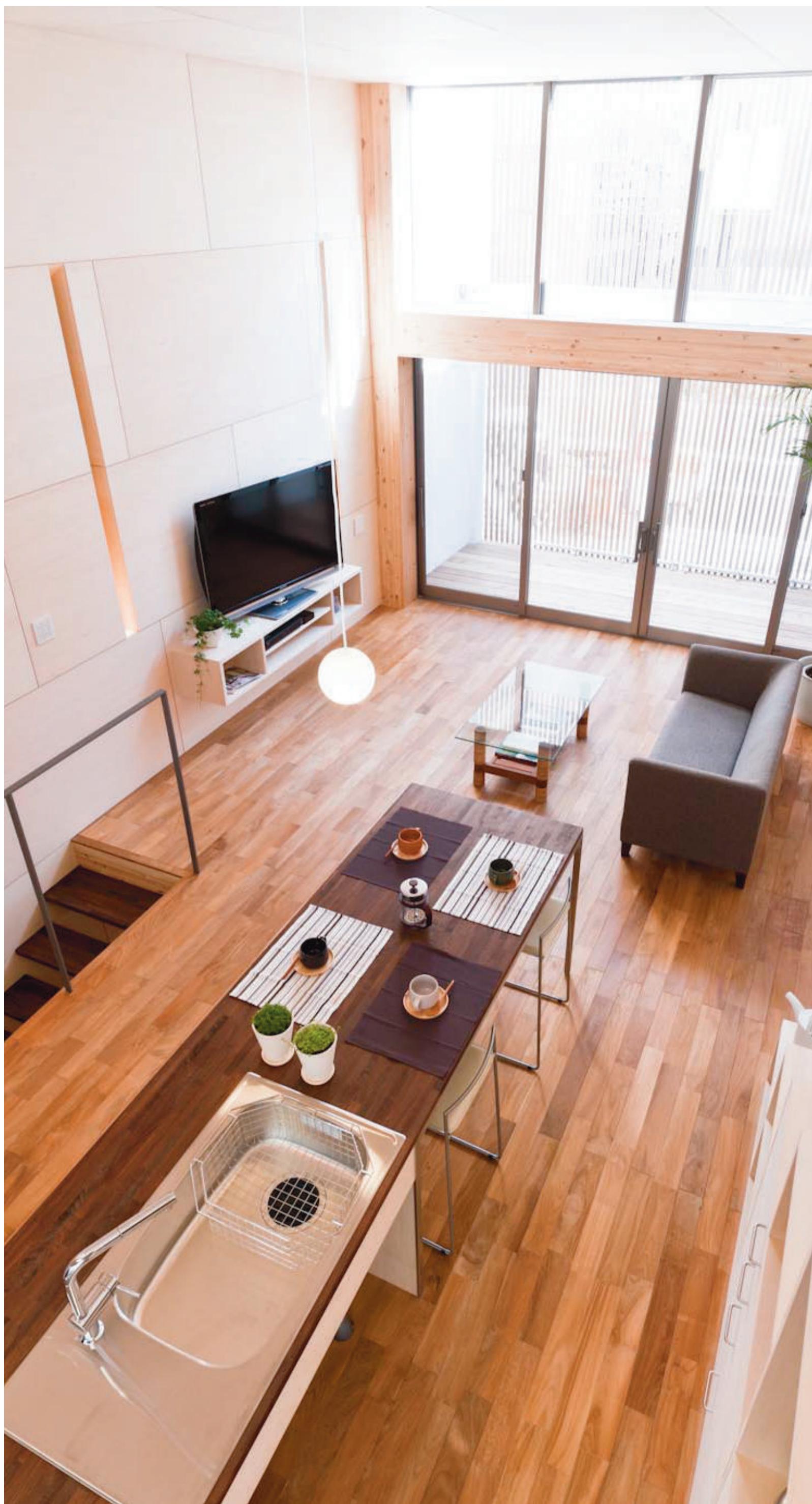


私たちの家づくり

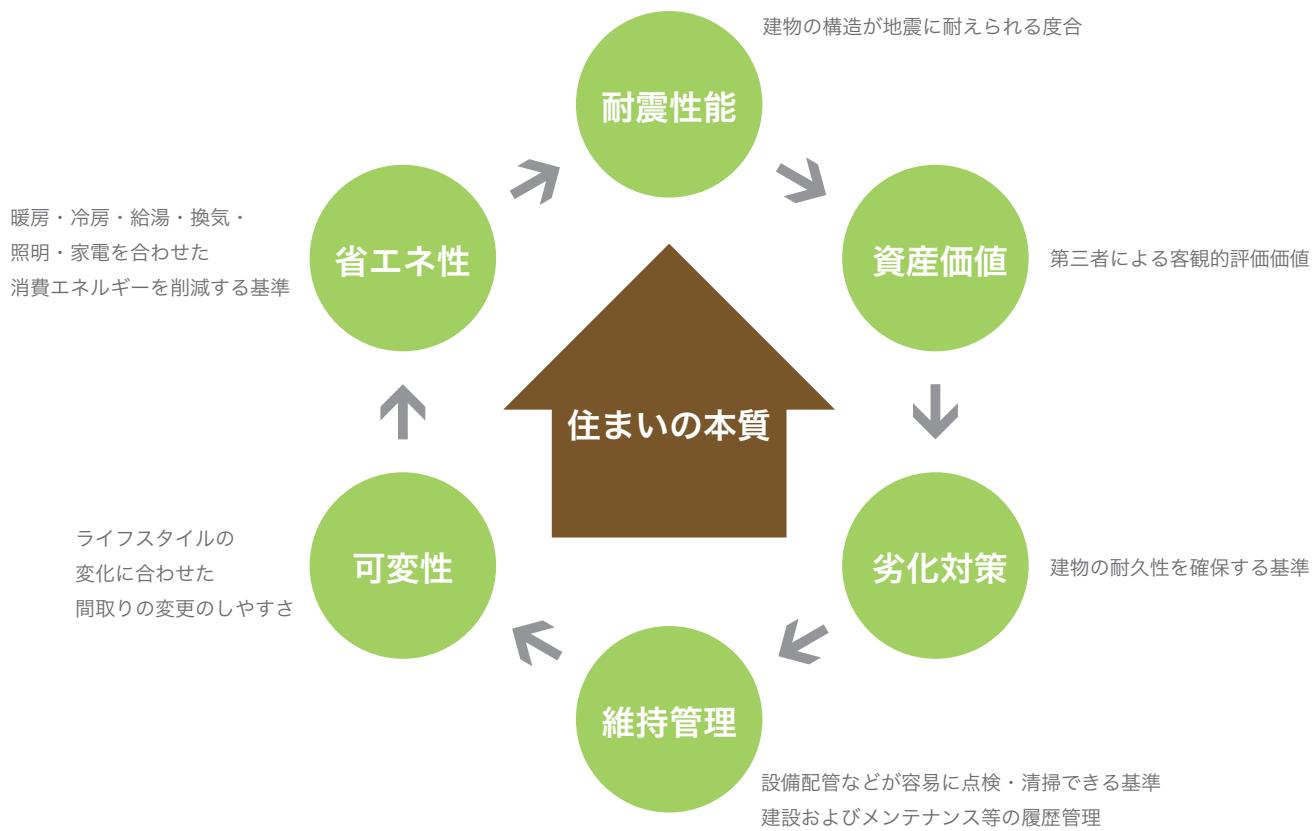
SE構法で建てる資産価値の高い家



耐震構法
SE構法

これからからの住まいのあり方

これから先の時代に必要な住宅の性能とは・・・住まいに求められる本質を知ろう！



家づくりを検討される方の多くがまず考えていることは、

部屋や収納の広さ、間取りの使いやすさ、キッチンの使い勝手などの機能性

外装や内装の好み、好きな素材といった意匠性

そんな提案を求めて住宅メーカーや工務店にいらっしゃいます。

しかし本来、住まいに求められる性能は、意匠性・機能性の前に「安全性」や「快適性」

そして長く住むために必要な性能です。

大切なご家族が、毎日を安心して心地よく暮らせる住まいの本質をしっかり検討してください。

すでに耐震性能・劣化対策・維持管理・可変性・省エネルギー性能には

明確な基準が設定され、一定の基準を満たした「認定長期優良住宅」「認定低炭素住宅」など、

資産価値が持続する住まいの普及が、国の施策により急速に進んでいます。

木の家にこだわる理由

なぜ日本の戸建て住宅の約90%は、木造住宅なのか？

(参考：総務省「平成20年住宅・土地統計調査」)

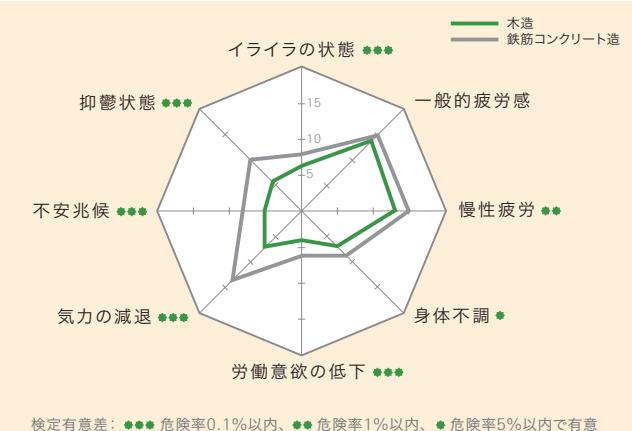
木は人にやさしい素材

木は人間にとって、やさしい素材です。

断熱性、吸放湿性、弾力性、環境浄化能力、さらに不快な高音低音を吸収する能力も備え、まさに人をやさしく守ってくれる木材。触れればぬくもりを感じるだけでなく、調湿機能も備えているため、自然な湿度調整も行います。

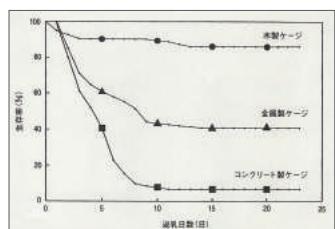
また、木は人間の精神を安定させる成分も排出しています。

木造校舎が生徒の健康面に与える影響 (参考：木材利用ポイント事務局HP)



居住実験によるマウスの生存率

(静岡県木材協同組合連合会 1988 生命を育む)



木の箱



85%
ほとんど生存

コンクリートの箱



7%
ほとんど死亡

金属の箱

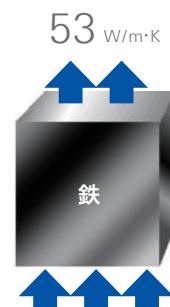
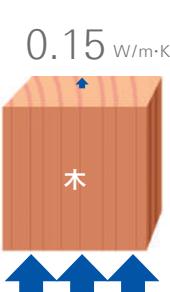


41%
半分以上死亡

木の断熱性はコンクリートの11倍、鉄の350倍

(参考：「住宅の省エネルギー基準の解説」／建築環境・省エネルギー機構)

木材は断熱性能において他の建築材料を大きく上回っています。その性能はコンクリートの約11倍、鉄の約350倍。その優れた性能に加え、充分な断熱材を備えた家は、「夏涼しく、冬暖かい」快適な環境を保つことができるのです。



木は呼吸する建築素材

木材は湿度の高まる梅雨から夏にかけ空気中の水分を吸収し、湿度の低い冬には逆に水分を発散するため、室内を快適な湿度に保つ機能を備えています。

起きてしまった悲劇

過去の震災から得た教訓とは・・・家づくりにおいてそれは何なのか？

大切な家族の命を守るはずのマイホームで、亡くなってしまったたくさんの尊い命

繰り返してはならない、マイホームでの被災

忘れてはならない、大震災の悲惨な爪痕

麻痺してはいけない、No.1 地震大国の日本



M6以上の地震だけでも、わずか17年の間に約50回発生しています。

(参考：ウィキペディア地震の年表)

95	97	98	00	01	02	03	04	05	07	08	09	10	11	16
阪神淡路大震災 揖斐島南東沖で地震	鹿児島県北西部地震	小笠原諸島西方沖で地震	岩手県内陸北部地震	鳥取県西部地震	小笠原諸島西方沖で地震	三陸南地震	宮城県北部地震	福岡県西方沖地震	三陸沖で地震	宮城県沖で地震	東海道南方沖で地震	父島近海で地震	三陸沖で地震	東日本大震災 熊本地震

だから日本には、「安全な木造住宅」が必要。

木の家にテクノロジーを

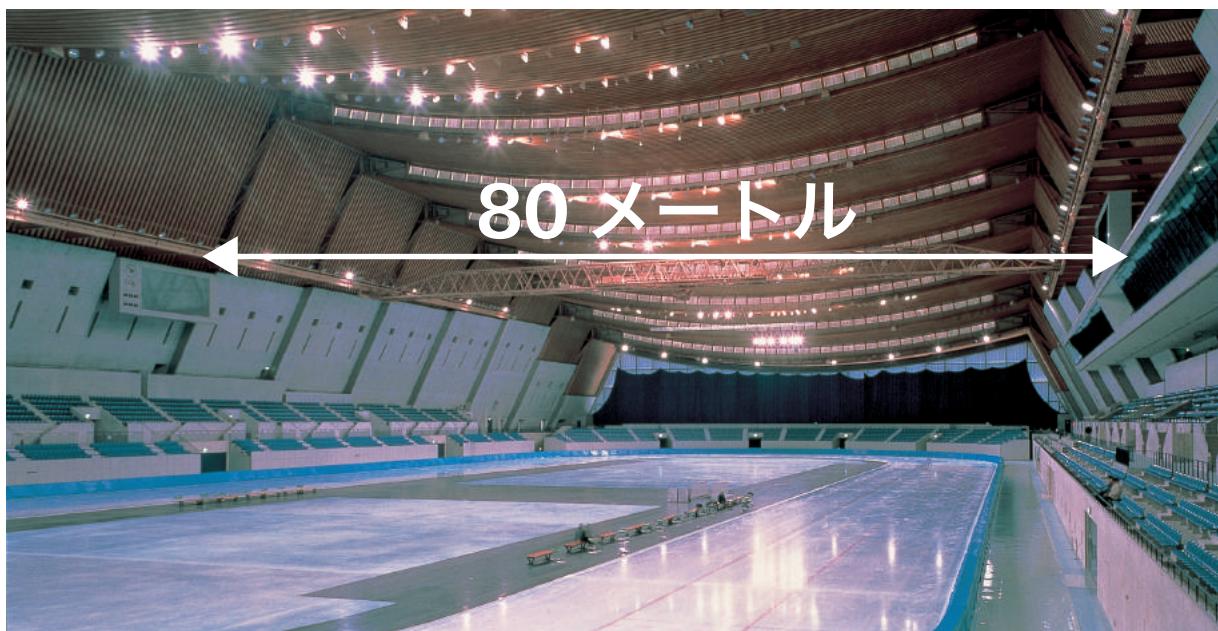
「木造」から「木構造」へ。大規模木造建築物に学ぶ木の空間。

日本の木造住宅の多くが、構造計算されていない事実。

全ての建造物に義務づけられている構造計算。なぜか木造 2 階建て住宅のみ例外です。

大規模建築物の技術を、あなたの家にも。

SE 構法の開発者である構造建築家播繁氏が手がけた「長野市オリンピック記念アリーナ」大断面集成材を用いた大規模建築物で培われたノウハウが、SE 構法へと結実しました。



木造住宅は、壁量にしばられている。

構造計算をしていない従来の木の家は、壁を増やすことで安全性を確保しようとしています。
これでは住む人の希望する間取りを実現できません。



SE 構法
構造計算で
安全を保証する

一般木造
壁や柱を増やして
安全を確保する



国が認めた、耐震構法 SE構法

木の家の空間を「自由に」「安全に」実現する、確かなシステムとは？

SE構法とは、地震国日本を安全・安心に暮らしていくために開発された耐震構法です。

柱と梁を剛接合することで揺るぎない強度の骨組みを生み出し、建築を支える構造を「ラーメン構造」といいますが、SE構法は木造住宅にラーメン構造を取り入れ、安全に利用できるようにした構法です。

耐震性と設計の自由度が極めて高いSE構法を使えば、高い安全性を確保したまま、柱や間仕切り壁の少ない、開放的な空間を実現することが出来ます。強靭な骨組みと自由に編集できる空間は、現在から将来へとわたり満足が続いている家づくりの基本です。



国が認めた構法

SE構法は1997年に木造住宅として初めて建築基準法旧第38条大臣一般認定を取得し、その後も基準法の改正に合わせてさまざまな認定を取得してきました。

現在は、日本国内の建築に関する技術評価を担っている建築の専門機関、一般財団法人日本建築センターによる構造評定を取得しています。(評定番号：LW-0020)



最大で壁倍率 14 相当

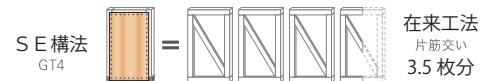
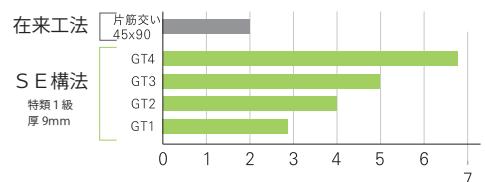
SE構法では、ラーメン構造に高強度の耐力壁を組み合わせることで、高い自由度と強い耐震性を持ち、コストパフォーマンスにも優れたバランスの良い構造躯体をつくることができます。

SE構法の耐力壁は、在来工法で使用される片筋かいの壁倍率 2 に対して、片面耐力壁では壁倍率 3 ~ 7 相当、両面耐力壁では最大で壁倍率 14 相当の耐力壁が実現できます。

※SE構法と在来工法では構造に対するアプローチが異なるため、単純に比較はできません。右のグラフは参考値です。

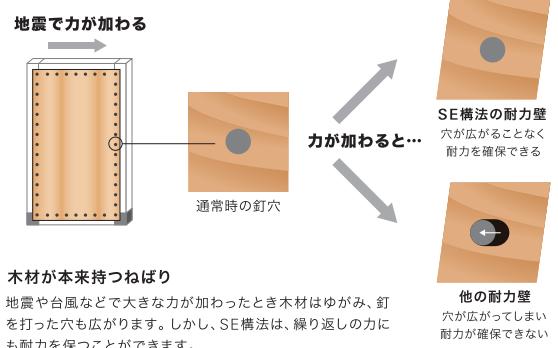
壁倍率に換算した SE 構法の耐力壁の参考値

(幅 910mm 高さ 2730mm の壁の場合)



せん断力に優れた JAS 特類 1 級合板

地震などの天災は1度だけではありません。SE構法では、何回も起こる地震（繰り返しの力）に対応できるよう、構造用合板とCN釘による耐力壁を採用しています。耐力壁に使用する構造用合板には「せん断強度」の基準が明確で性能の高いJAS特類1級構造用合板を標準仕様とし、耐震性能を担保しています。



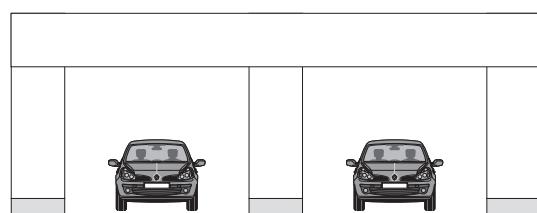
木造住宅最大の大空間・大開口

柱と柱の間に差し渡す梁の距離をスパンと呼びますが、SE構法は木造住宅では困難とされている9mのスパンを可能にしています。スパン9mとは「クルマ3台が停まるビルトインガレージ」を柱なしでつくれる大きさ。これだけの大膽な構造を、耐震性の裏付けをもって実現できることから、SE構法ならではの自由な空間が生まれます。狭小3階建てから大型店舗まで。その可能性は、木造の限界を超えて広がります。

SE 構法



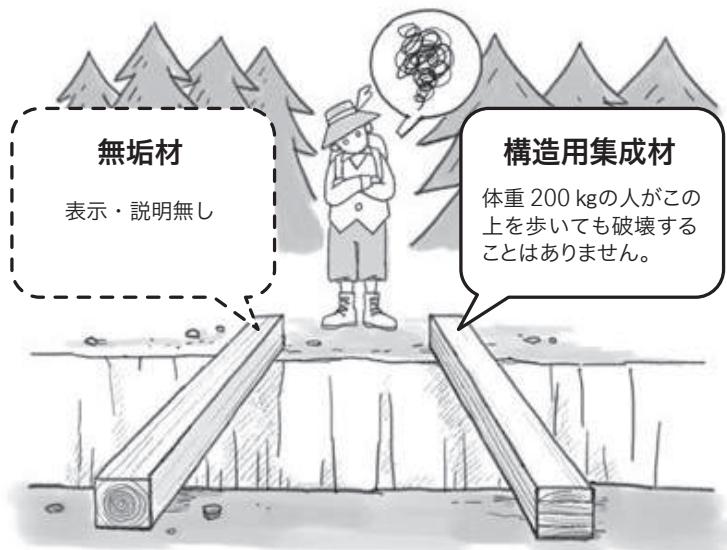
在来工法



構造用集成材という選ばれた素材

構造用集成材とはどんな素材？

Q. どっちを選ぶ?
どっちが安心?



Q. なぜ薄い板を
貼り合わせているの?

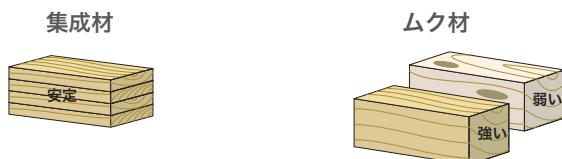


性能が明確だから

構造計算をするには、材料の強度がはっきりしていることが重要です。
1枚1枚の板の強度を専用マシンでしっかりと確認していきます。

品質のばらつきが少ないから

1本1本の強度を確かめ、選別し、欠点のある箇所は取り除き、
効率よく貼り合せていくので、強度が均一な材料がつくれます。



反りや狂いが少ないから

木をしっかりと乾燥させているため、反りや狂いといった、将来的な
変形が少ないのも特徴です。



Q. どれくらい持つの？



90 年前の建物が、今も残っています。

今も現存する 1927 年に建てられたデンマークのコペンハーゲン駅。その時代から、接着技術は格段に進歩しています。



コペンハーゲン駅

Q. はがれないの？



船が集成材で作られている？？？

構造用集成材に使用される接着剤は十分に高い耐久性があります。例えば、自衛隊の掃海艇は集成材を使った木造船ですが、長年使用した掃海艇を解体して接着性能を検証したところ、接着部での強度低下は全く見られませんでした。(参考：日本集成材工業協同組合HP)

Q. 接着剤の体への影響は？



JAS 基準の最高ランクをクリア !!

SE 構法の集成材は、有害物質であるホルムアルデヒド放散量で、JAS の最高ランク F☆☆☆☆☆をクリアしています。

集成材のホルムアルデヒド放散量基準 (JAS規格より)

表示区分	平均値	最大値
F★★★★	0.3mg/L	0.4mg/L
F★★★	0.5mg/L	0.7mg/L
F★★	1.5mg/L	2.1mg/L
F★	5.0mg/L	7.0mg/L

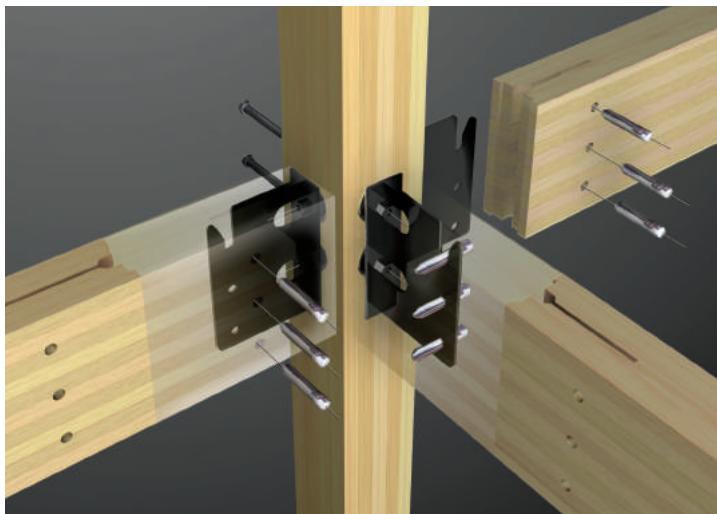
SE金物が接合部を変えた

SE金物とは、他の金物と何が違うの？

SE構法の接合部（柱／梁）

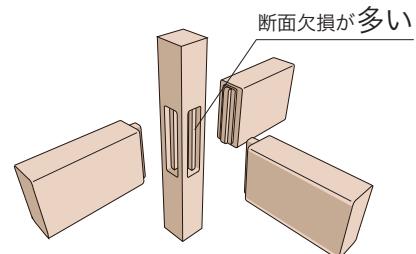
一般的な木造住宅は、接合部に柱や梁をホゾ継ぎするため断面欠損をまねき、構造材本来の強度を低下させてしまします。SE構法は、大きな揺れに対して接合部が破壊されない技術を追求。

独自開発のSE金物で柱と梁とを接合し、断面欠損の少ない、耐震性能に優れた構造を実現しています。



在来工法の例

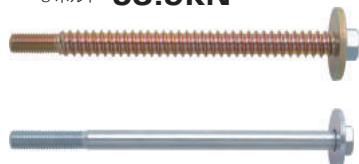
柱に断面欠損が多いため、大きな揺れで折れる恐れがあります。



接合強度の高いSボルトを全棟採用

地震時において、さらなる安全性を確保するために、SE構法では業界で初めて、全棟Sボルトを採用しています。Sボルトは、従来の金物工法の課題を克服するために開発された特殊なボルトです。表面に凹凸加工を施し、木材にねじ込むことによって、引張剛性が向上。通常のボルトの2倍の強さを持つこのSボルトと高強度のSE金物の組み合わせにより、ラーメン構造を実現しています。

Sボルト **53.9kN**



通常のボルト **27.3kN**

※エヌ・シー・エヌ実験による引張り荷重の平均値

※1kNは、およそ100kg

木が「やせても」強さを發揮するSボルト

一般的な木造住宅で使用する木材と同様、構造用集成材も「木」であるため、経年変化により木が乾燥・収縮します。これを木造業界では「木がやせる」と言います。今まで木がやせてしまうと、施工当初にきつく締め固めていたボルトやナットが緩んでしまい、剛性（強度）を維持することは困難でした。

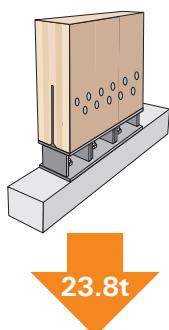
SE構法では、ラグスクリュー状のSボルトが柱と梁の接合部にしっかりと食い込み定着することにより、木の収縮に対しても剛性を確保します。



柱脚の耐力は、従来の約 9.5 倍

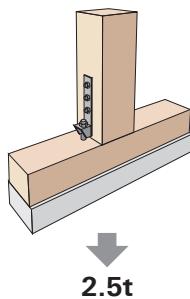
阪神淡路大震災の経験から、土台から柱が抜けないように柱と基礎とを SE 金物で強固に接合する方法を考案しました。その耐力は、実に従来の工法の約 9.5 倍※。地震など、横からの力による引き抜き現象に対して圧倒的に強い性能を持つ柱を実現させています。

SE 構法
(PB36の場合)



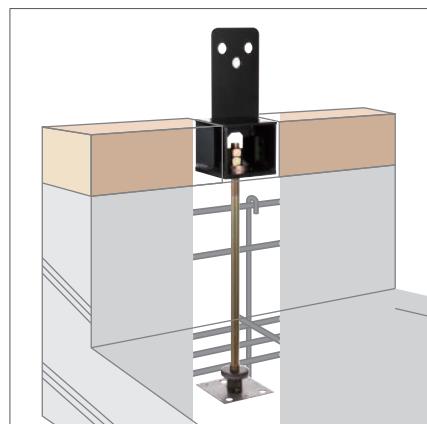
短期許容引張耐力
9.5倍

在来工法
(25kN用ホールダウン金物)



23.8t

SE構法の柱脚金物とアンカーボルト

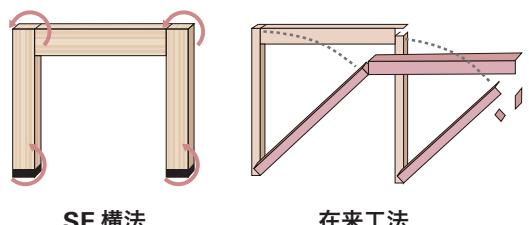


最後は、骨組みの強さ

頑丈な柱と梁で建築を支えるラーメン構造。木造建築にこの構造を取り入れ、さらに強さを増したのが「SE 構法」です。

強度や品質に優れた「集成材」で出来た柱と梁を、丈夫な「SE 金物」で剛に接合することで、構造計算プログラムで検証された、揺るぎない強度の骨組みを実現しました。

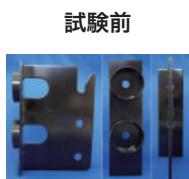
壁だけで建築を支えるのではなく、骨組み全体で建築を支えるので、高い安全性を確保したまま、柱や間仕切り壁の少ない、開放的な大空間を実現することが出来ます。



SE 構法 在来工法

100 年後も同じ強さを持つ金物を全棟採用

SE 金物はカチオン電着塗装されています。その優れた耐久性は、約 600 時間かけた塩水噴霧試験において、ほとんど試験前の状態と同じ品質レベルを保っていることからも証明されます。この試験時間は、標準地域では 168 年、塩害地域では 100.8 年分の負荷をかけた状態に相当します。



試験後



※塩水噴霧試験後に、引張り実験を実施し、耐力が損なわれていないことを確認しました。

構造計算が木造住宅を変えた

構造計算とは、どんなことをしているの？

立体解析構造計算プログラム

SE 構法の建物は全て、構造設計のプロが構造設計しています。実験等で検証したデータを元に、立体解析構造計算プログラムを用いて、安全性を検証しています。



ビルや大規模建築物と同じ手法で解析

SE 構法で行なう構造計算では、建物に加わる荷重（鉛直荷重・風荷重・地震荷重）を算出し、建物の変形（層間変形角）・建物のねじれ（偏心率）・各階の固さのバランス（剛性率）をチェック、さらに構造部材の安全性の検討を行います。その上で、大規模地震時の建物の安全性の検討や、建物と一体で解析できる基礎計算など、高度で詳細な構造解析までも行います。



一体解析で最適な基礎を設計

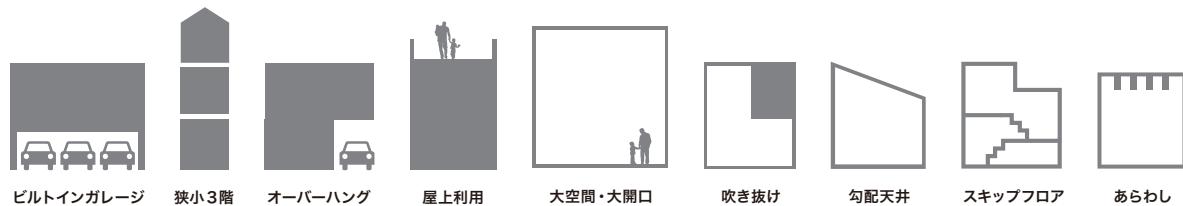
SE 構法では、FEM (Finite Element Method:有限要素法) 解析により、地盤に応じた最適な基礎設計を可能にしています。一般的の木造住宅における基礎の構造計算では、基礎梁と耐圧版の負荷を別々に計算しています。しかし SE 構法では、基礎梁と耐圧版とを合わせて立体的に解析しています。



耐圧版 変形図

※地震時の応力が集中している部分を濃い色で表示したイメージ図。

構造計算することで、希望のプランが叶います



最大 20 年の構造性能保証

SE 構法では、安全性を担保した家に対して「SE 住宅性能保証書」を全棟発行しています。厳しい基準のもと、構造躯体に起因する建物の損傷を保証します。

SE 住宅性能保証は、完成引き渡しから 10 年間無償保証。
さらに 10 年間の保証延長が可能です。

※SE 住宅性能保証延長時は、点検メンテナンスが必要です。



家の性能の証。図面・施工データを保管。

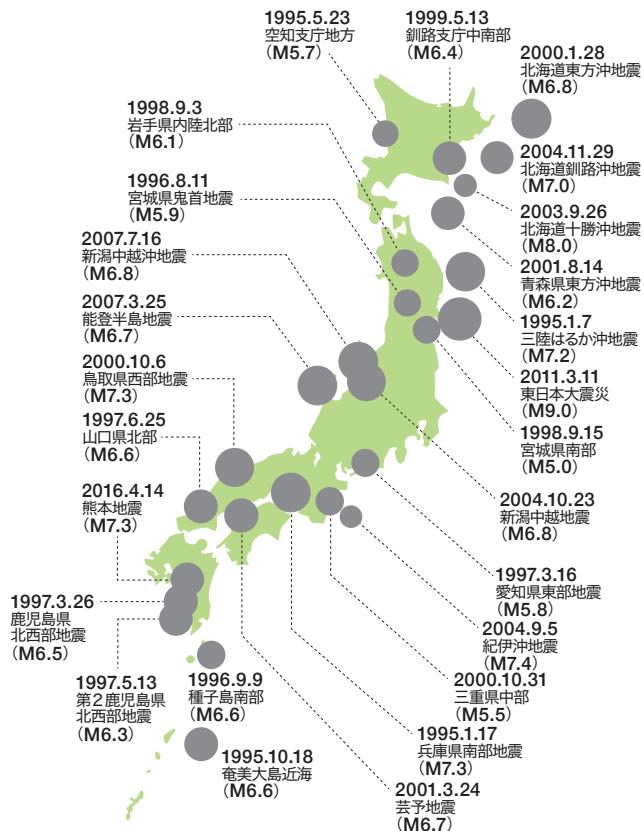
SE 構法の住宅はこれまでに 1 万棟以上建てられてきました。
構造計算時の住宅の図面や構造躯体の施工管理データは、全棟保管されています。

実証された SE 構法の強さ

地震が多い日本だから、震災を耐え抜く家が必要。

世界で起こる大地震の 22%は日本で起きている。

阪神大震災では 6,434 名の方が亡くなっています。
そのうちの約 9 割が家屋の倒壊による圧死です。



震災に耐えた「SE 構法」の家



地震後の G 邸外観

2007 年の新潟県中越地震の激震ゾーンに建つ G 邸は、内部の構造材があらわし仕上げだったため、躯体損傷の有無を明確に確認することができました。

現地の目視調査では、耐力壁や接合部をはじめ、躯体の損傷はありませんでした。また、建物内の水平・垂直の計測でも、変形はありませんでした。

建具の動きにも支障がないことから、構造体のゆがみも無いと思われる。



長期優良住宅

資産価値のある家づくり

世代を超えて永く住める家

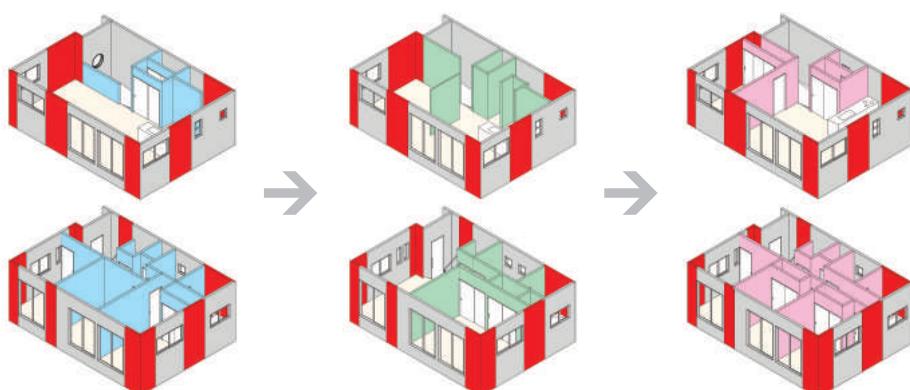
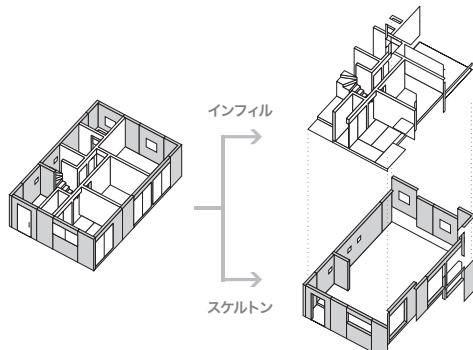
「長期優良住宅」は国が推進する良い家の新基準です。認定された長期優良住宅は性能が高いだけでなく、税金や住宅ローン等で優遇が受けられるというメリットもあります。



30年で住みづらくなる家はつくりません

せっかく長期優良住宅で家の寿命が伸びても、家族構成の変化に合わせて住まいも変化できなければ、長く住むことはできません。ライフスタイルの変化に応じて間取りを変化させるのが、スケルトン＆インフィルの考え方です。躯体や基礎、外壁などの構造部分（スケルトン）と、内装や設備、仕切り壁など（インフィル）を分け、リフォームによって間取りを大きく変えていくことができます。

資産価値の向上にも繋がる、SE構法の「性能」の1つです。



『熊本地震レポート』

繰り返し地震動とSE構法の耐震性について

熊本地震により被災された皆様には、心からお見舞い申し上げます。

今回の熊本地震では、繰り返し地震動が発生したことが、建築物への被害を拡大させています。このように前例のない短期間での繰り返し地震動に対するSE構法の耐震性について、現時点（2016年5月末現在）での状況、並びに技術的な見解についてご報告させて頂きます。

熊本地震概要

2016年4月14日熊本県を中心として、M6.5の「前震」発生の約28時間後にM7.3の「本震」が発生しました。その結果、住宅の被害は7万棟を超える大きなものとなりました。

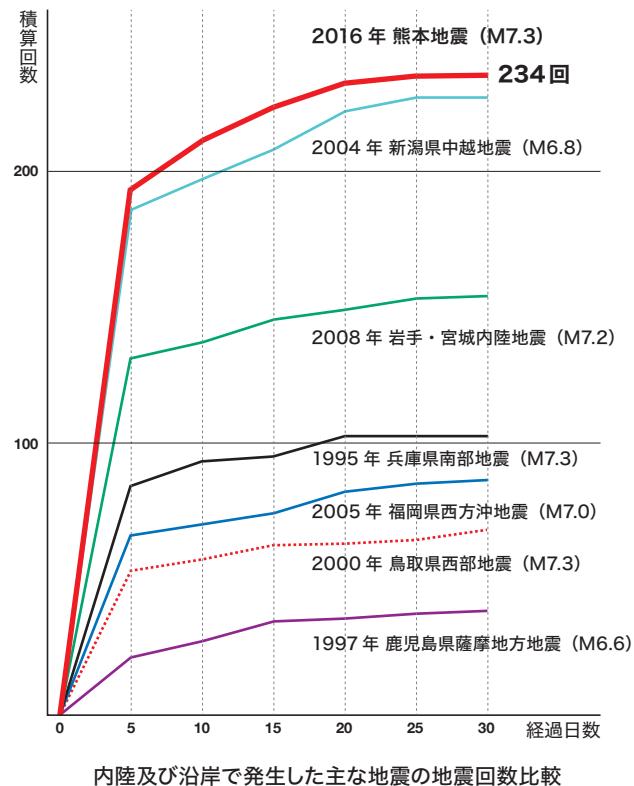
熊本地震では「2回の震度7」、「マグニチュード3.5以上の地震回数が200回以上」（5月末時点）という点が今までにない特徴の地震と言えます。



14日以降に発生した主な地震



柱の座屈により倒壊した建物



熊本地震による被害原因

日本建築学会では、1981年（新耐震基準）以降の木造住宅でも大きく傾斜した建物、倒壊した建物では、何らかの耐震設計上の配慮不足があることを指摘しています。また、前震で筋かいやホールダウン金物に損傷を受け、本震に耐えれずに倒壊に至ったと報告されています。

SE構法は、柱脚金物、柱梁接合、耐力壁、構造フレームについて、実験に基づいたデータを使用して1棟づつ全ての建物で安全性を確認するため、許容応力度計算を実施しています。

その結果、この度の熊本地震におきましてもSE構法の被害は無く、耐震性能の高さが確認されました。



益城町で倒壊した住宅の破断したホールダウン金物

写真提供 宮澤健二（工学院大学名誉教授）

熊本地震における、SE構法の状況

現在熊本県と大分県に既存のSE構法物件は41棟あり、震源地に近い西原村や熊本市内に建築されているものも含め、全てのSE構法の建築物に構造的な被害がないことを確認しております。

石垣が崩壊した熊本城（写真1）から3.5kmの場所に建つO邸（写真2）を現場確認した結果、震度6強+震度5が数回観測された地域にもかかわらず、1階リビングの床タイルに軽度のクラックが生じた程度（写真3）で、構造上の被害はありませんでした。



写真1 崩落した熊本城の石垣



写真2 O邸外観

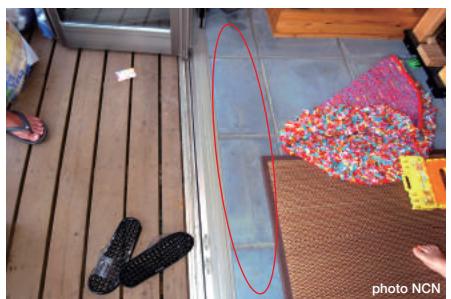


写真3 1階リビングに生じたクラック

過去の地震に対するSE構法の実績

阪神淡路大震災後の震災報告書の指摘事項に応えて開発されたSE構法は、新潟県中越地震・福岡県西方沖地震・東北太平洋沖地震（東日本大震災）を経験し、この度の熊本地震においても震源地付近にて大地震を経験しましたが、これらの地震に対して構造的被害は無く、安全性が確認されています。



【熊本市北区】繰り返し大地震の地域



【岩手県大船渡市】津波の被害に合うも建物が残る



【新潟県川口町】新幹線の橋脚が壊れた激震地

“大地震”でも、主要構造部に被害なし。

次に、大地震や繰り返し地震に対しSE構法が何故強いのか、大地震でも構造的に被害が無かったそのメカニズムについてご説明します。

繰り返し地震にも耐えるメカニズム～SE金物の「バネ」と「粘り」～

在来軸組工法では、ホールダウン金物と筋かいが損傷することにより、建物が倒壊に至ることがわかりました。

SE構法は、阪神淡路大震災で指摘された「木造住宅の弱点を克服すること」を開発テーマとし、まず強固な柱脚金物を標準にしています。その柱脚金物へ「粘り」のあるJAS1級構造用合板の耐力壁が、地震動を伝達します。

また、在来軸組工法の水平力はほぼ筋かいが担っているのに対し、SE金物で接合された柱梁架構フレームと、耐力壁や28mm床合板の水平構面と合わせて地震動に抵抗するように設計されています。

SE構法では1つ1つの部材が強いだけでなく、全ての接合部、フレーム、耐力壁が地震時に受ける力を考慮した許容応力度計算を実施しています。図1はSE柱脚金物の引張実験の結果です。変形の少ない部分では、金物がバネのようなメカニズムで地震動を吸収するため、繰り返しの地震動に耐力を発揮します。(青色の線で囲まれた範囲)

また、実験では力を加え続けても柱が座屈することなく、柱脚金物が変形することにより建物の急激な倒壊を防ぐように設計されていることが確認できます。(赤色の線で囲まれた範囲)

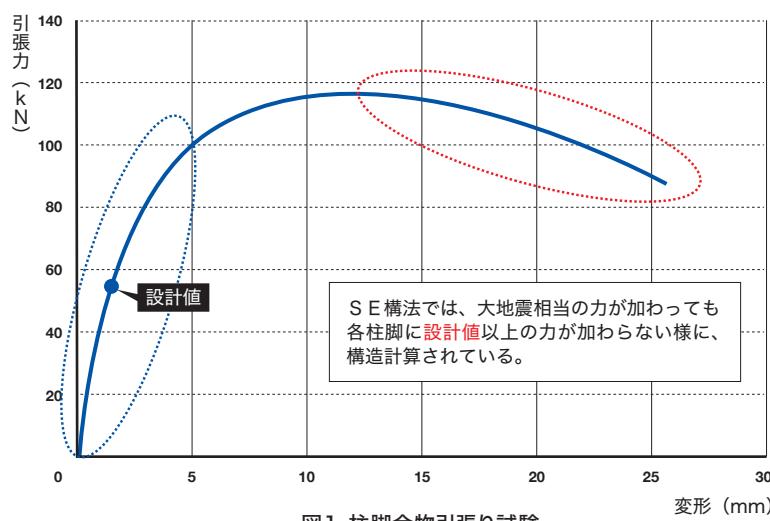
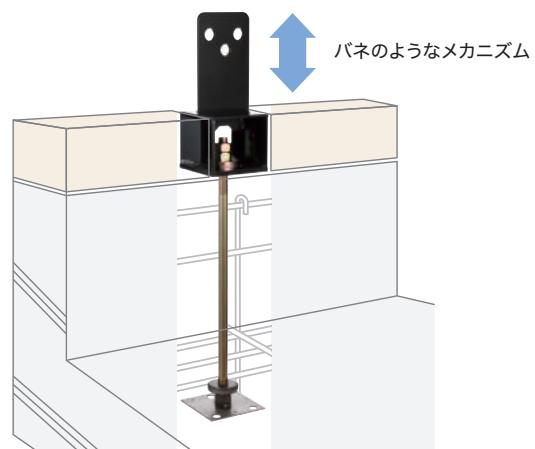
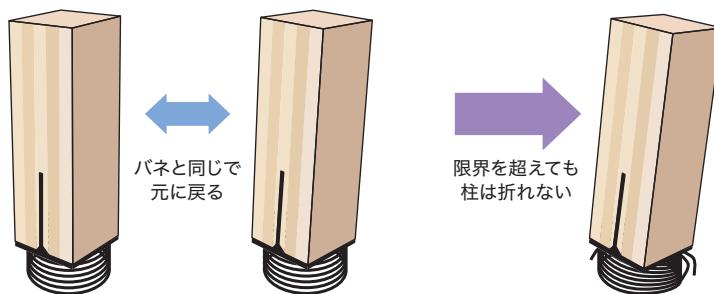


図1 柱脚金物引張り試験



SE柱脚金物



柱脚金物引張り試験

SE構法は構造材や接合部の実験によって、曲げ・せん断・引張等の性能を確認しています。それらの実験データに基づいた構造計算によって、全ての建物の安全性を確認しています。また大地震時の安全性を確認するために、終局耐力と許容耐力との安全率を考慮した設計法を取り入れています。

写真4の実大フレーム実験では、地震力によってフレームが変形しても図2P-δグラフ(荷重変形曲線)ではその水平耐力が伸び続けているのがわかります。これは、SE構法が大地震に遭遇しても倒壊することなく、建ち続けているということを示しています。

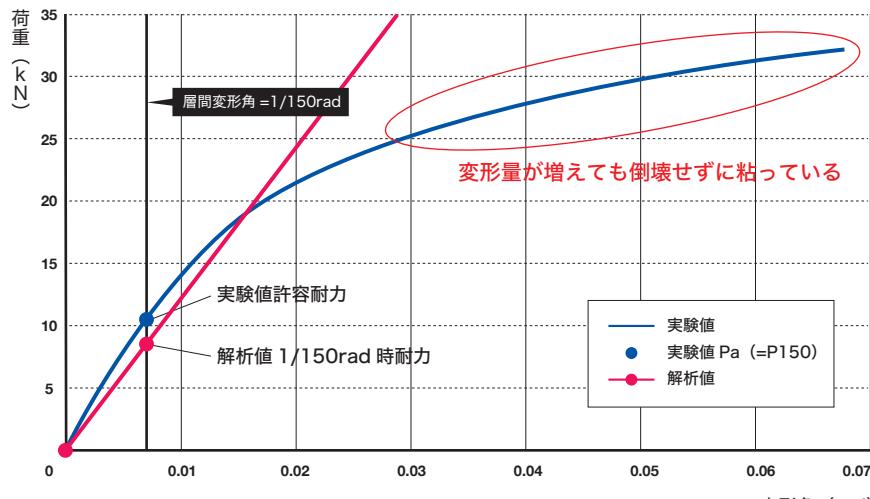


図2 P-δグラフ（荷重変形曲線）

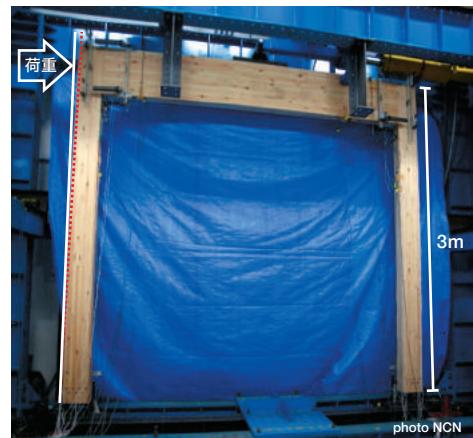


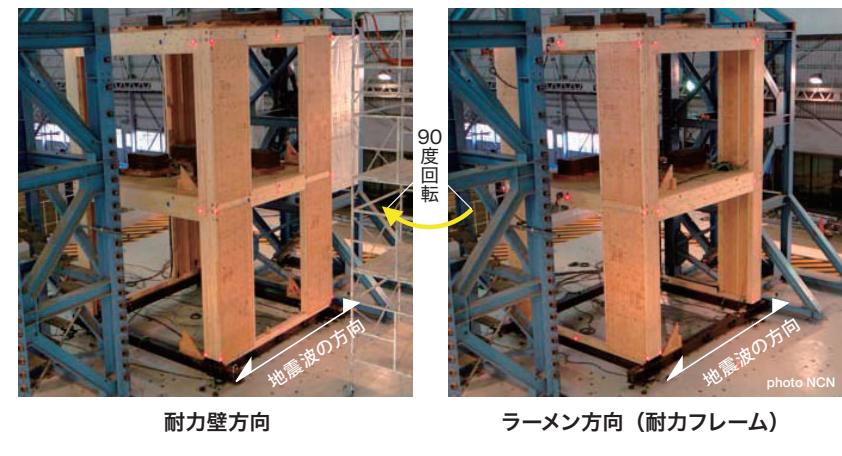
写真4 実大フレーム実験

層間変形角 $1/150\text{rad}$ とは、3m の柱で 2cm の変形 10kN の荷重は壁倍率 5 倍に相当（壁倍率 $1=2\text{kN}$ ）

繰り返し地震動に対する実験

SE構法は、2012 年に実大による振動台実験を独立研究開発法人建築研究所と、独立行政法人防災科学技術研究所との共同研究で、その耐震性を確認しています。この実験で繰り返し加振した地震動は、X 方向・Y 方向合せて巨大地震（阪神淡路大震災震度 7）2 回、大地震（震度 6 強）1 回、中地震（震度 4～5）4 回の合計 7 回の振動実験を行っています。

この実験によって通し柱と大梁の接合部に使用している「S ボルト」が高い曲げ剛性を発揮したこと、更に柱脚接合部が粘ることを確認しており、繰り返し加振によっ



最後に

この度の熊本地震に留まらず、今後も南海トラフをはじめ首都圏においても大地震の発生が予測されています。このような情報を受けて日本建築学会では「耐震補強の推進」と「4 号特例の廃止」を声高に提案していますが、経済優先の日本において早期に建築基準法を改正することは難しいように思われます。エヌ・シー・エヌでは、大地震の次の日もあたりまえの日常が続く社会を目指して、技術開発に取り組んで参ります。

最後になりましたが、熊本地震で被災された方々にお見舞いを申し上げると共に、1 日でも早い復興を心よりお祈り申し上げます。

監修 株式会社 エヌ・シー・エヌ 技術開発部 伊東洋路

耐震構法

SE構法

SE構法 アプローチブック 2017.5

 株式会社エヌシーエヌ

〒108-0075 東京都港区港南1-7-18 DBC東急ビル
tel 03-6872-5601 www.ncn-se.co.jp