



A Simpson Strong-Tie® Company

S&P FRP

system materiałów kompozytowych
do wzmacniania konstrukcji
budowlanych



TAŚMY Z WŁÓKNA WĘGLOWEGO
MATY Z WŁÓKNA WĘGLOWEGO,
SZKLANEGO I ARAMIDOWEGO
KLEJE EPOKSYDOWE

SIMPSON
Strong-Tie

SYSTEMY FRP DO WZMOCNIENÍ

Materiały kompozytowe to wyroby o strukturze niejednorodnej, złożone z dwóch lub więcej komponentów o różnych właściwościach. Właściwości kompozytów nie są sumą, czy średnią właściwości jego składników. Najczęściej jeden z komponentów odpowiada za jego spójność, twardość, elastyczność i odporność na ściskanie, a drugi, tzw. komponent konstrukcyjny zapewnia większość pozostałych własności mechanicznych kompozytu. Jednymi z najczęściej stosowanych komponentów konstrukcyjnych są wyjątkowo wytrzymałe włókna węglowe, aramidowe (kevlar) lub szklane, dające materiałowi dużą odporność na rozciąganie. Do najczęściej stosowanych spoiw zaliczają się syntetyczne żywice epoksydowe. Zatopienie komponentów konstrukcyjnych w spoiwach syntetycznych daje tzw. laminaty. W zależności od sposobu uporządkowania włókien rozróżnia się taśmy kompozytowe – włókna ułożone w jednym kierunku lub maty kompozytowe – włókna ułożone w jednym lub w dwóch prostopadłych kierunkach.



TAŚMY Z WŁÓKNA WĘGLOWEGO



MATY Z WŁÓKNA WĘGLOWEGO



MATY Z WŁÓKNA SZKLANEGO



MATY Z WŁÓKNA ARAMIDOWEGO

Materiały kompozytowe wykorzystywane były początkowo głównie w przemyśle wojskowym i lotnictwie, jednak bardzo szybko wprowadzono je do zastosowań cywilnych. Pierwsze badania dotyczące możliwości zastosowania materiałów na bazie włókien kompozytowych jako zbrojenia lub wzmocnienia konstrukcji prowadzono w ośrodkach naukowych w Szwajcarii i Niemczech, gdzie przeprowadzono także pierwsze ich zastosowania w praktyce. Zalety produktów FRP (a głównie włókien węglowych) najwcześniej doceniono w budownictwie mostowym i konstrukcjach przemysłowych, gdzie stosowano je bezpośrednio jako nowe elementy konstrukcyjne, a także wprowadzono systemy wykorzystujące je przy wzmocnieniu już istniejących konstrukcji.

Pierwsze próby stosowania materiałów FRP do wzmocnień konstrukcji żelbetonowych przypadają na lata pięćdziesiąte ubiegłego wieku. Z czasem rozwój technologii oraz znaczna automatyzacja metod produkcji doprowadziły do znaczącej poprawy jakości produktów FRP, a coraz większe zapotrzebowanie rynku i związany z tym wzrost ilości produkcji zaowocował obniżeniem ich cen. Od lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku coraz częściej jako wewnętrzne zbrojenie stosuje się cięgna i liny kompozytowe, a jako dodatkowe, zewnętrzne zbrojenie konstrukcji stosuje się taśmy i maty. Pierwszymi produktami FRP stosowanymi na szerszą skalę przy wzmocnieniach konstrukcji budowlanych były taśmy z włókien węglowych zatopionych w matrycy z żywicy epoksydowej.

Głównymi zaletami materiałów FRP w zastosowaniach budowlanych są:

- Nieznaczny ciężar własny (nie obciążają dodatkowo konstrukcji).
- Bardzo mała grubość warstwy naprawczej (możliwość łatwego zamaskowania powłoką

malarską lub cienką warstwą tynku; możliwość układania w płytkich bruzdach).

- Dowolna długość (można uniknąć stosowania połączeń).
- Możliwość dostosowania kształtu wzmocnienia do naprawianego obiektu (ważne przy wzmacnianiu elementów o różnej krzywiznie – np. sklepień).
- Szybki czas wykonania naprawy.
- Wykonywanie prac bez konieczności operowania ciężkim sprzętem.
- Możliwość stosowania do wszystkich rodzajów materiałów budowlanych (beton, stal, kamień, cegła, drewno itp.).
- Odporność na korozję i zjawiska starzenia,
- Bardzo dobra wytrzymałość zmęczeniowa.
- Możliwość doboru materiału wzmacniającego w zależności od potrzeb (zróżnicowana sprężystość oraz parametry wytrzymałościowe).
- Możliwość aplikacji w różnych warunkach pogodowych.
- Możliwość wstępnego naprężenia.

Materiały kompozytowe posiadają liniowo-sprężystą charakterystykę, a obciążane do momentu zniszczenia nie wykazują żadnych trwałych odkształceń plastycznych.

Rozróżniamy trzy główne typy kompozytów włókniстых FRP stosowanych w budownictwie do wzmocnień konstrukcji inżynierskich:

- CFRP – Carbon Fibre Reinforced Polymer – kompozyty na bazie włókna węglowego.
- GFRP – Glass Fibre Reinforced Polymer – kompozyty na bazie włókna szklanego.
- CFRP – Aramid Fibre Reinforced Polymer – kompozyty na bazie włókna aramidowego.



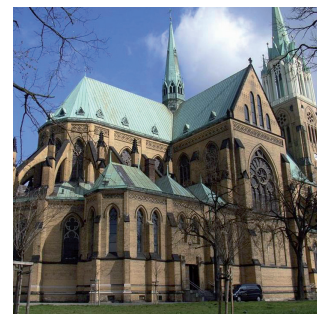
BUDOWNICTWO MOSTOWE



BUDOWNICTWO BIUROWE I
MIESZKANIOWE



BUDOWNICTWO PRZEMYSŁOWE



BUDOWNICTWO ZABYTKOWE

OBSZARY ZASTOSOWAŃ MATERIAŁÓW FRP

W konstrukcjach inżynierskich materiały FRP znalazły zastosowanie przy wzmacnianiu stref rozciąganych i ścinanych w elementach zginanych, przy wzmacnianiu elementów skręcanych oraz elementów poddanych działaniu sił osiowych. Wzmacnia się zarówno elementy betonowe i żelbetowe jak również murowane, drewniane i metalowe.

Taśmy i maty stosuje się do wzmacniania różnego rodzaju elementów konstrukcyjnych, takich jak belki, płyty, ściany, powłoki, słupy, kratownice oraz konstrukcji obiektów specjalistycznych, np. kominy, rury i zbiorniki. W przypadku bardzo słabych podłoży (wytrzymałość na odrywanie poniżej 1,0 MPa) zaleca się stosowanie mat szklanych GFRP. W niektórych sytuacjach maty szklane stosowane są także w celu zwiększenia ciągliwości konstrukcji (np. konstrukcje narażone na wpływy sejsmiczne). Maty aramidowe znalazły swoje zastosowanie głównie przy wzmacnianiu konstrukcji narażonych na

obciążenia udarowe i zagrożonych wybuchem. Od pewnego czasu matami aramidowymi wzmacnia się słupy narażone na uderzenia pojazdów oraz ściany skarbców bankowych. W związku z podwyższonym zagrożeniem atakami terrorystycznymi materiały aramidowe wykorzystuje się także w inwestycjach związanych z zabezpieczeniem istniejących i nowowznoszonych obiektów o szczególnym znaczeniu strategicznym lub politycznym. Z uwagi dużą odkształcalność graniczną oraz małą sztywność wstęp z włókien aramidowych możliwa jest ich aplikacja w stanie wstępnego naprężenia (wzmocnienia czynne) głównie na elementach nieprostoliniowych (np. słupów żelbetowych). Metoda ta jest stosowana do wykonywania wzmacniających opasek uszkodzonych przekrojów elementów. Wzmocnienia czynne elementów żelbetowych i drewnianych wykonuje się poprzez sprężenie wzmacnianych elementów naciągniętymi taśmami z włókien węglowych.

SPOSOBY APLIKACJI MATERIAŁÓW FRP

Przy wzmacnianiu konstrukcji żelbetowych materiałami kompozytowymi rozróżnia się następujące sposoby aplikacji taśm i mat FRP:

- Naklejanie taśm CFRP na powierzchnię wzmacnianego elementu.
- Naklejanie wstępnie naprężonych taśm CFRP na powierzchnię wzmacnianego elementu (wzmocnienie czynne).
- Wklejanie taśm CFRP we wzmacniany element w bruzdy nacięte piłą diamentową.
- Naklejanie mat FRP (węglowe, szklane, aramidowe) w stanie suchym na powierzchni wzmacnianego elementu – maty o masie powierzchniowej do 600 g/m².
- Naklejanie mat CFRP metodą na mokro (wet lay up) na powierzchni wzmacnianego elementu – maty o masie powierzchniowej 400–800 g/m².
- Naklejanie wstępnie naprężonych wstęp AFRP na powierzchnię wzmacnianego elementu (wzmocnienie czynne).

Taśmy, jak również maty mogą być naklejane na elementy konstrukcyjne jednokierunkowo lub krzyżowane w różnych kierunkach w zależności od potrzeb. W zależności od sposobu aplikacji taśm oraz mat o takim samym przekroju można uzyskać znaczne różnice w stopniu wzmocnienia elementu.

TAŚMY KOMPOZYTOWE S&P

Taśmy CFRP wytwarzane są w procesie przeciągania włókien węglowych przez kąpiel substancji impregnującej w postaci żywicy epoksydowej pod stałym naciskiem elementów formujących. Układ włókien węglowych zatopionych w matrycy żywicznej jest zawsze jednokierunkowy i prostoliniowy. S&P produkuje taśmy o szerokości od 10 do 150 mm i grubości 1,2 oraz 1,4 mm. Taśmy dostarczane są na plac budowy w postaci rolek o średnicy ok. 1 m. Waga rolki taśmy węglowej o długości do 150 mb wynosi kilkanaście kilogramów, co pozwala na swobodne transportowanie jej przez jednego pracownika budowlanego.



S&P C-LAMINATE

Taśmy kompozytowe CFRP (węglowe) do wzmocnień konstrukcji inżynierskich			
Taśma S&P C-Laminate 150/2000		Taśma S&P C-Laminate 200/2000	
Moduł E	>170 GPa	Moduł E	>210 GPa
Szerokość / Grubość mm/mm	Siła rozciągająca przy odkształceniu 0,6 / 0,8 %	Szerokość / Grubość mm/mm	Siła rozciągająca przy odkształceniu 0,6 / 0,8 %
50/1,2	63,0 kN / 84,0 kN		
50/1,4	73,5 kN / 98,0 kN	50/1,4	87,5 kN / 115,5 kN
60/1,4	88,2 kN / 117,6 kN	60/1,4	105,0 kN / 138,5 kN
80/1,2	100,8 kN / 134,4 kN		
80/1,4	117,6 kN / 156,8 kN	80/1,4	140,0 kN / 184,8 kN
90/1,4	132,3 kN / 176,4 kN	90/1,4	157,7 kN / 207,9 kN
100/1,2	126,0 kN / 168,0 kN		
100/1,4	147,0 kN / 196,0 kN	100/1,4	175,0 kN / 231,0 kN
120/1,2	151,2 kN / 201,6 kN		
120/1,4	176,4 kN / 235,2 kN	120/1,4	210,0 kN / 277,2 kN
150/1,2	189,0 kN / 252,0 kN		
150/1,4	220,5 kN / 294,0 kN		
Taśmy wklejane w bruzdy (Napężenia rozciągające 1650 MPa)			
10/1,4		23,1 kN	
10/2,8		46,2 kN	
15/2,5		61,9 kN	
20/1,4		46,2 kN	
Taśmy wklejane w bruzdy (Napężenia rozciągające 2050 MPa)			
10/1,4		28,7 kN	
20/1,4		57,4 kN	

DODATKOWE ZAKOTWIENIA TAŚM CFRP

Konieczność wykonania dodatkowego kotwienia końców taśm CFRP występuje najczęściej w następujących przypadkach:

- W momencie bardzo szybkiego przyrostu wartości momentu zginającego w pobliżu podpory.
- W momencie nagłego skrócenia taśmy z uwagi na kolizję z otworem lub inną przeszkodą.
- W przypadku zastosowania dwóch warstw taśmy naklejanych na siebie.

W każdym przypadku, w którym obliczenia wykażą niewystarczającą długość zakotwienia taśmy należy zastosować większy przekrój taśmy, większą liczbę taśm, albo jedną z metod dodatkowego zakotwienia końców taśmy. Kotwienie swobodnych końcówek taśm można wykonać następująco:

- Kotwienie przy pomocy dodatkowych nakładek z mat CFRP obejmujących przekrój elementu wraz

z końcówką taśmy CFRP (stosowane wyłącznie w przypadku wzmocniania belek lub słupów).

- Kotwienie przy pomocy dodatkowych nakładek stalowych mocowanych za pomocą kleju i kotew mechanicznych (rozwiązanie bardzo rozpowszechnione, stosowane najczęściej przy kotwieniu taśm na płytach stropowych).
- Kotwienie przy pomocy specjalnych, systemowych bloków oporowych wklejanych w konstrukcję. Bloki kotwiące składają się z dwóch płyt aluminiowych o specjalnym kształcie, który zapewnia optymalne zamocowanie i docięnięcie taśm do powierzchni elementu, przez co zapobiega delaminacji taśmy nawet przy bardzo dużych siłach wyrwywających.

W przypadku stosowania ostatniego rozwiązania przy wymiarowaniu wzmocnienia można przyjąć wyższe dopuszczalne wydłużenia taśmy, a więc w większym stopniu wykorzystać parametry wytrzymałościowe włókna węglowego.

SPRĘŻANIE ELEMENTÓW ZA POMOCĄ TAŚM CFRP

W chwili obecnej system opracowany przez S&P daje możliwość sprężania wzmocnianych elementów za pomocą wstępnie naciąganych taśm CFRP. Poprzez zastosowanie taśm o różnych przekrojach jak również stosując różną wielkość wstępnego wydłużenia można bardzo precyzyjnie określić wielkość siły sprężającej. Zastosowanie wstępnego naciągu taśm pozwala:

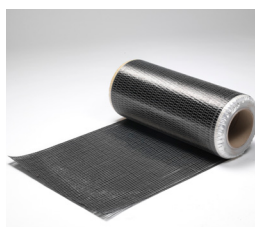
w większym stopniu wykorzystać nośność taśm ograniczyć odkształcenie wzmocnianych elementów włączyć wzmocnienie do współpracy ze wzmocnianym elementem bez konieczności dodatkowych odkształceń, już na etapie montażu wzmocnienia.

MATY KOMPOZYTOWE S&P

Maty węglowe (CFRP) są budową przypominają tkaninę, w której włókna węglowe ułożone są warstwowo, prostoliniowo i jednokierunkowo. Włókna ułożone w kierunku głównym stabilizowane są włóknami poliestrowymi ułożonymi poprzecznie.

W matach szklanych (GFRP) włókna szklane ułożone są warstwowo, faliście i dwukierunkowo. Maty szklane mogą posiadać różne ilości włókien w obu kierunkach, np. 50%×50%, 60%×40%, 70%×30%, 80%×20% oraz 90%×10%. Daje to bardzo duże możliwości w kształtowaniu układu wzmacniającego wykonanego z włókien szklanych. Maty aramidowe (AFRP) przypominają swoją budową maty węglowe, czyli tkaniny pracujące jednokierunkowo. Występują one także w postaci taśm (wstęg) wykorzystywanych często jako czynne wzmocnienie czyli zbrojenie wstępnie sprężone, z uwagi na ich dużą odkształcalność graniczną.

Maty kompozytowe C, G, A – FRP (węglowe, szklane, aramidowe) do wzmocnień konstrukcji inżynierskich				
Typ maty	Szerokość	Długość	Grubość	Siła niszcząca przy rozciąganiu próbki szer. 1m kN
	mm	m	mm	
S&P C-Sheet 240/200 (200 g/m ²)	300/600	100	0,113	410
S&P C-Sheet 240/300 (300 g/m ²)	300/600	100	0,167	710
S&P C-Sheet 240/400 (400 g/m ²)	300/600	100	0,222	944
S&P C-Sheet 240/600 (600 g/m ²)	300	100	0,333	1420
S&P C-Sheet 640	300	50	0,189	410
S&P G-Sheet E 50/50	670	50	0,067	162
S&P G-Sheet E 90/10 A	670	50	0,154	374
S&P G-Sheet E 90/10 B	670	50	0,308	748
S&P G-Sheet AR 50/50	670	50	0,065	132
S&P G-Sheet AR 90/10 A	670	50	0,149	303
S&P G-Sheet AR 90/10 B	670	50	0,299	608
S&P A-Sheet 120/290 (290 g/m ²)	300	150	0,200	440



S&P C-SHEET



S&P G-SHEET



S&P A-SHEET

KLEJE DO APLIKACJI MATERIAŁÓW FRP

Kleje do aplikacji taśm i mat FRP			
Rodzaj aplikacji	Resin 220	Resin 55 HP	Resicem HP
Klejenie taśm CFRP na powierzchni elementu	XX	-	-
Wklejanie taśm CFRP w nacięcia w elemencie	XX	XX	XX
Klejenie mat CFRP, GFRP, AFRP	X	XX	XX

XX –zastosowanie zasadnicze

X –zastosowanie pomocnicze

Do aplikacji materiałów FRP stosuje się kleje na bazie żywic epoksydowych. Są to substancje dwukomponentowe, składające się z żywicy epoksydowej i utwardzacza, które należy przed aplikacją połączyć w odpowiednich proporcjach. Reakcja wiązania jest reakcją egzotermiczną. Czas reakcji zależy od temperatury zewnętrznej oraz objętości rozrobionego materiału. Im wyższa temperatura tym proces wiązania składników kleju przebiega szybciej. Do aplikacji taśm węglowych stosuje się klej S&P Resin 220 o wysokiej gęstości, którego tiksotropowość pozwala na klejenie taśm w dowolnej pozycji (także pułapowej) bez stosowania jakichkolwiek podpór. Wyjątek stanowi aplikacja taśm w brzdach, w pozycji posadzkowej. W tym przypadku do wklejania taśm stosuje się klej S&P Resin 55 HP o stosunkowo dużej płynności. Do aplikacji mat służą kleje S&P Resin 55 HP i S&P Resicem HP. W przypadku klejenia mat żywica musi przesączyć warstwę włókien w macie tak, aby nastąpiło zalaminowanie włókien w żywicy

epoksydowej. Poza własnościami wytrzymałościowymi ważną cechą żywic stosowanych w systemach FRP jest wpływ wilgotności podłoża i powietrza oraz temperatury na proces ich wiązania i twardnienia. Kleje S&P Resin 55 HP oraz S&P Resin 220 powinny być aplikowane na suchych podłożach (o wilgotności masowej poniżej 4–5%), przy wilgotności względnej powietrza poniżej 80% oraz przy temperaturze powietrza powyżej 5 °C (w zależności od systemu). Klej S&P Resicem HP umożliwia aplikację materiałów FRP na wilgotnych podłożach o wilgotności masowej nie przekraczającej 12%.

W przypadku wzmacniania konstrukcji inżynierskich materiałami na bazie żywic epoksydowych nie można zapominać o zjawiskach fizyki budowli. W przypadku stosowania wyłącznie taśm FRP, względnie mat FRP na niewielkich powierzchniach (przy suchych podłożach) w stosunku do wymiarów wzmacnianych elementów, dyfuzyjność klejów nie ma znaczenia. Absolutna większość klejów epoksydowych stosowanych we współczesnych systemach FRP charakteryzuje się współczynnikiem oporu dyfuzji pary wodnej (μH_2O) na poziomie zbliżonym do 1 000 000 (wartość bezwymiarowa). Kleje te stanowią zatem warstwę zamkniętą dla dyfuzji pary wodnej, co w przypadku aplikacji całopowierzchniowych może powodować odpajanie maty od podłoża na skutek oddziaływania ciśnienia dyfuzji. Wyjątkiem jest klej S&P Resicem HP, który po stwardnieniu cechuje się poprawionym parametrem dyfuzji pary wodnej z powierzchni wzmacnianego elementu.

PROJEKTOWANIE WZMOCNIEŃ KOMPOZYTOWYCH

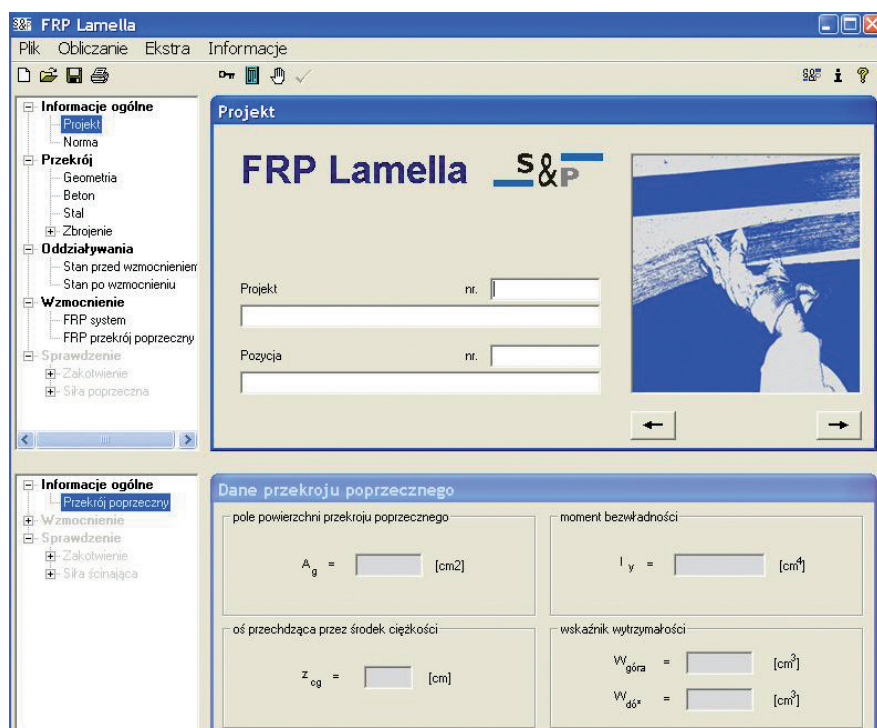
Przykładowe zalecenia i procedury obliczeniowe wzmocnień przy zastosowaniu materiałów FRP zawiera specjalny raport fib (fib Bulletin 14 – Externally bonded FRP reinforcement for RC structures), a także szereg opracowań S&P Reinforcement i S&P Polska, oraz podręczników dotyczących wymiarowania wzmocnień przy zastosowaniu programów obliczeniowych. Ogólne zasady projektowania wzmocnień z zastosowaniem dodatkowego naklejanego lub wklejanego zbrojenia kompozytowego są w dużej mierze analogiczne do projektowania zbrojenia w postaci prętów zbrojeniowych. W przypadku obliczania niezbędnego przekroju wzmacniających elementów FRP niezbędne jest określenie granicznego odkształcenia obliczeniowego taśm i mat. Stopień wykorzystania nośności elementów kompozytowych zależy od:

- Rodzaju materiału kompozytowego,
- Rodzaju wzmacnianego elementu i strefy wzmocnienia (wzmocnienia stref zginanych, ścinanych, skręcanych).
- Stopnia wzmocnienia elementu.
- Sposobu aplikacji materiału FRP (wzmocnienia bierne lub czynne).
- Wyznaczenie przekroju materiałów FRP odbywa się na drodze analizy równań równowagi sił we wzmacnianym przekroju z uwzględnieniem odkształceń granicznych materiałów.

Firma S&P dostarcza nieodpłatnie profesjonalne oprogramowanie do projektowania wzmocnień kompozytowych konstrukcji żelbetowych (programy FRP Colonna i FRP Lamella).

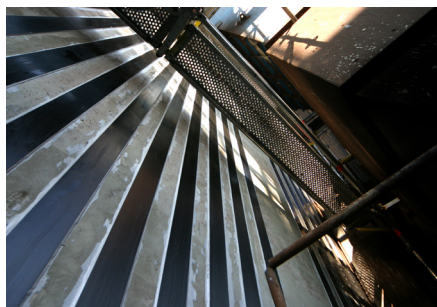


PROGRAMY FRP COLONNA



PROGRAMY FRP LAMELLA

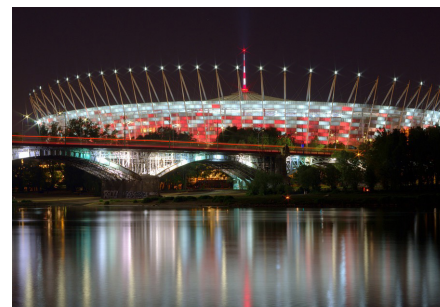
PRZYKŁADOWE REALIZACJE



KOMIN ODPYLNI
HUTA CZĘSTOCHOWA



WZMACNIANIE SŁUPÓW
MATY NAKLEJANE POPRZECZNIE



STADION NARODOWY
WARSZAWA



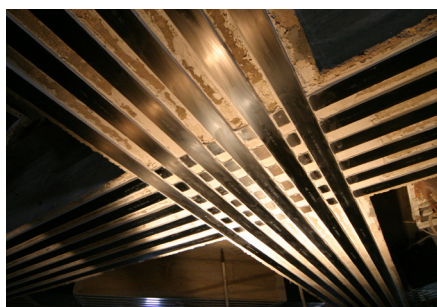
HALA STULECIA
WROCŁAW



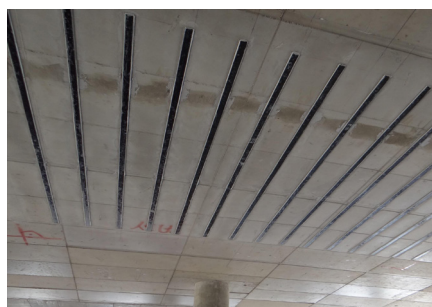
WZMACNIANIE PŁYT POD OTWOROWANIE
BIERNE NALEJONE TAŚMY WĘGLOWE



WZMACNIANIE DŹWIGARÓW Z DREWNA KLEJONEGO
OPASKI Z MAT WĘGLOWYCH



SIŁOS ŻELBETOWY
ZPW TRZUSKAWICA



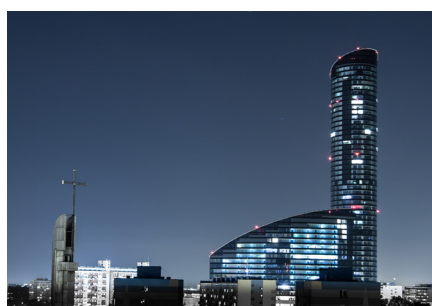
BIERNE WZMACNIANIE PŁYT STOPOWYCH
BIERNE NALEJONE TAŚMY WĘGLOWE



WZMACNIANIE KOPUŁ SIŁOSÓW
NAKŁADKI Z MAT WĘGLOWEJ



WZMOCNIENIE STREF ŚCINANYCH
NAKŁADKI Z MAT WĘGLOWYCH



SKY TOWER
WROCŁAW



SPRĘŻANIE PŁYTY MOSTU
ŁOTWA



MOST PRZEZ REGĘ
UNIMIE



APARTAMENTOWIEC
WARSZAWA



JASNA GÓRA
CZĘSTOCHOWA

www.sp-reinforcement.eu

POLSKA

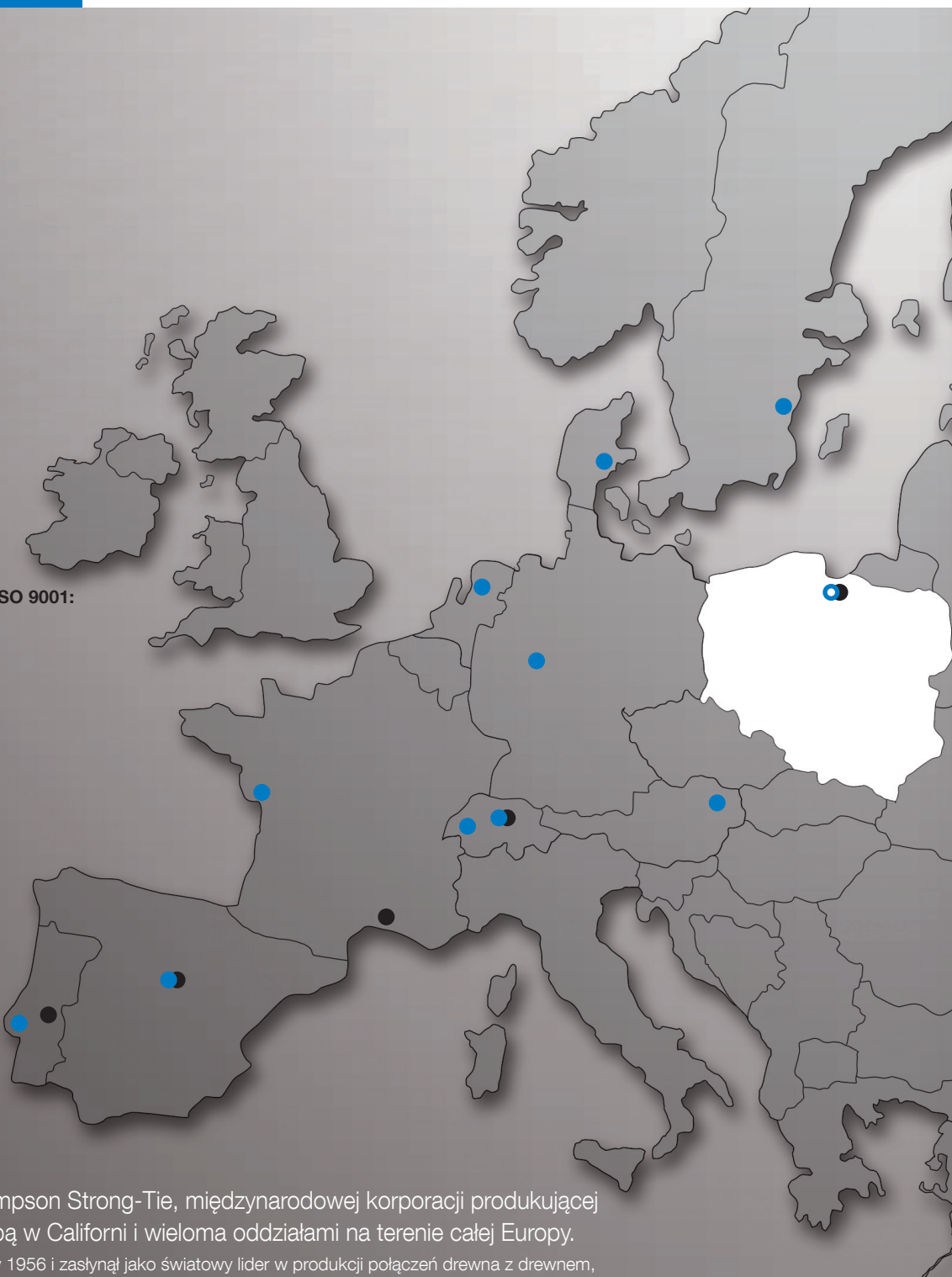
S&P Polska Sp. z o.o.
ul. Bydgoska 9
PL-82-200 Malbork
Phone: +48 55 646 97 00
Fax: +48 55 646 97 01
Web: www.sp-reinforcement.pl
E-Mail: info@sp-polska.pl

Inne oddziały w:

Austria
Beneluxu
Dania
Francja
Hiszpania
Niemcy
Portugalia
Szwajcaria
Szwecja

Produkcja europejska zgodnie z ISO 9001:

Francja
Polska
Portugalia
Szwajcaria
Hiszpania



Od 2012 S&P jest częścią Simpson Strong-Tie, międzynarodowej korporacji produkującej materiały budowlane z siedzibą w Californi i wieloma oddziałami na terenie całej Europy.

Simpson Strong-Tie został założony w 1956 i zasłynął jako światowy lider w produkcji połączeń drewna z drewnem, betonem i stalą.

Firma angażuje się w pomoc klientom w odniesieniu do ich indywidualnych potrzeb, oferując wyjątkowe produkty wymienione w katalogach, kompleksową obsługę inżyniersko-techniczną, obsługę produktów, testowanie produktów i szkolenia, a także dostarczanie produktów na czas. Dzięki przejęciu firmy S & P, firma Simpson Strong-Tie nadal poszerza swoją ofertę o całą gamę napraw, rozwiązań zabezpieczających i wzmacniających związanych z konstrukcjami betonowymi. Łącząc mocne strony obu marek, Simpson Strong-Tie i S & P mogą zaoferować najwyższy poziom jakości i usługi, aby zaspokoić wszystkie Twoje potrzeby związane z naprawą, wzmocnieniem i odbudową. Czekamy na współpracę z Państwem przy następnym projekcie.

Skontaktuj się z nami: +48 55 646 97 00

www.sp-reinforcement.pl

