

## 建築構造デザイン

### 第9回 新しい建築構造①

- ・大規模木造建築(ハイブリッド建築物)
- ・不定型建築物

## 大規模木造建築(ハイブリッド建築物)

### 大規模木造建築とは

- 1.高さが13mを超える
  - 2.軒高が9mを超える
  - 3.階数が3以上
  - 4.延べ面積が500平方メートルを超える
- 以上の要件をどれか一つ満たすもの

↓泉ヶ岳自然ふれあい館(仙台市)

大規模木造建築物とは



↑加美町立中新田地区統合保育園

↓尚綱大学図書館(名取市)

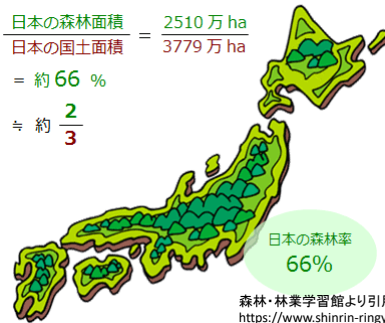


## 日本の森林面積

$$\frac{\text{日本の森林面積}}{\text{日本の国土面積}} = \frac{2510 \text{ 万 ha}}{3779 \text{ 万 ha}}$$

= 約 66 %

≒ 約  $\frac{2}{3}$



森林・林業学習館より引用  
<https://www.shinrin-ringyou.com/>

2019/10/24

SDGxとうほく セミナー

4

### 木材利用の背景

国土の森林割合、約66%	国土面積 3779万ha
	森林面積 2510万ha
	天然林 1300万ha
	人工林 1000万ha

森林率(国土面積に対する森林面積の割合)はフィンランド、スウェーデンに続き世界第3位

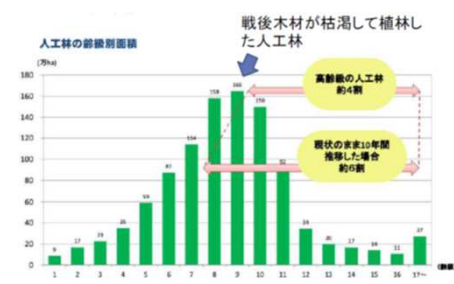
#### 日本における

木材生育量(1年間) 約8000万m<sup>3</sup>  
 木材使用量(1年間) 約8000万m<sup>3</sup> (建築用材料等約50%)

木材の生育量≒木材の使用量であるが、世界から安価な木材を輸入し国内で利用  
 約76%以上を輸入し、国内産の木材利用が少ないため、  
 林業が衰退し、森の環境が壊れている

→積極的な木材利用が必要

## 森林蓄積の推移



平成19年3月31日現在  
 単位 (10年単位)

資料: 林野庁調査資料  
 注: ① 10年単位を基本とし、10年未満のデータは10年単位に換算したものである。  
 ② 平成19年3月31日現在の調査結果である。

201...

6



### ハイブリッド建築物とは

大規模木造建築を純木造で建設する際、耐火性や耐震性等が課題となる

木造に鉄筋コンクリート造や鉄骨造などの異種構造を組み合わせることで  
耐火性や遮音性、耐震性が向上する

→ハイブリッド建築は大規模木造建築物を実現する上でとても有効な手段

### ハイブリッド建築物(混構造)の種類

立面混構造      平面混構造      平・立面混構造

(国土交通省)

### 大規模木造建築物を扱う背景

#### 社会背景の推移

第二次世界大戦後：日本では火災に強いまちづくりに向け、耐火性に優れた建築物への要請が強まる

1950年：建築基準法が制定され、一定規模を超える木造建築物全般に対して強い規制がかけられることとなり、市街地での大規模建築は事実上困難となる

1987年：外圧によって、3階建木造が建設可能  
また、ドームなどの大屋根木造建築が作られるようになる

2000年：建築基準法改正により性能規定の考え方が導入  
→建築物の耐火性能の証明を行うことで大規模建築や市街地での木造建築の計画が可能  
→**基準法的にはどんな用途や規模でも木造で建築可能**

#### 木造建築はサステナブル建築

- 木造建築の建設時の床面積あたりのCO2発生量は、鉄筋コンクリート造の1/2～1/3
- 木材には炭素が固定されている

### 大規模木造建築物を扱う背景

#### 木造建築の推進のための法整備

木造建築技術先導事業(木のまち整備促進事業(～23年度))  
優れた大規模な建築物の木造化・木質化を実現する事業計画の提案  
に対して、費用の一部を補助

公共建築物等木材利用促進法(2010年)  
公共建築物にターゲットを絞って、国が率先して木材利用に取り組むとともに、地方公共団体や民間事業者にも国の方針に即して主体的な取組を促し、住宅など一般建築物への波及効果を含め、木材全体の需要を拡大することをねらっている

→**政府一体として国産木材の利用を推進し、大規模木造建築が普及**

### 国際教養大学図書館

建物概要

構造：木造及び鉄筋コンクリート造

建築設計：仙田満＋環境デザイン・コスモス企業共同体

構造設計：構造計画プラス・ワン

竣工年：2008年

延床面積：4054㎡

階数：地上2階

用途：大学施設(図書館)

所在地：秋田県秋田市

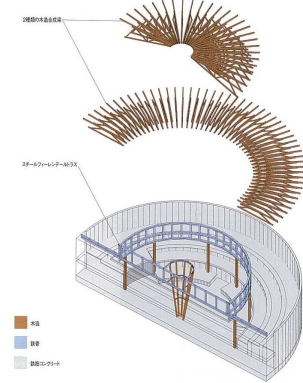
使用木材：スギ

### 構造デザインのポイント

半径約22m、高さ約9mの力学的にバランスしにくい半円筒形空間に、150cmの滞雪性能を要求される広大な半円形2段フラットルーフを載せる

決して強度の高くない秋田産スギ材を用いる

構造デザインのポイント



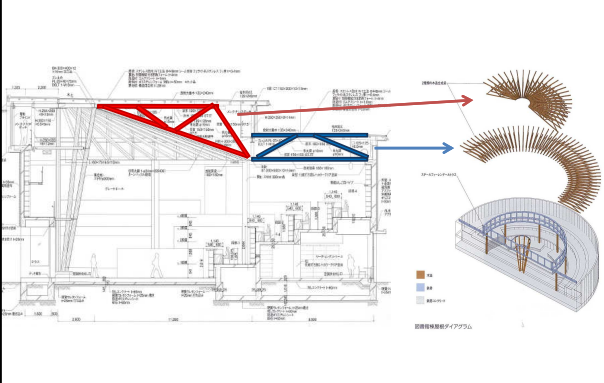
スパンの異なる2種類の合成梁を縦に重ねてハイビッチに放射状に架け渡し、ルーフ段差部のスチールファイアーレンデールと円弧中心部の放射状斜柱で支持する傘状の放射構造

水平荷重は屋根梁組構造用合板を直貼りした水平構面で外周鉄筋コンクリート壁まで伝達させる

伝統的な大工技術である「かん合式接合」を用いて高価な製作金物を減らし、簡素で美しいディテールを表現

図面視構造断面ダイアグラム

補足資料



図面視構造断面ダイアグラム

建物概要

**下馬の集合住宅**

構造: 木造一部鉄筋コンクリート造

構造設計: 桜設計集団  
一級建築士事務所

竣工年: 2013年

延床面積: 372㎡


階数: 地上5階(1階RC造2~5階木造)  
純木質構造4階分

用途: 店舗・共同住宅


所在地: 東京都世田谷区

耐火区分: 耐火建築物

使用木材: スギ



構造デザインのポイント



柱等の鉛直力負担部材は耐火被覆

45×60mmの斜め格子が水平力を負担

大地震と火災は同時に起こらないという前提の基、水平力負担部材の斜め格子の木材をあらわしに

建物概要

**オガールプラザ**

構造: 木造一部鉄筋コンクリート造

構造設計: 稲山建築設計事務所

施工: 佐々木建設・橋建設

竣工年: 2012年

延床面積: 5826㎡

階数: 地上2階・塔屋1階

用途: 図書館、地域交流センター、物品販売店など

所在地: 岩手県紫波郡紫波町

耐火区分: 準耐火建築物

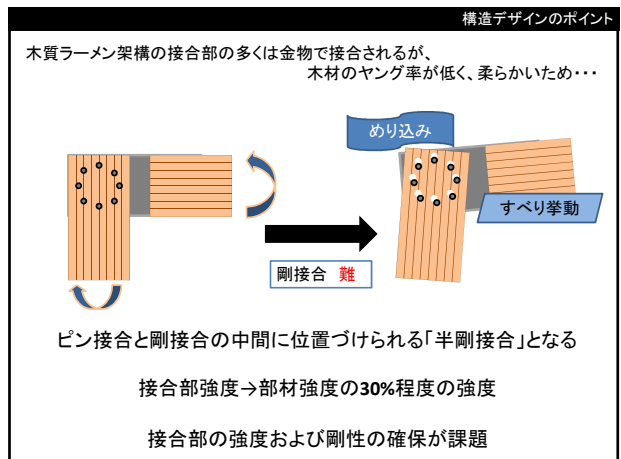
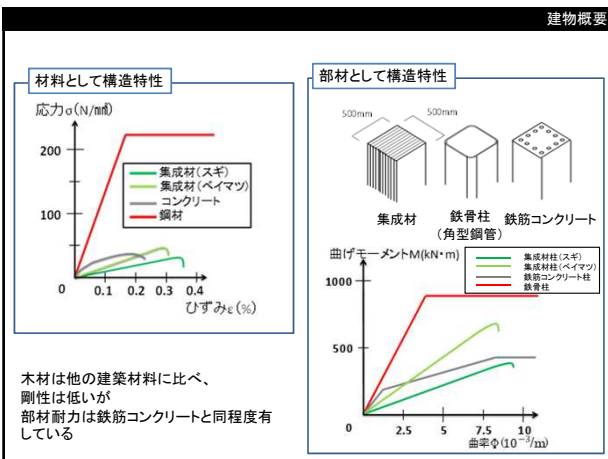
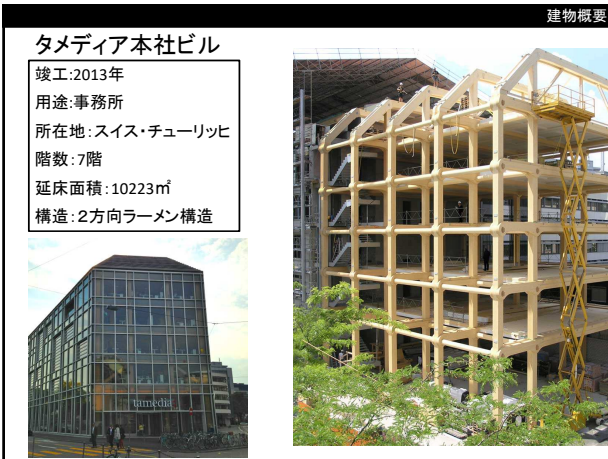
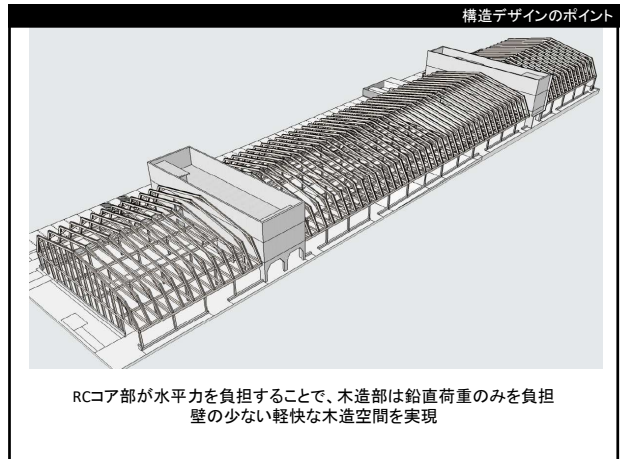
使用木材: カラマツ、スギ



建物工事写真



木造部は山形ラーメンを形成



建物概要

### サウスウッド

構造: 木造(木造ラーメン工法) 及び鉄筋コンクリート造

設計: E.P.A環境変換装置 建築研究所

施工: 竹中工務店

竣工年: 2013年

延床面積: 10663㎡

階数: 地上4階・地下1階

用途: 店舗・事務所・診療所

所在地: 神奈川県横浜市

耐火区分: 耐火建築物

使用木材: カラマツ




建物工事写真



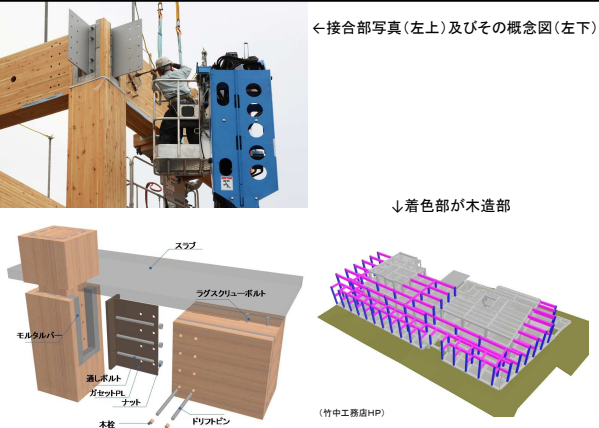
2~4階外周部の柱・梁を木造化

建物工事写真



建物工事写真(接合部)及び木造柱、梁配置図

←接合部写真(左上)及びその概念図(左下)



↓着色部が木造部

スラブ  
ラグスクリューボルト  
モルタルバー  
差しボルト  
ダセトPE  
ナット  
木栓  
ドリフトピン

(竹中工務店HP)

構造デザインのポイント

耐火建築物  
→主要構造が耐火構造または、耐火性能検証法等により火災が終了するまで耐えられることが確認されたものかつ、外壁の開口部で延焼のおそれのある部分に防火設備を有する建築物

↓

**高い耐火性能が必要**

→木材を表面あらわしの状態で主要構造体(柱・梁)に使うのは困難

↓

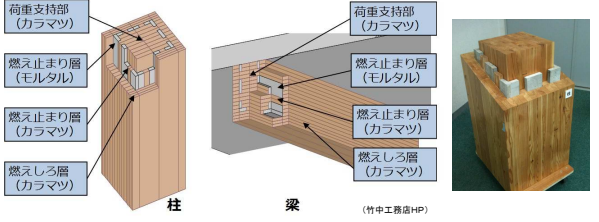
そこで、主要構造体に耐火構造部材を使用

構造デザインのポイント

カラマツ集成材とモルタルによる3層構造部材を使用することで耐火性能を確保

荷重支持部(カラマツ) : 火災から保護され荷重を支持  
燃え止まり層(モルタル) : 表面が燃焼する際の熱エネルギーの吸収、断熱  
燃えしろ層(カラマツ) : 自らが燃焼して炭となることにより、内部への熱伝導を抑制

耐火性能認定試験により、1時間耐火性能評価を取得し、また、国土大臣認定も取得  
→一般的な建築申請手続きにより使用することが可能



柱      梁

(竹中工務店HP)

建物概要

### ウッズスクエア

構造: 木質ハイブリッド構造(鉄骨造)  
 設計: JR東日本建築設計事務所  
 施工: 川田工業株式会社  
 竣工年: 2012年  
 延床面積: 6593㎡  
 階数: 地上4階・地下1階  
 用途: 店舗・事務所・診療所  
 所在地: 埼玉県越谷市  
 耐火区分: 耐火建築物  
 使用木材: カラマツ



建物内観および建て方



建物内観(左)



建て方の様子(右)

構造デザインのポイント

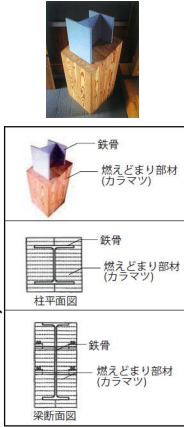
耐火建築物→高い耐火性能が必要  
 →主要構造体に耐火構造部材を使用

↓

木質ハイブリッド集成材(鉄骨内蔵型、右図)

鋼材と木材をハイブリッドにして使うことにより、木材が自消せず燃え続ける短所と、鋼材が高温になると強度が低下する短所を、お互いにかき消し合う

また、木材が耐火被覆として燃えるが、鋼材に吸熱されて自消し、鋼材の温度も屈服するほど上がらない仕組みとなっている



## 不定型建築物

不定形建築物誕生の背景

近年、新しい空間・形態をもつ建築が多く誕生


「複雑化」  
 「多様化」  
 「集中から分散への移行」

建築空間に対する要求→設計者の自由で開放的な感性によるもの

構造システムとしての特徴→部材の形状が「線」から「面」に変化

実現の要因として・・・  
 コンピュータ技術と、解析技術の飛躍的な進歩により、整形な線材レベルのフレーム解析の時代から、任意形状の有限要素解析(FEM)が簡単に行えるようになり、立体による時刻歴応答解析も実用的なレベルに達している

↓横浜港大さん橋国際旅客ターミナル      ↓ビルバオ グッゲンハイム美術館

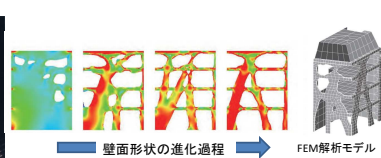


建物概要

### 芥川プロジェクト


構造: 飯島建築設計事務所・名城大学武蔵研究室

壁形状をある荷重条件に対して unnecessary 部分を削除し、必要な部分を付加する作業を繰り返し、より応力分布が均一になる形状を求めると最適化手法



壁面形状の進化過程 → FEM解析モデル

つまり「不定形」という形態が、力の明確な流れに沿って決定付けられている



建物概要

### MIKIMOTO Ginza 2

構造: 鉄骨造(鋼板コンクリート構造)、一部壁式鉄筋コンクリート造

意匠設計: 伊藤豊雄/伊藤豊雄建築設計事務所 十大成建設

構造設計: 佐々木睦朗構造計画研究所 十大成建設

施工: 大成建設

竣工年: 2005年

階数: 地上9階・地下1階

用途: 店舗・事務所

所在地: 東京都中央区



建物外観及び内観



構造と表層が一体化したストラクチャーシステム

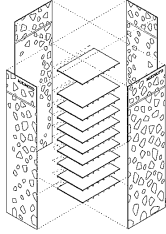
構造デザインのポイント

2枚のスチールプレート(6~12mm)の間にコンクリート(200m)を充填した薄い外壁(鋼板コンクリート構造)が構造であり柱がない

鋼板コンクリート構造は方向性のない面的な構造システムであり、開口形状を自由に決めることができる

外壁はハンドリングを考慮し、約2.5m×5mを1ユニットとして壁全体を286ピースに分割して工場製作し、現場にて溶接接合

鉛直荷重および水平荷重を全て外周の4構面の鋼板コンクリートが負担しているチューブ構造



鋼板コンクリート構造アングル

構造デザインのポイント

充填されたコンクリートは建物剛性への寄与と鋼板の局部座屈を防止するための拘束材としての働きをし、設計用荷重による部材応力は全て鋼板が負担

実際には充填されたコンクリートも十分な構造耐力を有しているため、リダンダンシーの極めて高い構造体

鋼板コンクリート構造は方向性のない面的な構造システムであり、開口形状を自由に決めることができる

建物概要

### モード学園スパイラルタワーズ

構造: 鉄骨造(柱CFT)(一部鉄骨鉄筋コンクリート及び鉄筋コンクリート造)

設計: 日建設計

施工: 大林組


高さ: 170m

竣工年: 2008年


階数: 地上36階・地下3階・塔屋2階

用途: 店舗・学校施設・駐車場

所在地: 愛知県名古屋市



建物外観



「螺旋」による外観は互いに切磋琢磨する学生たちのエネルギーが、絡み合いながら上昇するさまを表現しているそうです。

2つの制振システム

垂直方向の動きを吸収する「制振カラム(柱ダンパー)」(右図)を建物全体に26か所設けている

建物頂部に巨大なTMDである「屋上制振装置」を設け、建物重量の1%の付加質量をスライド支承で支持し、積層ゴムで建物周期と同調させながら鉛ダンパーでエネルギーを吸収している

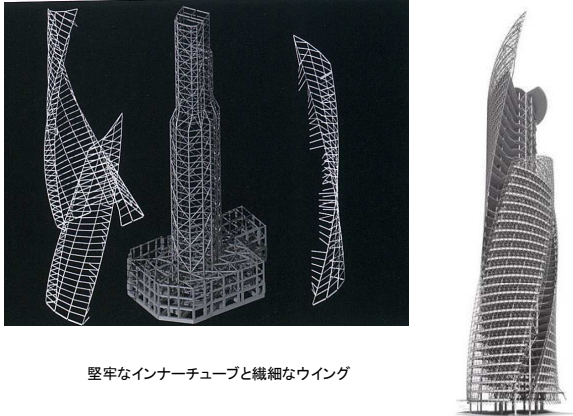
TMD(チューンド・マス・ダンパー):  
揺れに同調する振り子を用いて建物の揺れを抑制する装置



構造デザインのポイント

- ①あえて外郭を主構造体にせず軽快化を図る
- ②揺れモーメントと水平力に抵抗するため、内部に剛強なインナーチューブを配する
- ③外郭のスパイラル架構を全くの化粧架構にせず、粘性ダンパーを配して、鉛直力を緩和しながらインナーチューブの曲げ変形を制御する機能をもたせる

構造ダイアグラム




堅牢なインナーチューブと繊細なウイング

大規模木造建築かつ不定形建築物

建物概要

**Shopping Resort Gerasdorf**

所在地: ウィーン市街地から北に20km  
用途: 店舗  
延床面積: 70000㎡  
竣工: 2012年



建物概要

構造は、コンクリート柱及び鉄骨柱に集成材の梁(せい1.5m程度)を掛け、屋根構面としてCLTパネルを敷きこんだ混構造

木材利用合計: 11500㎡  
(CLTパネル: 8000㎡、集成材: 3500㎡)

日本→積極的な木材利用(柱、梁、床など様々な箇所)  
ヨーロッパ→適材適所な木材利用(木材は軽いため屋根としての利用が優れている)

