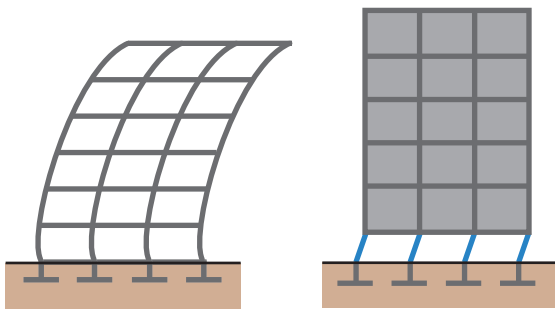


ピロティ + SRF = 機能的で揺れが少なく津波にも安全！

1960年代までは一階が駐車場や店舗になっているピロティは、機能的に優れる上に、免震的な効果もあるとされ、世界中で作られました。しかし、1970年代の地震でピロティ部分が潰れる被害が相次ぎ耐震基準が強化され、現在ではピロティは建築が難しくなっています。SRF工法でピロティを補強すると、震度7クラスの地震が数回襲っても壊れず、しかも揺れが少ないことが震動台実験で確認され、3.11でも実証されています。ピロティに、SRFを加えることで、機能的性と安全性を兼ね備えた新しい建築様式が誕生します。



一般の建物

ピロティ + SRF

一般の建物は、地震に遭うと左図のように全体が変形し大きく揺れますが、ピロティは、右図のように一階部分が主に変形して上階の揺れを吸収します。この分、大きな力が一階の柱にかかるため、普通の鉄筋(鉄骨)コンクリートの柱では、潰れてしまいます。鉄板や炭素繊維を巻いても十分とは言えません。潰れない柱があれば、ピロティは免震的で安全な建物になります。SRFは、これを可能にする技術です。2011年の東日本大震災では、ピロティ建物は津波がピロティ部分をすり抜けた結果、倒壊を免れていることが多数発見されました。ピロティ + SRFは津波対策にも有効です。



◀ SRFの工事は、2~3人の人力でベルトを巻き付ける作業がメインで、大きな機材や特殊な工具を必要としません。



▲ 東日本大震災の当日が、一階ピロティ部分のSRFによる改修の完了引き渡し日。管理組合の方々はその準備中に被災しましたが、すぐ、施工会社が点検し、建物に全く問題がないことを確認。「すばらしい工法だ」と感動しました。

(仙台市内築40年のマンション)

▼ 2006年に、SRFで1Fピロティの柱13本を補強。当時、承認を得るまで大変でしたが、東日本大震災を経て揺れが少なかったと好評で皆さんから感謝されました。(湘南地区某マンション元理事長)



ピロティは新耐震でも補強済みでも危ない

ピロティは、新耐震でも、一階部分の柱が潰れて倒壊する危険性があります。1971年のサンフェルナンド地震でピロティの病院が倒壊して以降、耐震設計基準でピロティに厳しいペナルティを科しています。1995年阪神大震災以降、設計基準がさらに厳しく改訂され、現在ではピロティを新築することが難しくなりました。現行基準を満足していても、直下型地震の揺れで倒壊する危険性が報じられています。

神戸市灘区および東灘区のRC系建物の被害率
(中破~倒壊に至った割合)

区分	旧耐震		新耐震
	(1971年以前)	(1972~1981年)	(1982年以降)
ピロティ建物	40%	35%	10%
一般建物	7%	13%	4%

「阪神・淡路大震災と今後のRC構造設計」(日本建築学会)



2011年の東日本大震災を契機に従来の想定が見直されています。津波は、3mが30mに引き上げられたところもありますが、揺れの大きさは相変わらず震度6強~7です。これは、「震度7」が上限であるため、新想定のマグニチュード9クラスの揺れは、従来の震度7が数回かかったことに相当するエネルギー(繰返し回数)を持っており、数字で表せば、震度30~40ともいべき厳しさです。ピロティの柱に、鉄板巻き、炭素繊維などの連続繊維補強を行ったとしても、新想定揺れで壊れないという保証はありません。

+SRF=揺れない、使用継続できる。

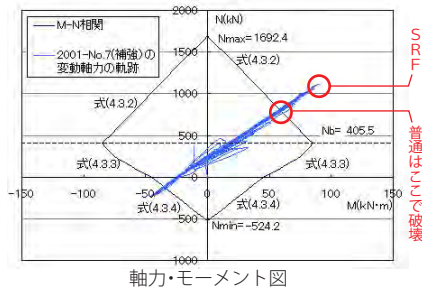
SRFで柱を巻き立てると、震度7クラスの揺れを数回加えても潰れない柱ができること、そして、壁や梁にSRFを貼ると崩落しない壁、梁ができることが、大型震動台実験と多数の模型実験で確認されています。1923年の関東大震災で柱・梁の接合部が破壊して、建物が一気に倒壊した事例を受け、我が国の建物は旧耐震といえども、接合部が外れないこと、建物が全体として転倒、滑動しないことには、十分な安全率をもって設計・施工されています。従って、SRFで主要な柱、壁を補強することで旧基準であっても大地震でも壊れない、揺れない新しい建物にすることができるようになります。これは、2011年3月の東日本大震災で、震度5以上の揺れを受けた合計449箇所（非木造280棟、木造152棟、インフラ施設17箇所）のSRFで耐震補強した構造物が無被害で、揺れも少なかったとの反響が多かったことで、実証されています。また、震度6以上が複数回襲った平成28年熊本地震でも、7件の実績全てで、部材の損傷を抑え、建物の使用継続を可能にすることが確認できました。

実証 1 高軸力で繰り返し試験しても柱は潰れない

東京大学・横浜国立大学と共同で実施した高軸力（軸力比0.96）の変動軸力繰り返し試験により、SRFで補強すれば、曲げ圧縮破壊を生じず、釣り合い軸力時の耐力を発揮して大きな靱性が得られることを確認（下図）。（一財）日本建築防災協会の技術評価で、軸力比の制限を受けないことが認められました。

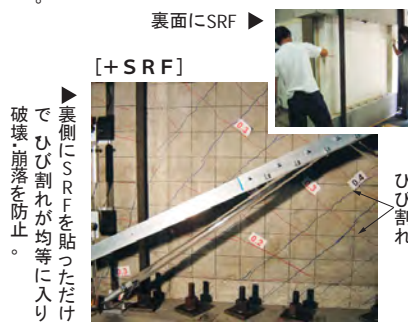


【無補強】 最終変形(1/13rad) 【+SRF】 終局変形付近(1/25rad)



実証 2 片側にSRFを貼っただけでも壁は崩壊しない

東京大学と共同で実施した、壁板部分に片面から貼った場合などの各種補強形式と定着方法の壁の繰り返し試験により、SRFで補強すれば、耐力・靱性が向上することを確認。（一財）日本建築防災協会の技術評価で、各種壁補強の耐力と靱性評価式が認められました。



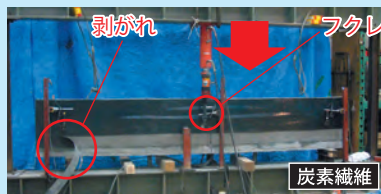
実証 3 震度7クラスが7回襲っても倒壊しない

独立行政法人防災科学技術研究所と東京大学と共同で、大型振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を設置し、震度7クラスの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。一方SRF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。また詳細な分析で、震度5程度から、振動と損傷を抑える効果があることも認められました。



鉄板巻きやアラミド繊維、炭素繊維では効果が限られます

従来から、鉄板やアラミド繊維、炭素繊維を貼る方法があり、ピロティにも多数施工されています。しかし、コンクリートより固いものをコンクリートより強い接着剤やグラウト材で付ける方法ですので、大地震に遭うと、周りのコンクリートが壊れたり、自らが裂けたりしてしまいます。2011年の東日本大震災では、鉄板で巻いた東北新幹線の柱に取り付いた梁が破壊した事例が多数報告されています。アラミド繊維を巻いた柱で、アラミドが裂け、内部のコンクリートまで一緒に破壊した写真が建築学会の報告書に掲載されています。右の写真は、無筋の梁に炭素繊維補強をして力を掛けた実験です。梁の中央にひびが入ると炭素繊維が音を立てて一気に剥がれて梁が折れてしまいました。



実証 4 SRFを貼ると崩壊しない梁ができる

無筋のコンクリート梁の側面にSRFを貼って上から赤いジャッキで力を加えた実験を各種の形状、支持条件で実施しました。その結果、鉄筋を入れた梁と同等の強度、靱性が得られることが確認され、（一財）日本建築防災協会から木造基礎補強工法として技術評価を受けました。また、通常の想定を遥かに超え、目に見える程大きな変形を与えても崩壊しないことが確認されています。

