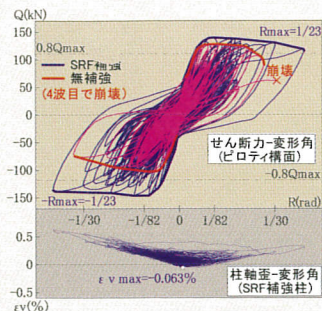


偏心建物模型に震度7クラスを7回加えて、損傷制御と倒壊防止効果を実証

独立行政法人防災科学技術研究所と東京大学と共同で偏心ピロティの震動実験を実施しました。大型震動台に鉄筋コンクリート6階建の一区画を取り出した模型(40t以上)を設置し、実際に起こった地震波を次々にかけました。鉄筋コンクリートは3波目の神戸海洋気象台波で限界に達し、4波目のチリ地震波で倒壊しましたが、SRF工法で補強したものは、その後、JR鷹取駅の地震波までは損傷がほとんどなく、再度のチリ地震波と各種の震度7の波に耐え、計7回の大地震波を加えても、倒壊しないことが実証されました。



阪神大震災の鷹取波(125kine)を受けても損傷はほとんどなく、水平・鉛直耐力保持しています。



4波目の時点で柱が大破し、壁も崩れてしまいました。7波目の地震にも柱は耐え抜き、壁も目立った損傷はありません。



7波目加震後のSRF工法による補強柱内部の状況。柱頭と柱脚のごく一部が粉砕されていますが、他はほぼ健全です。

東日本大震災と熊本地震で揺れが少なく被害なく、使用継続できることを確認

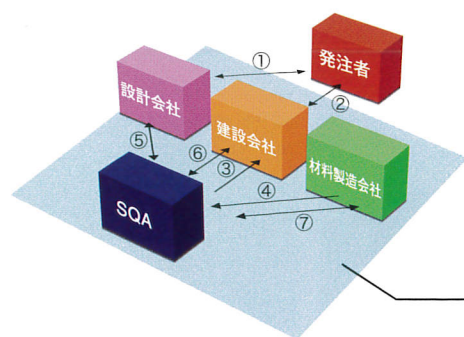


仙台駅近くの百貨店。SRF工法で耐震補強工事を行いました。東日本大震災では、仙台市内の百貨店の中で最速でフルオープンしました。

仙台市内の新耐震のマンションは、ピロティ部分の柱をSRF工法で補強しました。東日本大震災でレンガ仕上げも上層階も揺れが少なく被害がありませんでした。一方、同じマンションのピロティで無い部分は上層階までレンガが落ちて大規模修繕が必要になりました。

仙台市内のマンション。一階のピロティ部分だけSRF工法による補強を行っていました。東日本大震災では、周囲のマンションが大きな被害を生ずる中、上層階も含め揺れも小さく被害がありませんでした。

熊本市内の大学校舎。鉄骨ブレースで外周を補強し、周囲に壁が少ない部分の柱をSRFで補強していました。熊本地震後、被害無く使用継続できました。



SRF工法に関するお問い合わせは、構造品質保証研究所(SQA)まで

SRF工法の設計、施工、材料製造は、研究会会員企業が行います。設計会社は入会金、年会費無料です。また、入会は随時受け付けています。

- ① 設計業務委託契約、工事管理契約
- ② 工事請負契約
- ③ 材料販売契約
- ④ 材料仕入れ(納入)契約
- ⑤ 設計指針提供(設計)
- ⑥ ライセンス契約(施工)
- ⑦ ライセンス契約(材料製造)

SRF研究会
技術問題への対応 / ノウハウの蓄積 / 全般技術指導

鉄などで補強しても地震で繰り返し変形すると柱・壁、仕上げ・

2011年東日本大震災、2016年熊本地震の揺れの大きさは、新耐震の想定の数倍、繰り返し回数は、数十倍です。

地震被害事例

柱



左の写真のように鉄筋コンクリートの柱は、地震で繰り返し左右に変形させられると外側のコンクリート(かぶり)に亀裂を生じ、中の鉄筋が露出して、建物を支える力が衰えます。さらに地震が続けば、建物の重さに耐えられずに建物は崩壊します。これは、鉄筋(鉄骨)コンクリート柱の宿命で、現行規準で造られた柱でも同じです。

耐震壁



耐震壁は、地震で繰り返し左右に変形させられると斜めにひび割れが生じます。さらに地震が続けば、ひび割れが大きく開いて、真二つになります。これに紙面奥行き方向の揺れが加われば、この方向にずれて建物は右の写真のように倒壊します。これは、鉄筋(鉄骨)コンクリート壁の宿命で、現行規準に従って鉄筋を多く入れた場合でも、コンクリート厚くした場合でも同じです。

雑壁・ブロック壁



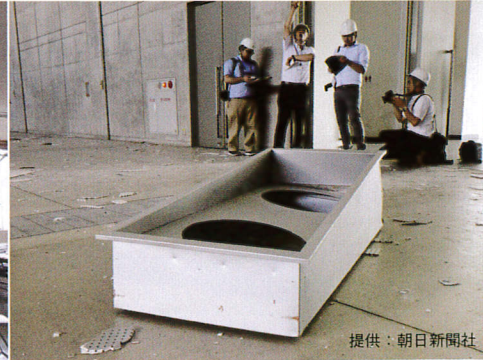
ドアや窓のある壁は、「雑壁」と呼ばれ、現行の耐震設計や耐震診断では、ほとんど計算外です。しかし、実際には、地震のエネルギーを吸収する優れた耐震性能を持っています。さらに、施設の使用上は、耐震壁よりも大切な壁です。これが、壊れてしまうと、倒壊しなくとも、写真のように建物は使用できなくなります。

木造



木造は、地震で繰り返し変形させられると屋根や仕上げが壊れ、基礎のコンクリートにひびが入り、倒壊しなくとも危険になり立入禁止となります。さらに、地震が続けば、一階部分が潰れたり、二階が外れて倒壊する場合があります。倒壊した木造を調べると、金物やボルトが木材を傷つけて柱が折れたり、土台が裂けたり、柱が抜けたりしているものが見られます。

仕上げ・設備



天井などの仕上げ、照明・換気などの設備は、地震で繰り返し揺られると止め具や吊り具が外れて落下します。建物が倒壊しなくとも、仕上げ・設備の落下により、人命に危害が及ぶ危険性があり、建物は使用できなくなります。金属性のクリップや吊りボルトを増やしたり、斜めに着けても、結局、想定を超える変形や力を受ければ壊れて効果が無くなります。

提供：朝日新聞社

設備は壊れます。SRFのしなやかさは人と建物を傷つけません。

現行規準の想定を桁違いに上回る大地震に対しては鉄・炭素繊維・アラミドなどの固い材料補強では限界があります。

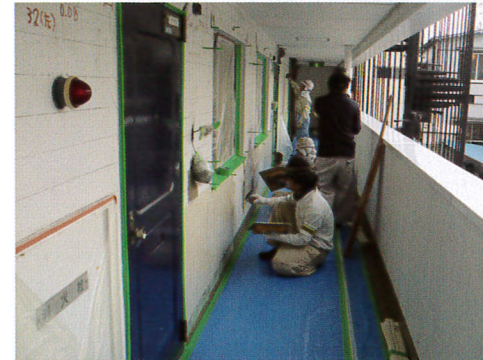
SRF補強事例



鉄筋(鉄骨)コンクリートの柱に、高粘性接着剤を塗り、高延性材(写真の白いベルト)で巻き付けることにより、地震で繰り返し左右に変形し、外側のコンクリート(かぶり)にひびわれが生じても、ベルトと接着剤の弾力的な復元力でひび割れが大きく開かず元に戻ります。多くの繰り返し後も、中の鉄筋は露出せず、建物を支える力は持続します。



耐震壁に、高粘性接着剤を塗り、高延性材(写真の白いベルト)を貼り付けることで、地震で斜めにひび割れが生じても、大きく開かず、元に戻ります。さらに地震が続いても、崩壊しない壁になります。鉄板、炭素繊維、アラミド繊維などの固い材料をエポキシ樹脂などの高強度接着剤で壁に貼り付けても、壁の変形に追従できず剥がれてしまいました。しなやかな高延性材と粘り強い高粘性接着剤を用いることで初めて効果の大きな壁の補強が実現しました。



左の写真のように、雑壁も、ベルト状の高延性材で補強してひび割れに弾力的な復元力を与えることができます。また、崩落を防止する目的に絞れば、右の写真のように薄いシート状の高延性材を貼ることもできます。壁のひび割れにエポキシ樹脂などを注入しても、次の地震で注入した部分の隣にひびが入ってしまうことを避けられません。SRFで全体を補強することで、雑壁にひびが入っても地震が終わればひびが閉じる構造にすることができます。



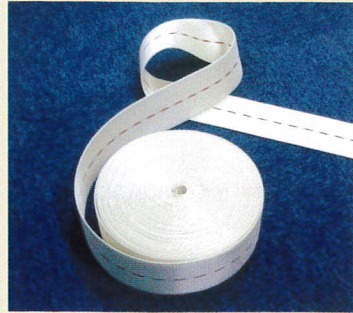
木造の釘打ち部、土台・柱・梁などのつなぎ目(接合部)に、高延性材を高粘性接着剤で貼り付けることで、釘が曲がって抜けるまで効く釘打ち部、ほぞが抜けるまで効く接合部とすることができます。既存の補強では、材が劣化していればその部分を取り替えてからSRFを施工します。各接合部、釘打ち部でエネルギーを吸収しながら安定して変形し揺れを収める構造になります。



既存の天井の補強では、右の写真のように、仕上げボードの下に高延性材を貼り付けてから、スリットを切って天井裏(懐)にある既存の止め具や吊り具に沿わせるように、テープ状の高延性材を設置し、スラブ・梁などに定着します。配管などは、直接、ベルト状の高延性材を回して、梁などに定着します。高延性材はやわらかいので、工事の時も、地震にあって左右に揺られたときも配管や被覆材を傷つけません。

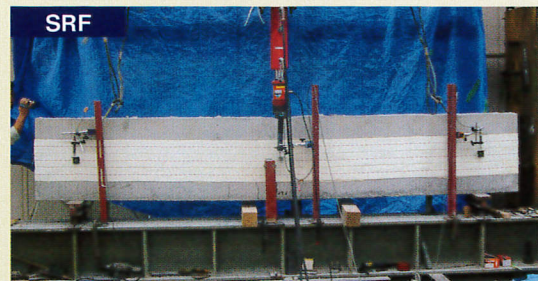
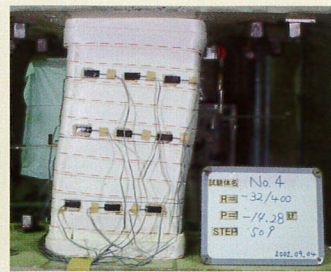
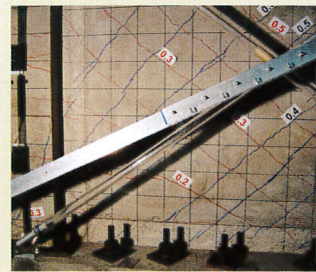
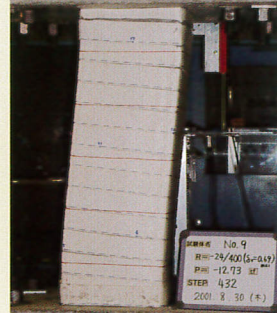
高延性材は、地震のエネルギーを安定した変形の繰り返しに変換することで揺れを収める収震構造を造ります。

想定を超えるレベルと長さの地震動では、従来の耐震、免震、制震ともに、計算上も実際も壁や梁にひびが入り、元に戻らなくなります。震度7クラスが何回も襲えば、かぶりが取れて柱が崩壊し倒壊する危険性もあります。



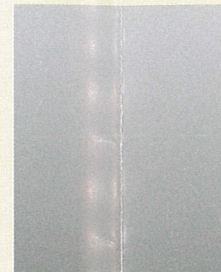
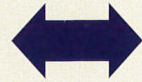
高延性材

コンクリートはひび割れが生ずることで変形能力を獲得します。SRFは、ポリエステルをベルト状に織った高延性材を高粘性接着剤でコンクリートの表面に貼り付けることで、ひび割れを均等に分散させ、ひび割れに弾性的な復元力を与えます。SRFで補強した柱・壁・梁は、写真のように美しく変形し多数の繰り返しを受けても元に戻ります。中段の壁は、裏側に高延性材を貼っていますが、ひび割れが分散し規則正しく入っていることが分かります。



柱

高延性材

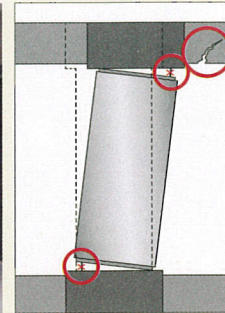
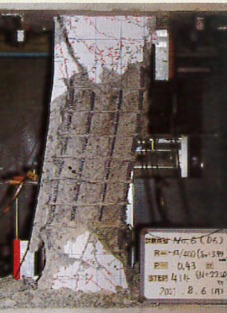
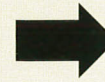


壁・短柱



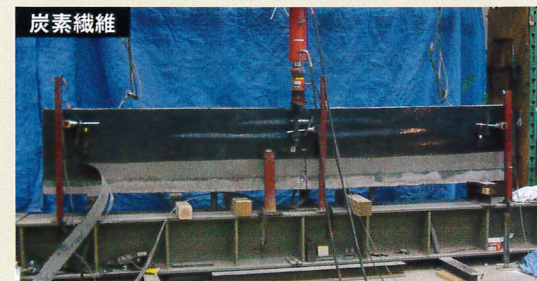
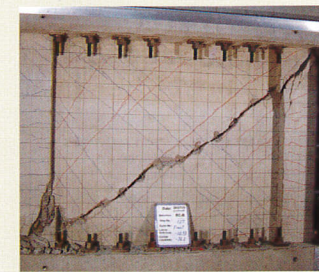
梁

鉄など



アラミドの被災事例

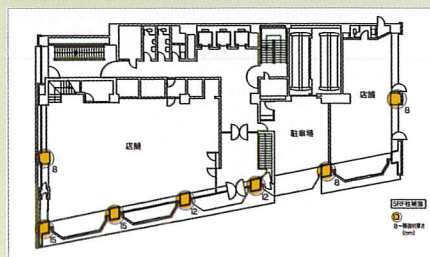
鉄筋で補強した柱は、繰り返し曲げ変形させようとすると、かぶりが崩落して破壊します。鉄板を巻いた柱は、曲げ変形できずに倒れるだけで、鉄筋が切れたり、周囲が壊れます。柱の端部を巻いたアラミド繊維は変形できずに東日本大震災で裂けてしまいました。鉄筋で補強した壁や丈の短い柱(短柱)は、繰り返しせん断変形させようとすると、始めに入ったひび割れが拡大し破壊します。炭素繊維で補強した梁は、曲げ変形させようと折れてしまいます。



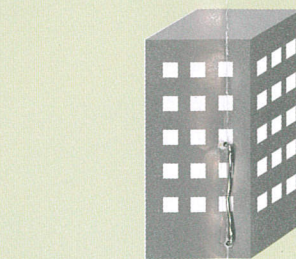
壁が偏在する偏心建物、ピロティ建物であっても、SRFで主要な柱・壁を補強して、各フロアが水平面で安定して運動することで、地震のエネルギーを巧みに吸収する構造、即ち、収震構造にすることができます。結果として、壁の変形は小さく、ひびが入っても元に戻るため、壁に取り付いた仕上げ・設備の損傷を抑えることができます。

右の写真と図面は、仙台市内の事務所ビルのSRF補強事例です。偏心建物ですが、振られる窓側(道路側)の柱をSRF補強して耐震基準をクリアし、東日本大震災で想定を大幅に上回る大きさで継続時間の揺れを受けても仕上げも含め被害は全くありませんでした。

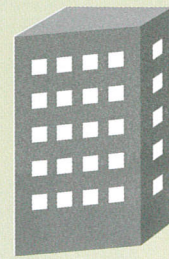
SRFで主要な柱を補強した建物は、震度4クラスの地震、交通振動でも、補強前に比べて揺れが収まったとの評価を受けています。また、常時微動観測でも、補強前後の振動モードの違いが歴然としています。



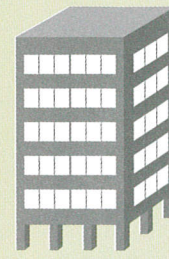
収震



一般建物

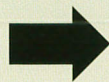


偏心建物



ピロティ建物

耐震・免震・制震



鉄骨ブレース補強校舎



制震ブレースマンション



出典：「東日本大震災の教訓 都市・建築編 覆る建築の常識」日経BP社
鉄骨ブレース・壁増厚・柱鉄板巻き補強校舎

鉄骨ブレース、耐震壁増設などで、耐震強度を上げる補強が一般的です。また、制震ブレースや免震装置を建物の一部に設置する方法もあります。しかし、想定を超える地震の揺れでは、計算上も、実際も、壁にひびが入ることは避けられません。内部の仕上げ・設備は落下・損傷して使用禁止となり取り壊したり、大規模修繕を余儀なくされた事例があります。

SRF工法は、人と建物にやさしい補強です。

高靱性接着剤は、無溶剤で、臭気がありません(F☆☆☆☆)。



CW型片面



A型(梁)



らせん巻き(窓際)



崩落防止



A型



W型片面



C型片面



らせん巻き



らせん巻き(スリット)

左右の図の建物は、補強形式が分かりやすいように全てスケルトンになっていますが、実際は、補強する部分だけ仕上げを剥がして復旧することで十分です。

■施工詳細事例



補強する周り50cmから1m程度を仮に囲えば補強できます。


モルタル仕上げを剥がしてSRFを巻けば同面に仕上げられます。柱についた窓やドアなどの建具はそのままでOKです。

支持金物、コンセントボックスなどの障害物をかわして巻くことができます。


ビルテナントのお店やオフィスは休業することなく、閉店後のみや営業しながらの施工例が多数あります。

建物各部の状況に応じた補強形式があります。

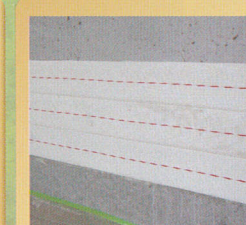
高延性材は、しなやかで、建具、設備をかわして設置することができます。




筋かい流し貼り曲げ止め




柱土台短冊貼り
土台基礎際貼り




基礎補強




柱土台基礎補強短冊貼り




柱土台基礎補強短冊貼り



軒桁柱土台流し貼り止め巻き



柱梁短冊貼り



壁際貼り

■代表的補強事例



日本橋の事務所ビルはSRF工法で主要な柱と壁を補強し、Is値の基準値クリアと軸耐力確保の補強を行いました。

東京駅から新大阪駅まで、駅周辺の高架橋脚1200本余りを補強しました。

樹齢2000年近い樺の梁を補強し、漆で仕上げました。次の修繕まで100年以上の耐久性を期待しています。

和歌山県のホテルは、SRF工法による耐震補強とリニューアル工事で装いも新たに生まれ変わりました。