

Le termocamere producono immagini d'infrarossi invisibili, o radiazioni di calore, e rappresentano un preciso strumento di misurazione a distanza delle temperature.

In edilizia l'indagine termografica è un mezzo di diagnosi non distruttiva che presenta un vasto campo di applicazioni, fra le quali il rilevamento dell'umidità, l'individuazione di discontinuità o di eventuali difettosità ecc.

L'utilizzo pertanto si presta per valutare eventuali anomalie del sistema di rinforzo FRP.

#### 9.2.4 MISURE VIBRAZIONALI E DINAMICHE

Il principio di funzionamento si basa sul presupposto che, a parità di percussione, si generano onde vibrazionali con caratteristiche diverse in funzione dello stato della superficie: tanto più il materiale è compatto e con stratificazioni ben aderenti e tanto è maggiore la velocità di propagazione dell'onda vibrazionale, mentre in caso di presenza di discontinuità interne al materiale, dovute a distacchi e/o lesioni, l'onda si propaga più lentamente. Il segnale è poi convertito in un valore numerico che, valutato in conformità a una scala di misura sperimentale, fornisce informazioni sullo stato di conservazione dell'elemento murario e del rinforzo.

### 9.3 RIPRISTINO DELL'INTEGRITÀ DELL'ELEMENTO STRUTTURALE DELLA ZONA DANNEGGIATA

Il rinforzo dovrà essere rimosso nella zona danneggiata, è necessario che venga predisposta la messa a nudo del supporto in calcestruzzo attraverso l'eliminazione dalla superficie di tutte le parti di rinforzo o di parti incoerenti.

Eeguire un'accurata verifica dello stesso per la rimozione di tutte le parti ammalorate ed in fase di distacco (calcestruzzo degradato, zone di incipiente corrosione, pezzi di cassetta e altro).

Laddove fosse necessaria la riparazione del calcestruzzo, preliminare all'applicazione dei sistemi di rinforzo, è importante che i materiali da riparazione da utilizzarsi siano pienamente compatibili con le resine adesive Sikadur® e idonee, da un punto di vista normativo, per essere applicate come riparazione strutturale del calcestruzzo (classe R3 o R4 secondo le EN 1504-3). Per ulteriori dettagli vedere il capitolo 6.1. In presenza di lesioni strutturali statiche, si potrà procedere al loro riempimento con resine epossidiche tipo Sikadur®-52 Injection o altre resine da iniezione della linea Sikadur®, da scegliersi in accordo con il progettista o con la Direzione Lavori.

Ulteriori dettagli su tutti gli aspetti della riparazione del calcestruzzo possono essere ottenuti contattando il Dipartimento Technical Service di Sika.

Eeguire la preparazione del supporto nella zona da ripristinare come indicato nel paragrafo 6.3 del presente documento.

#### **9.4 RIPRISTINO LOCALE DEL SISTEMA DI RINFORZO**

Per l'applicazione del nuovo sistema di rinforzo riferirsi alla procedura di posa prevista nei capitoli precedenti. Le nuove lamine di rinforzo non possono essere sovrapposte alle precedenti, è necessario quindi rimuovere completamente la lamina danneggiata per una sostituzione completa dell'elemento. Riguardo all'applicazione delle nuove lamine riferirsi al capitolo 7 del presente documento.

## **10 APPENDICE**

### **10.1 INSTALLAZIONE SU SUBSTRATI DI LEGNO**

Un substrato di legno deve essere preparato mediante regolarizzazione superficiale, levigatura o sabbiatura e ogni traccia di polvere o parti friabili deve essere asportata mediante un aspiratore. Prima del placcaggio della lamina Sika® CarboDur® ricoperta di adesivo, è necessario eseguire una stuccatura "a zero" anche sul sottofondo, per primerizzarlo e ridurre al minimo il rischio di formazione di bolle d'aria o vuoti all'interfaccia. L'applicazione del sistema deve essere eseguita, come già descritto al paragrafo 7.2.

In alternativa è possibile applicare le lamine Sika® CarboDur® disposte dentro delle fresature di larghezza e profondità idonee. In questo caso la lamina è confinata su tre lati. Per maggiori informazioni su questo tipo di applicazione, contattare il Dipartimento Tecnico di Sika Italia.

### **10.2 REGISTRO DI CANTIERE**

Durante tutte le fasi progettuali ed applicative, deve sempre essere compilato un registro di cantiere scritto, contenente tutti i dettagli e gli aspetti lavorativi riguardanti, la preparazione, miscelazione ed applicazione, includendo:

- Preparazione della superficie
- Consegne dei materiali, documenti di trasporto, numeri di lotto
- Miscelazione ed applicazione dell'adesivo
- Condizioni ambientali (temperature ambiente, temperature del substrato, umidità, temperature del punto di rugiada)
- Ogni possibile contaminazione
- Dettagli di tutti i test condotti, i campioni prelevati ed i risultati ottenuti
- Presenza di eventuali vibrazioni presenti durante o subito dopo l'applicazione
- Ogni altra cosa che possa in qualche modo influenzare l'applicazione o gli elementi da rinforzare

### 10.3 CHECKLIST: ATTREZZATURE DA CANTIERE NECESSARIE

La presente tabella mostra un elenco non esaustivo delle attrezzature minime necessarie per l'esecuzione e l'applicazione del sistema Sika® CarboDur®

- Pennelli
- Spatole e spatola sagomata per applicazione adesivo
- Aspirapolvere industriale
- Cutter o flessibile per il taglio delle lamine
- Rullini di gomma
- Contenitori puliti per miscelazione
- Frusta per miscelare
- Spirale per miscelare
- Miscelatore elettrico
- Fogli in PE
- Levigatrice orbitale a disco diamantato a recupero di polveri, oppure sabbiatrice (in funzione del supporto)
- Nastro adesivo di carta
- Termometro
- Igrometro (sia per l'ambiente che per il substrato)
- Lamine Sika® CarboDur®
- Sikadur®-30 adesivo
- Sikadur®-30 LP adesivo
- Sabbia di quarzo
- Sika® Colma® Cleaner (o un altro pulitore a base di Isopropanolo)
- Occhiali di sicurezza
- Casco di sicurezza
- Crema protettiva per la pelle esposta
- Guanti in nitrile
- Acqua pulita
- Kit lavaocchi di emergenza
- Carotatrice
- Ghiera metalliche ed apposito adesivo per l'incollaggio
- Apparecchio per prove di pull off

### 10.4 CHECKLIST: CONTROLLO QUALITÀ IN CANTIERE

<b>Preparazione del substrato:</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
Sono stati eseguiti almeno tre test preliminari di pull off?		
Il valore medio misurato su almeno tre punti è [MPa] (il valor medio deve essere almeno di 2.0 MPa, no valori al di sotto di 1.5 MPa)		
Sono presenti fessure maggiori di 0,2 mm sul calcestruzzo?		
Sono stati riparati preliminarmente tutti i danni alla struttura da rinforzare?		
Sono state eseguite iniezioni sulle fessure presenti?		
La superficie del calcestruzzo si presenta regolare (vedi limiti riportati al §6.3)		
<b>Condizioni ambientali</b>		
La temperatura dell'aria e del substrato sono maggiori di 5°C?		
La temperatura media al momento dell'applicazione è di: [°C]:		
La temperatura ambientale è di almeno 3°C al di sopra delle temperatura di rugiada?		
Il contenuto di umidità del substrato è al di sotto del 4%?		
C'è dell'acqua liquida sulla superficie da rinforzare?		
Le superfici da rinforzare sono perfettamente pulite?		
<b>Vi è la presenza di polvere superficiale o altri contaminanti?</b>		



<b>Dopo l'installazione:</b>		
Sono presenti dei vuoti, bolle o zone non incollate correttamente?		
Sono stati eseguiti dei controlli sull'incollaggio mediante prove ultrasoniche?		
Sono stati eseguiti dei controlli sull'incollaggio mediante prove termografiche?		
E' stato rilevato qualche difetto/vuoto?		
Sono presenti delle zone in cui sono presenti degli scolorimenti?		
Sono stati eseguiti almeno tre test di pull off su dei testimoni?		
Il valore medio misurato su almeno tre punti è [MPa] (il valor medio deve essere almeno di 2.0 MPa, no valori al di sotto di 1.5 MPa)		
E' stato cambiata o modificata qualcosa nell'applicazione, rispetto alle prescrizioni progettuali iniziali?		
Se si, descrivere cosa è stato modificato:		

## 11 NOTE LEGALI

Le informazioni qui riportate e qualsiasi altro consiglio sono forniti in buona fede in base alle conoscenze ed all'esperienza attuale di Sika sui prodotti, a condizione che gli stessi vengano adeguatamente immagazzinati, movimentati ed applicati in condizioni normali, nel rispetto delle raccomandazioni di Sika. Queste informazioni valgono unicamente per l'applicazione (i) e il prodotto (i) ai quali qui si fa esplicitamente riferimento e si basano su test di laboratorio che non sostituiscono la sperimentazione pratica. In caso di modifiche dei parametri di applicazione, come modifiche nei substrati ecc., o nel caso di un'applicazione diversa, si prega di consultare il servizio tecnico di Sika prima di utilizzare i prodotti Sika. Le informazioni qui indicate non esonerano l'utilizzatore dal testare i prodotti per l'applicazione prevista e la relativa finalità. Tutti gli ordini vengono accettati alle nostre vigenti condizioni di vendita e consegna. Gli utilizzatori devono far sempre riferimento alla versione più recente della locale scheda tecnica relativa al prodotto in questione, le cui copie verranno fornite su richiesta.

### Per maggiori informazioni sul sistema SIKA® CARBODUR®:

Far riferimento alle rispettive Schede Dati Prodotto

**Sika Italia SpA**  
TM Refurbishment  
Via L. Einaudi, 6  
20068 Peschiera Borromeo  
(MI)  
Italia  
[www.sika.it](http://www.sika.it)

**Editor**  
Federico Moroni  
Phone: +39 02 54 778 111  
Mail: [moroni.federico@it.sika.com](mailto:moroni.federico@it.sika.com)

Manuale di preparazione ed installazione  
Sistema Sika® CarboDur®  
14.02.2025, VERSION 2.5  
850 41 05