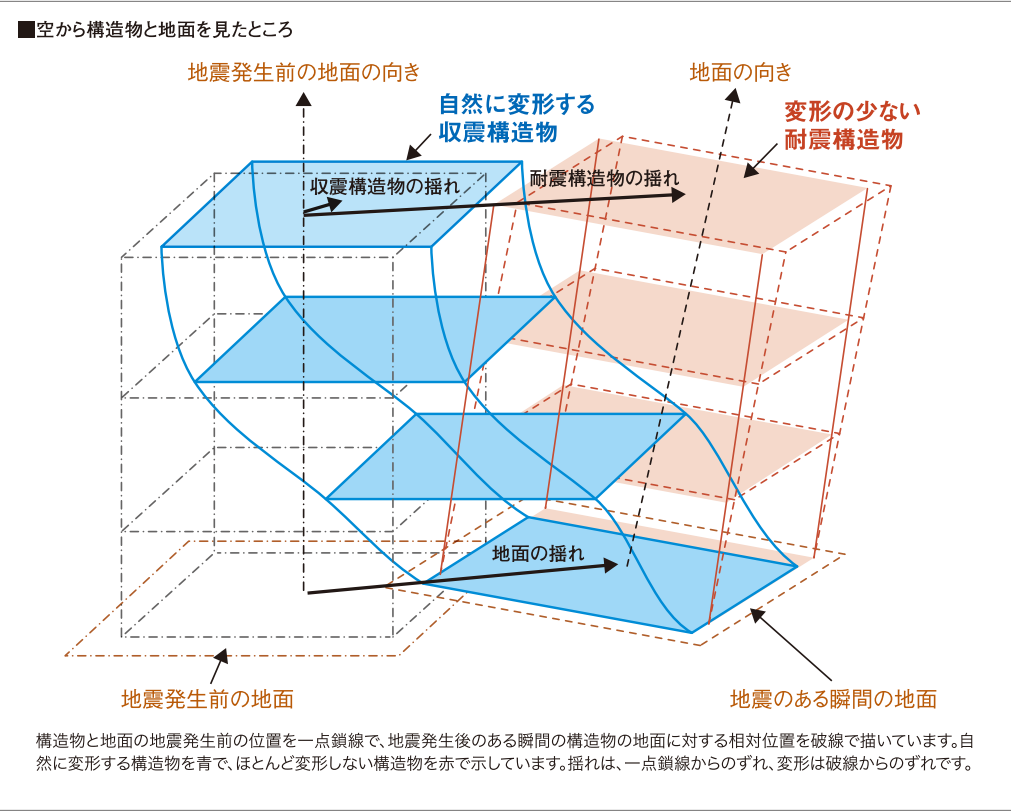


収震：地震の揺れを自然な変形によって収める。

地震が起こると、地面はその位置と向きを大きく変えます。従って、地面の上に建っている建物、インフラ施設など(構造物)は、揺れを小さくするためには、図に青い線で示したように大きく変形する必要があります。しかし、従来は、揺れや被害は構造物の変形によって生ずると信じられていました。そこで、柱を太くし、耐震壁を入れたり、免震・制震装置を用いて変形を小さくするような耐震基準が作られました。ところが、図に赤い線で示すように、地震を受けたときにほとんど変形できないと、地面と同じように大きく激しく揺れてしまい、中にいる人や設備の損傷は避けられません。さらに、地面と一緒に動こうとするので、大きな力(加速度)を受けて弱いところから壊れてしまいます。東日本大震災、熊本地震などで、写真のように耐震基準を満たした建物や耐震補強済みの建物の内部が惨憺たる状況になり、あちこちに大きな亀裂が入ったことが多数報告されています。壁や装置で変形を抑えようすると、大地震では大きな揺れと力を生じてしまい、被害が生ずることは、図のように空から地面と構造物の両方を見れば一目瞭然ですが、従来は、動く地面の上から構造物を見て設計していたので気付かなかったようです。



熊本地震の新耐震建物の内部の状況です。貴重な研究資料、機材が失われ、とりかえしのつかない被害であったと報じられました。

熊本大学ホームページより



SRF工法で補強した柱の上下に大きな変位を与えた実験です。柱は破壊することなく元の形に戻ることが確認されました。

大地震で地面が激しく動くと、各フロアや内容物は空間上の位置と方向を維持しようとします。これは、慣性と呼ばれる万物に備わった物理的な性質です。図で青い線で描いた自然に変形する柱、壁を持つ構造はこれを妨げません。地面から来た地震のエネルギーは構造物を壊すような力に変わることはなく、反射して地面に返っていきます。地震が終われば、揺れは自然に収まります。この作用を収震、このような構造を収震構造と呼んでいます。一方、鉄筋や鉄骨で、柱、壁の変形を抑えようすると大きな力を受けます。これは、地震力と呼ばれる力です。この大きさが柱や壁の強度を上回れば、損傷し崩壊することは避けられません。また、免震装置や制震装置に変形を集中させても、装置の限界を超える変形が生ずれば、装置や取り付け部の破壊を免れません。この意味で、耐震構造、免震・制震構造には明確な限界があると考えています。収震構造には、このような意味での限界はありません。SRF工法は、しなやかな材料でコンクリートの柱や壁、木造の接合部を補強する方法です。柱や壁は、端部に耐震基準の想定を超える大きな変位を与えても自然な形に変形して元の形に戻ることが実験で確認されています。東日本大震災、熊本地震などの近年の大地震で、SRF工法で補強した構造物の揺れが小さく被害もほとんどなかったことは収震効果によるものであると考えています。旧耐震から、新築まで、耐震設計された建物でも主要な柱をSRF工法で補強することで収震的な構造に変えることができると考えています。耐震、免震制震とは違う新しい方法です。



構造品質保証研究所

<https://www.sqa.co.jp>

SQA

検索

お問い合わせはお気軽にメールで

square@sqa.co.jp

HPにてセミナー動画を公開しています



3.11 東日本大震災で効果が実証された

収震 Seismic Restoration

SRF工法は、ポリエステル繊維製のベルトやシート(高弾性材)をウレタン系の高弾性接着剤で、構造物の柱、壁、梁、接合部等に貼り付け、巻きつけることで補強する方法です。2011年3月時点で、北海道の旭川から沖縄の那覇まで、全国各地の事務所、マンション、学校など850件以上の耐震補強工事に使われています。3.11とその後の地震で震度5以上の揺れを受けた地域には461件の実績があります。ファクシミリアンケート、電話聞き取り、訪問等で調査しましたが、問題を生じた事例は、一件も報告されていません。「以前の地震より、揺れが少なかった。」「付近の学校が被災する中、最小被害で授業継続できてよかった。」等の反響を多数いただいております。SRF工法は構造物の揺れを収める、即ち、収震効果があることが実証されました。



「揺れが少なかった」

こんな反響が多数ありました。

「以前の地震より、揺れが少なかった」「仕上げもほとんど無被害」
「付近の学校が被災する中、最小被害で授業継続できてよかった」と好反響です。

仙台駅近くのさくら野百貨店は、2010年2月から5月に、柱・壁のSRF補強と若干のRC工事で耐震基準値クリア補強済。S造部分の外装パネルが落下する被害はありましたが、その他は問題なく、駅周辺で最も早くフルオープンしています。



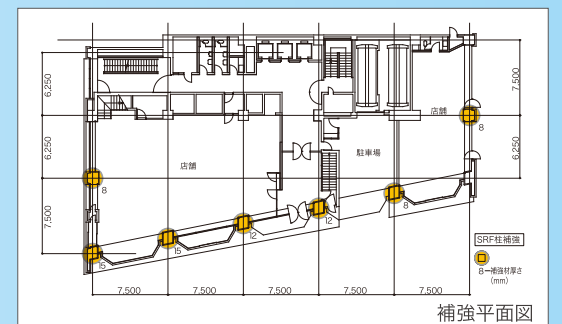
仙台市内の小学校は、2007年8月にブレース補強と柱6本のSRF補強を行いました。近隣の学校校舎が使用ができなくなる中、授業継続できて良かったと感謝の言葉をいただきました。計測震度5.5(震度6弱)、PGV=63.7kineでした。



日立市内のビルです。耐震強度(Is値)を上げる補強ではなく、SRF工法で、21本の柱を補強する軸耐力補強を行いました。震度6強の揺れを受けましたが、付近の建物施設が被災し、使用停止を迫られた中で、無被害で使用継続することが出来ました。2022.1.17のNHKスペシャルでも取り上げられました。

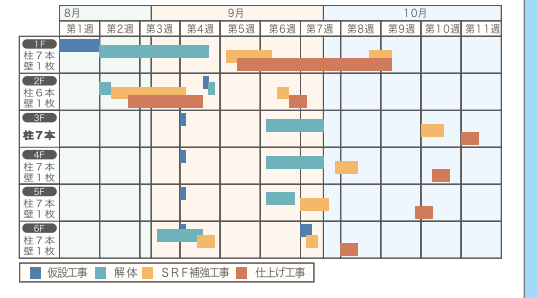


仙台市内のマンションは、1990年築の新耐震で、ピロティ柱40本をSRF補強。震災後、SRFベルトも柱もタイル仕上げも異常なし。ピロティ以外のSRF補強していない部分は、上階のタイル補修が必要となりました。



補強平面図

実施工程表



仙台市内のテナントビルは、1972年(昭和47年)竣工の延べ床7751m²です。2008年の岩手・宮城内陸地震で壁、梁等が多数の大きなひび割れが発生し、樹脂注入で補修工事が行われています。SRFにより、構造耐震指標I値の基準値(0.6)クリアを目標性能とする耐震補強工事を、2010年8月から10にかけて実施しました。

管理会社社員の方の話によれば、3月11日の地震の後、建物内部にはほとんどひび割れ等の被害がなく驚いたとのこと。震災後、6月と8月に調査しましたが、柱、梁に曲げひび割れは確認されたものの、壁、柱等の仕上げには変化はありません。一階の内部、外装とも石貼り仕上げですが、地震前と変わらない状況です。本震と何度かの大きな余震でも、被害なく使用継続。震災4日目の3月15日から、このビルの4階、5階でさくら野百貨店が饭店舗営業を開始し、仙台市民が、ビルの周りを何重にも取り巻いて行列し生活用品を購入したとのこと。

この建物は、道路側に壁が無く、反対側がコアになっており、壁が集中している偏心と呼ばれる構造です。このような建物は、道路側が大きく振られる捻じれ振動が生じて壊れるとされ、これまで、この側に鉄骨ブレースを入れて偏心を止める補強が合理的であるとされていました。ところが、想定を超える強さや長さの地震を受けると、ブレースが曲がるか、取り付けられた梁にひびが入るか、コアの壁にひびが入ります。この結果、余震で倒壊する危険性が感じられ、立ち入り禁止措置が取られ使用できなくなります。

上の図面と左の写真のように、SRF工法で、各フロアを支える柱を巻きたて補強することで、柱側は揺れても元に戻ります。その分、壁の変形が減るので、壁にひびが入っても元に戻ります。結果として、安定した捻じれ運動ができる構造になりました。柱に巻いたベルト、壁に貼ったSRFベルトは柱と壁の変形を元に戻す働きをします。

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

東北大学青葉山のSRC9階建校舎。2000年から2001年に、ブレースと耐震壁で基準値を大幅にクリアする補強を行ったが、3.11で隅柱がせん断圧縮破壊し、内装が損壊し、使用不能で取り壊しに。



栃木県内の中学校(RC 3階建て)は、2010年までに鉄骨ブレースによる耐震改修を完了していたが、柱がせん断破壊し、3階は天井から蛍光灯が垂れ下がり天井パネルの一部が落下。町は取り壊しを決定。



免震装置が亀裂や塑性変形したり、周囲のエクスパンションジョイントが破壊する事例が報道されている(日経アーキテクチュア2011年7月10日号)。



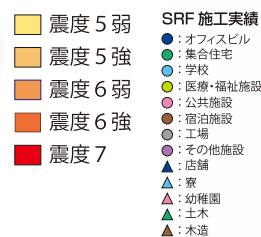
仙台市内のマンションは制震ブレースで補強済みだったが、壁が破壊し、大規模修繕が必要に。



鉄板巻柱周囲の破壊



新耐震で被災した建物内部で梁の一部が崩落し天井を破っている。



2011/3/11～2011/10/1
最大震度 5 以上のエリア
(市町村区単位 / 気象庁発表のデータより)