

木造による 10 階建て復興住宅の構造試設計

材料研究グループ 上席研究員 槌本 敬大

目次

- I はじめに
- II 研究の背景
 - 1) 木材利用・中高層木造を促進する背景
 - 2) 国内外の高層木造事例・計画
 - 3) 木造各構工法
- III マスティンバー工法の構造試設計
 - 1) スリーブ管ジョイントの性能評価と適用
 - 2) 構造計算と検定
- IV 木質接着パネル・集成材複合構造の試設計
 - 1) 木質接着パネル・集成材複合部材
 - 2) 構造計算と検定
- V 社会実装への展開
 - 1) 構造設計の課題
 - 2) 実施設計に向けた課題
- VI おわりに
 - 謝辞
 - 文献

I はじめに

我が国の施策目標として脱炭素社会の構築が掲げられ、2050年のゼロエミッション化のロードマップとして2030年には温室効果ガス発生の46%削減¹⁾(2013年度比)が掲げられている。そんななかで建築・住宅産業界においても木造建築物の中高層化の動きが加速している。我が国のみならず、海外の先進国においても木造化はブームと言ってもよいほど加熱している。これに対して建築研究所は、平成30年に内閣府官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)に中高層木造の課題が採択され、令和5年度までの予定で高層木造建築物の構造設計法を検討している。本稿では令和2年度までに得られた成果について報告する。

II 研究の背景

1) 木材利用・中高層木造を促進する背景

① 我が国の森林面積・蓄積と炭素固定

国土の約69%が森林である我が国は世界でも有数の森林国であり、国土の森林率はフィンランド、スウェーデンに次いで世界第3位であることはよく知られている。その森林面積²⁾は図1に示すようにこの50年で大きな変化はないものの、森林の蓄積量³⁾は着実に増加して人工林だけでも33億 m^3 (2019年)に達し、今や年間需給量(約8,200万 m^3 :2019年)の40年分を超えている。一方、人工林における蓄積の林齢分布⁴⁾(図2)を見ると、11齢級(51~55年生)が最も多く、2齢級以下(10年生以下)は極端に少ない。用材として伐期を迎えている50年生前後の丸太が多く森林に蓄積されているが、40~50年後に伐期を迎える丸太が極端に少なくなることを意味している。持続可能な森林生産と木材産業の安定的な持続に対して由々しき問題である。

一方、森林の用材生産機能は温室効果ガスとされている二酸化炭素の固定という観点からも重要である。単位面積あたりの樹種別・林齢別炭素吸収量を図3に示す。これは森林の炭素固定能力の経時的な変化を示しており、針葉樹や広葉樹の一部においてその能力は11～20年生をピークに低下していくことを意味している。特に我が国の人工林で多くを占めるスギの炭素固定能力は40年生を超えると大きく低下するといえる。以上から、我が国の森林蓄積を伐採して有効に利活用し、伐採後の隣地には確実に植林し、若齢の森林を形成する必要があることが看取される。

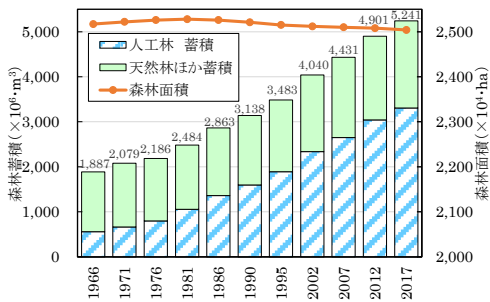


図1 我が国の森林面積と蓄積量

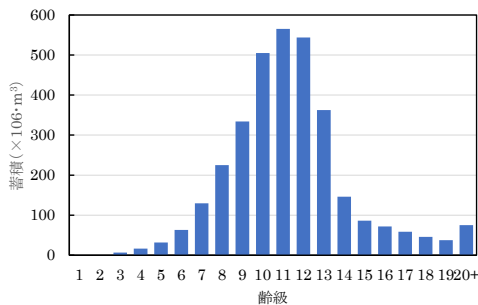


図2 人工林の年齢別蓄積量

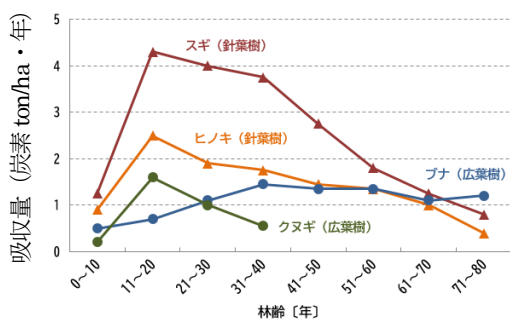


図3 樹種別・林齢別の炭素吸収量

② 公共建築物等木材利用促進法改め、脱炭素社会の実現に資する木材利用促進法

森林蓄積が増加の一途を辿る割に需要も伸びないことは、持続可能な森林生産・木材産業の維持と森林による炭素固定能力の維持・拡大の両側面から、木材の利活用を促進する必要性が叫ばれ、2010年に「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」

が公布・施工された。建築物全体の2010～2019年の床面積ベースの木造率⁴⁾（「木造率」という。以下同じ。）は概ね40～44%の範囲で推移し、大きな変化は見られないのに対し、公共建築物の木造率はこの10年で8.3%から13.8%に緩やかに上昇し、なかでも低層の公共建築物の木造率は17.9%から28.5%と大きく上昇した（図4）。同法の施行は一定の効果があったと結論づけられる。

一方、2019年の建築物着工統計に基づいて、建築物の階数や事業主体ごとの木造率⁵⁾を算出すると、表1ようになる。公共建築物の木造率は上昇したが、公共建築物以外よりも低いことが明白である。また、低層の木造率は高い水神にあるものの、中層以上の木造率はまだ改善の余地がある。

これらを背景として、公共建築物等木材利用促進法は「脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用の促進に関する法律」と改称（2021年10月施行）され、法の対象が公共建築物から建築物一般に拡大された。

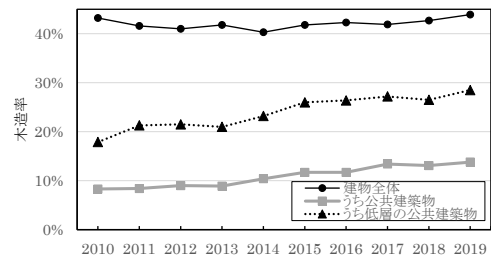


図4 建築物の事業主体、規模ごとの木造率の推移

表1 建築物の床面積ベースで算出した木造率

建築物の階数	全ての階数		低層 (3階建て以下)		中層以上 (4階建て以上)	
	合計面積 (m ²)	木造率 (%)	合計面積 (m ²)	木造率 (%)	合計面積 (m ²)	木造率 (%)
建築物全体	12,493	43.9	7,953	65.1	4,540	6.7
	木造	5,483	5,181	302.4	6.7	
公共建築物	1,260	13.8	512.0	28.5	748.4	3.8
	木造	174.5	145.7	28.8	3.8	
公共建築物以外	11,233	47.3	7,441	67.7	3,792	7.2
	木造	5,309	5,035	273.6	7.2	

2) 国内外の高層木造事例・計画

旧法の趣旨を受けて、国内外各地では中高層木造、大規模木造建築物を目的とした技術研究や開発等が盛んに行われてるようになった。我が国より諸外国の方がその取組みは積極的で、混構造ながらバンクーバーでは18階建ての学生寮(写真1)、ウィーンでは24階建ての複合ビル(写真2)が完成し、ノルウェーでは高さ85.4mのMjøstårnet(写真3⁶⁾)が完成している。我が国でも仙台に7階建ての木造(写真4)が竣工し、免震構造とした木造11階建て(図5⁷⁾)

も完成間近であるほか、住友林業による W350 計画(図 6⁸⁾)なども公表されている。この動きは既に世界的な潮流になっているが、我が国も高度な耐震安全確保方策に留意しながら潮流に乗っていくべきであると考えている。

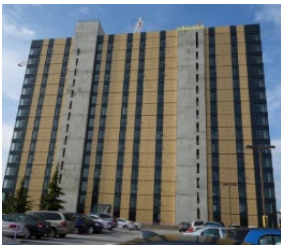


写真1 18階建て学生寮(カナダ)



写真2 24階建て複合ビル(オーストラリア)



写真3 18階建て複合ビル(ノルウェー)



写真4 7階建て木造



図5 11階建て木造(免震構造)



図6 住友林業によるW350計画

3) 木造各構工法

木造と言っても、様々な構工法がある。最もオーソドックスなのは我が国の伝統的な柱梁等の線材を組み立てていく軸組構法であり、建築基準法施行令第3章第3節で構造安全性の確保等の仕様が定められている。ただし、その水平耐力の取り方は、筋かいによるもの、柱梁の接合部の回転抵抗に期待するもの、柱梁に打ち付けた構造用面材によるものなどがある。

一方、北米を起源として、我が国に持ち込まれた枠組壁工法は、1974年(昭和49年)に技術基準告示が制定され、一般化された。水平力に対する安全確保の方法は、枠組材に面材を打ち付けることを主体としている。技術基準告示の中では“木質プレハブ工法”と称されているが、木質接着パネルを用いたプレハブ工法も木造

の構工法の一つである。

また、平成28年に一般化された CLT パネル工法は中高層木造建築の代表格ともいえるが、技術基準に示された構造方法を単純に高層化することでは安全確保が難しく、又は効率的な設計にはならないため、いくつか工夫を講じた。

内閣府 PRISM のバイオ技術領域における「木材需要拡大に資する大型建築物普及のための技術開発」のなかではこれらの4つの木造構工法を中高層建築用にアレンジした構工法(以下に示す1)~5))を対象に検討している。

- 1) マスティンバー工法：CLT パネル工法
- 2) 木質接着パネル・集成材複合構法：接着パネルと構造用集成材を複合した部材によって構成するもの
- 3) 集成材半剛節フレーム構造：軸組構法のうち柱梁接合部の回転抵抗を期待するもの
- 4) 座屈拘束ブレースを用いた集成材構造：筋かいによる軸組構法
- 5) 集成材面材構造：構造用面材による軸組構法と枠組壁工法をアレンジしたもの

以上のうち、1)と2)については平成30年度にインフラ防災領域の一課題として採択された「仮設・復興住宅の早期整備による応急対応促進」の一部である「土地の有効利用に資する木造建築物の高層化技術の開発」として検討されてきた経緯もあり、共同住宅のプランをベースに構造設計例が完成したので本稿でその技術開発の概要を紹介する。

III マスティンバー工法の構造試設計

1) スリーブ管ジョイントの性能評価と適用

マスティンバー工法は、その階数や高さによらず、鉛直構面の剛性が比較的高く、せん断変形よりも回転変形が卓越する。この回転変形をいかに制御するかが構造設計の要であり、上階からの圧縮力や水平力作用時に生じる引張力などを適切に下階に伝達する必要がある。このことは10階建て共同住宅の予備的解析⁹⁾からも明白で、鉛直荷重の反力を繊維直交方向の木材・木質材料の床版又は横架材とするよりも鋼材(鉄骨梁)とした方が効率的であり、鉄骨梁を曲げ降伏させることで塑性変形能力の向上及び全体崩壊系の形成を図った。

加えて、接合部に大きな引張力、圧縮力が作用することから、両応力に有効、かつ施工誤差吸収能力に優れたスリーブ管ジョイントをマスティンバーの脚部、頂部に用いることが有効ではないかと考え、同接合部の圧縮、引張、せん断試験等(図7)を行い¹⁰⁾、接合部の剛性、降伏耐力、終局耐力などを得た。

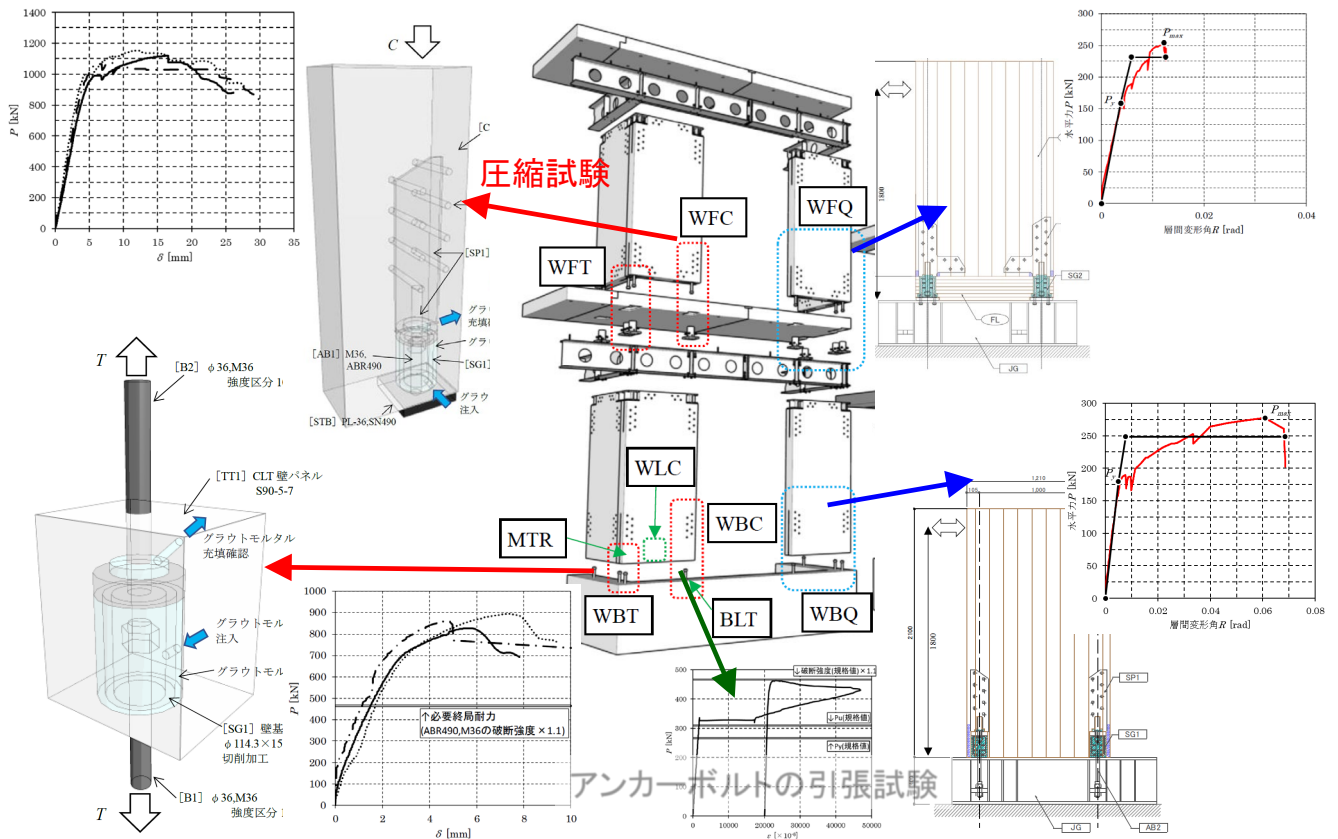


図7 スリーブ管ジョイントの圧縮・引張・せん断試験の概要

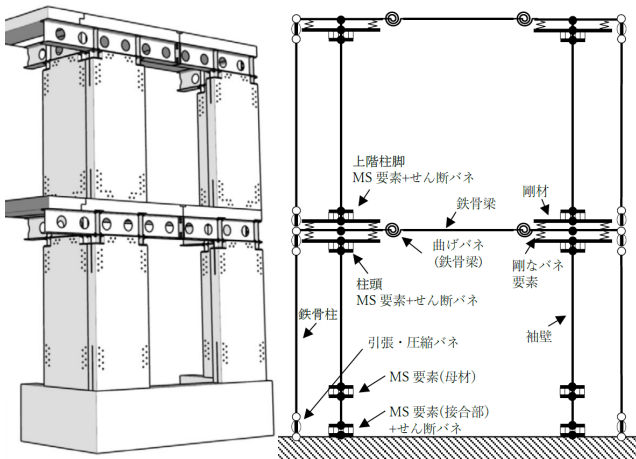


図8 梁桁を鋼材とした架構の概要とそのモデル化

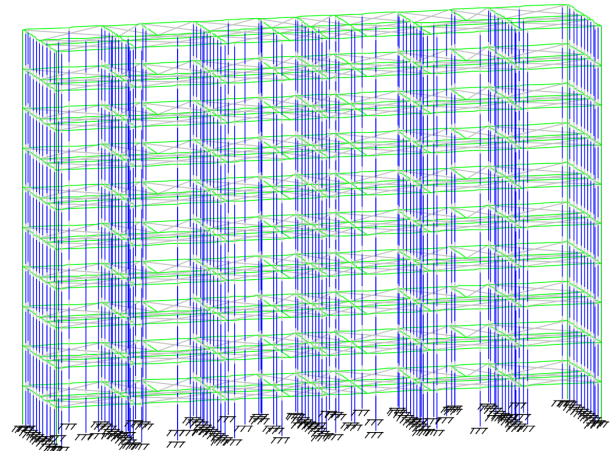


図9 構造計算に用いた立体解析モデル

2) 構造計算と検定

図8に示すように部材としてのCLT、およびその接合部にマルチスプリング (MS) を適用してモデル化し、図9に示すような立体モデルを構築した。これに対して増分解析を行って荷重変形関係 (図10) を得た。

なお、各方向の構造特性係数 D_s は、各方向の等価一自由度系の加速度-代表変位関係 (図11) における安全限界変形に基づいて、X (長辺) 方向 : 0.606、Y (短辺) 方向 : 0.716 とした。これにより必要保有水平耐力を求め、保有水平耐力の検定した結果、表2を得た。本建物では主にアンカーボルトと鉄骨梁の降伏により全体崩壊系を形成することを確認した。ただし、本建物では壁パネルの

幅を1.2m程度に限定しているため、壁パネルを隣接して配置する箇所がある。そのような箇所では鉄骨梁は曲げ降伏せず、壁パネルの目地のずれによって引張接合部の変形が卓越し、変形性能が損なわれるため、 D_s が大きくなることが確認された。これらの対応として、壁パネルの目地のずれを抑制する金物を設けることにより建物の変形性能が向上し、検定の余裕度の向上が期待される。

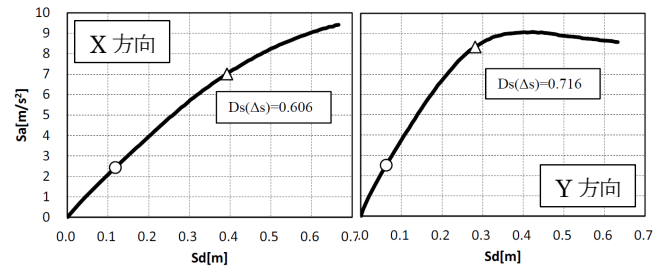


図 11 等価一自由度系の加速度-代表変位関係

表 2 マスティンバー10階建て試設計の保有水平耐力

層	長辺(X方向)			短辺(Y方向)		
	必要保有 水平耐力 Q_{un} (kN)	保有水平 耐力 Q_u (kN)	検定比 Q_u/Q_{un}	必要保有 水平耐力 Q_{un} (kN)	保有水平 耐力 Q_u (kN)	検定比 Q_u/Q_{un}
10	4,320	4,470	1.035	5,104	5,200	1.019
9	7,427	7,680	1.034	8,775	8,920	1.017
8	9,991	10,300	1.031	11,805	12,000	1.017
7	12,197	12,500	1.025	14,411	14,600	1.013
6	14,297	14,600	1.021	16,892	17,100	1.012
5	16,081	16,400	1.020	19,000	19,200	1.011
4	17,575	17,900	1.018	20,765	20,900	1.006
3	18,792	19,100	1.016	22,204	22,300	1.004
2	19,744	20,000	1.013	23,327	23,400	1.003
1	20,435	20,700	1.013	24,145	24,200	1.002

構造試設計の結果得られた構造図を以下の通り示す。なお、紙面の都合で一部の1階の構造図を省略する。

- 2～10階の壁伏図・・・図12
- 2～10階の梁伏図・・・図13
- 2～10階の床伏図・・・図14
- X, Y方向の断面図・・・図15

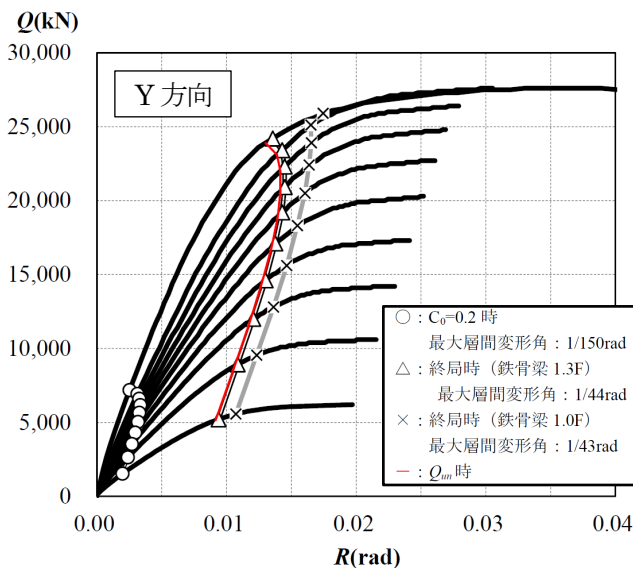
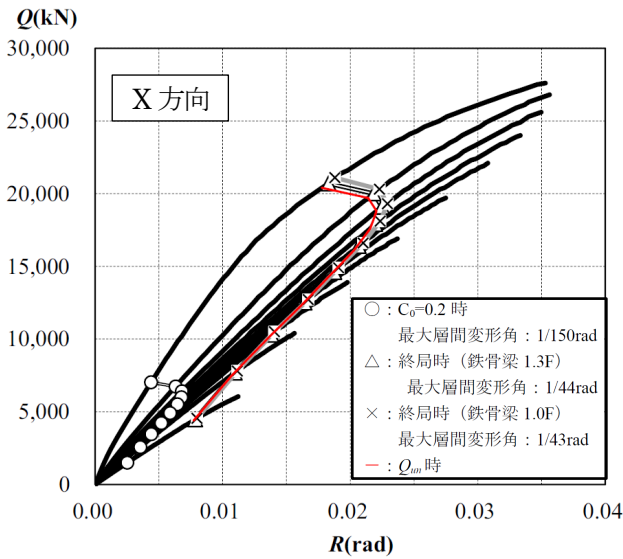


図 10 増分解析による X (長辺)・Y (短辺) 方向の荷重変形関係

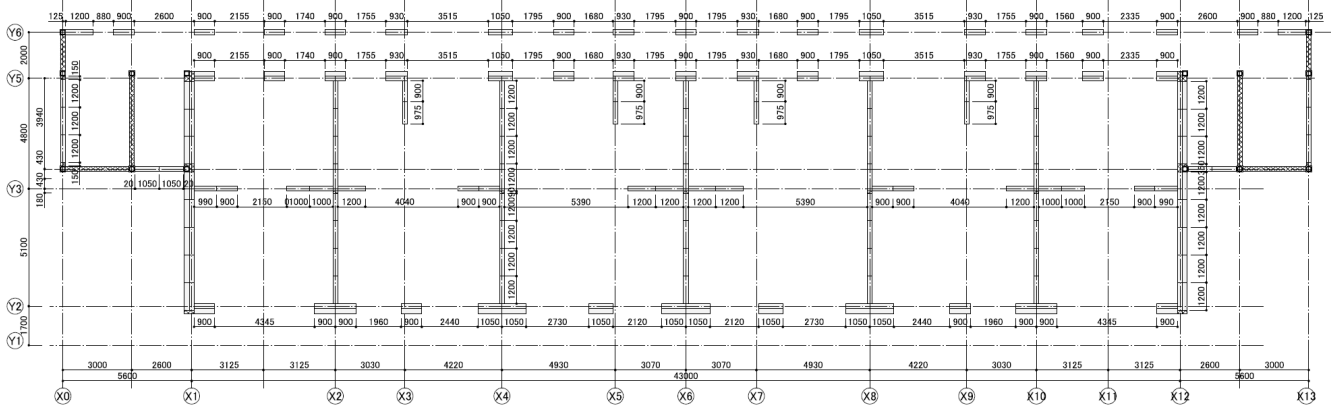


図 12 2～10階の壁伏図

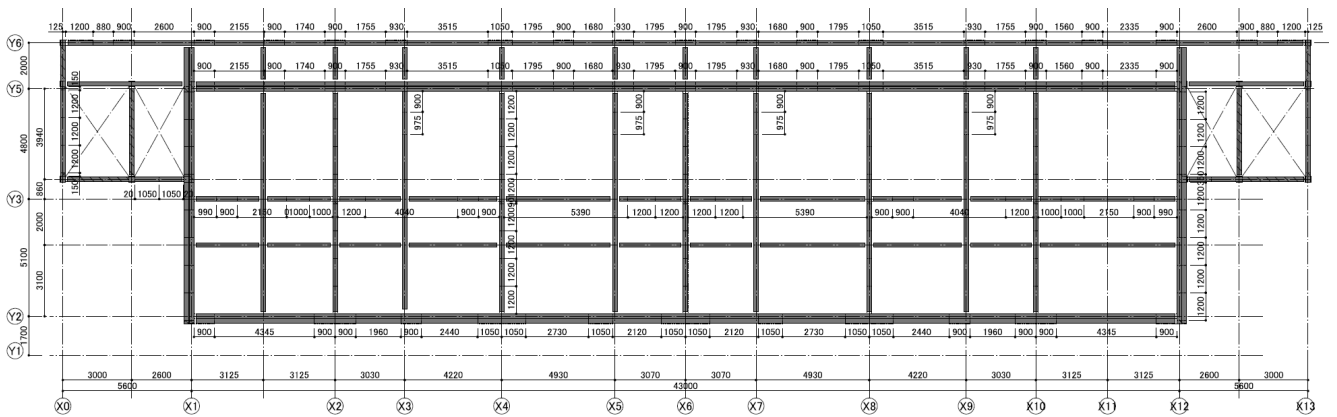


図 13 2～10階の梁伏図

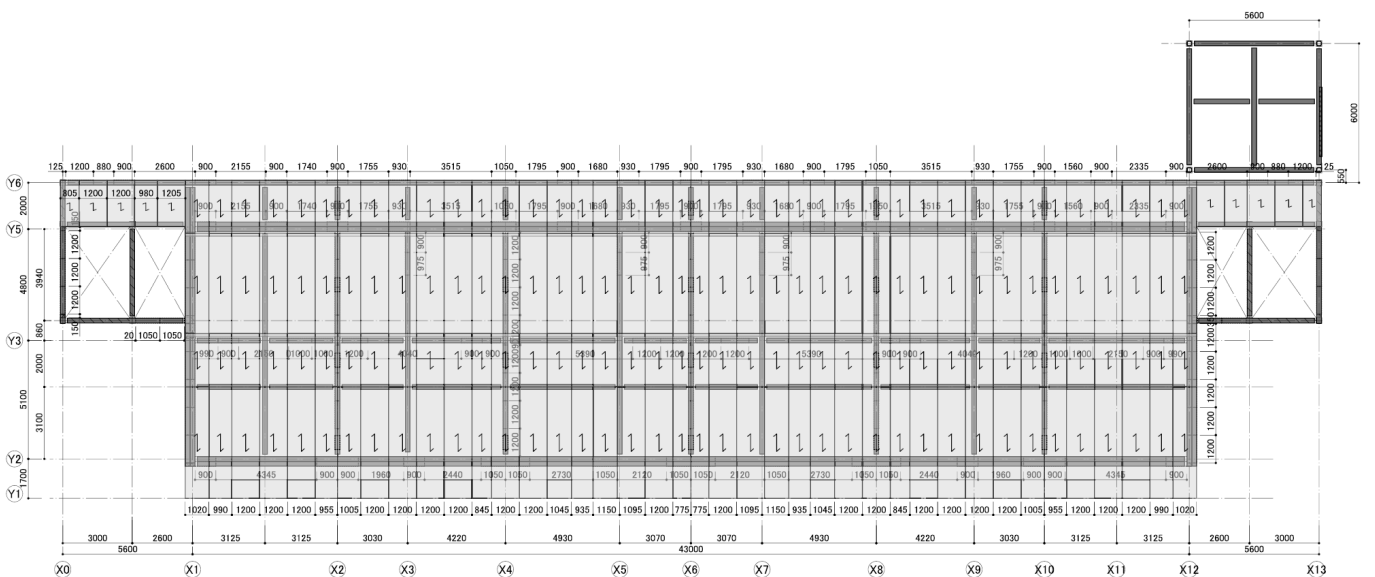


図 14 2～10階の床伏図

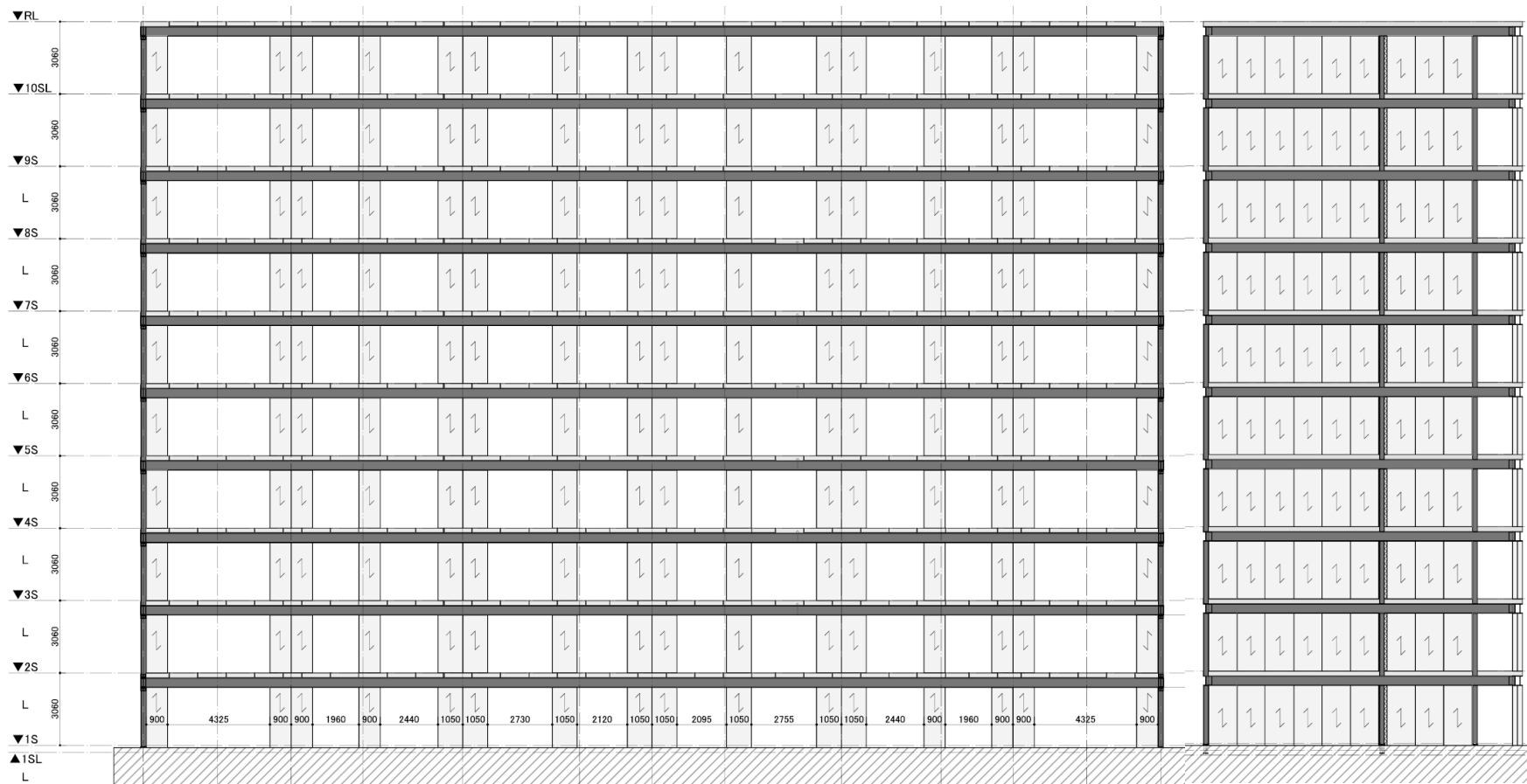


図 15 Y2 通り (左) と X1 通り (右) の断面図

IV 木質接着パネル・集成材複合構造の試設計

1) 木質接着パネル・集成材複合部材

木質接着パネルと構造用集成材を複合した部材 (図16) を鋼製金物で接合して2方向ラーメンを構成する構造 (図17) を考案し、部材の耐力等の設計法を検討した¹¹⁾。

まず、木質接着パネルと構造用集成材の複合効果を実験的に確認した結果、両者の水平力-せん断変形関係は加算側が成立する¹¹⁾ことを得た。次に、図16に示すように水平材両端の接着接合のせん断耐力について、図18に示すような組み合わせで実験的に確認¹¹⁾し、各部位に配される柱、横架材等に必要の耐力に基づいて部材が選択可能となるようにした¹²⁾。

以上の要素実験結果等を用いて、軸変形は生じないものと仮定して組立柱、組立梁をせん断変形と曲げ変形を有する線材要素でモデル化 (図19) した。柱梁接合金物は、トラスでモデル化し、組立柱・横架材の両端には、柱脚、柱頭、梁端部と接合するために、剛の線材を配置した。柱頭、柱脚、横架材の両端には引張バネ、圧縮バネを配置した。柱頭、柱脚、梁端部の中央にはせん断ばねを配置し、部材剛性を表現した。この解析モデルの妥当性は図20に示すように門形のフレームの水平せん断試験¹²⁾から確認された。

各階の柱、横架材や水平材の接合仕様は一次設計により決定した。

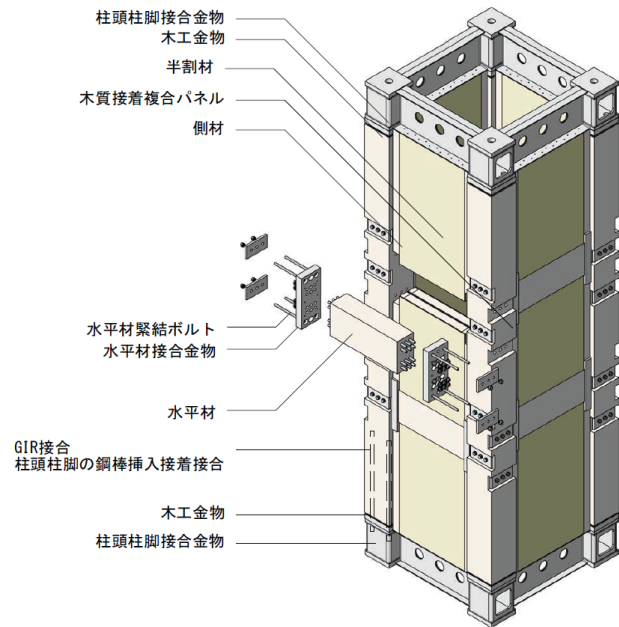


図16 木質接着パネルと構造用集成材を接着複合した部材

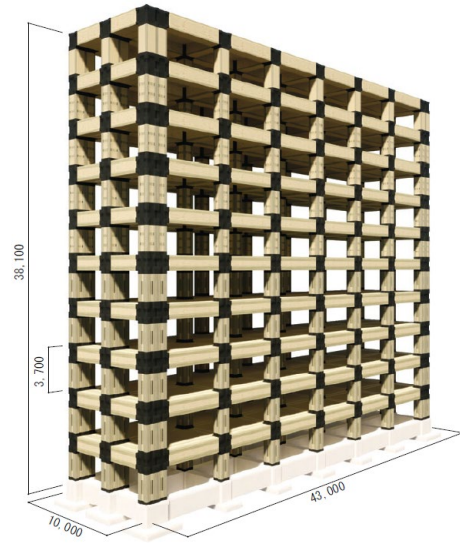


図17 木質接着パネル・集成材複合部材による10階建ての概要
水平材両端の接着接合の仕様

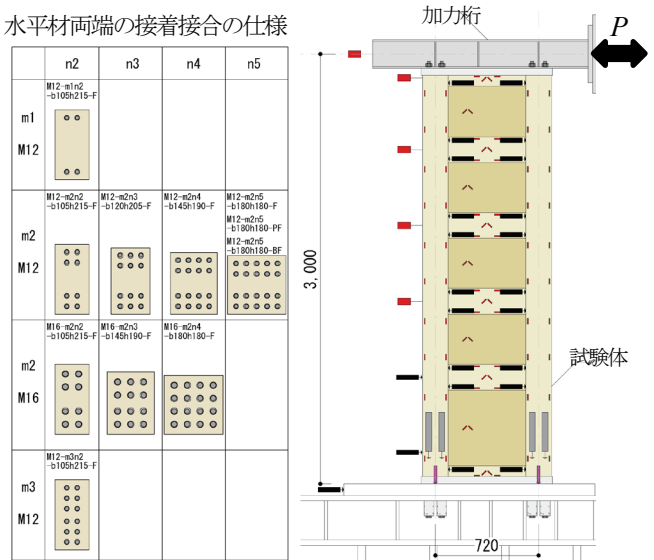


図17 水平材の接着接合が複合部材の耐力に与える影響検証実験

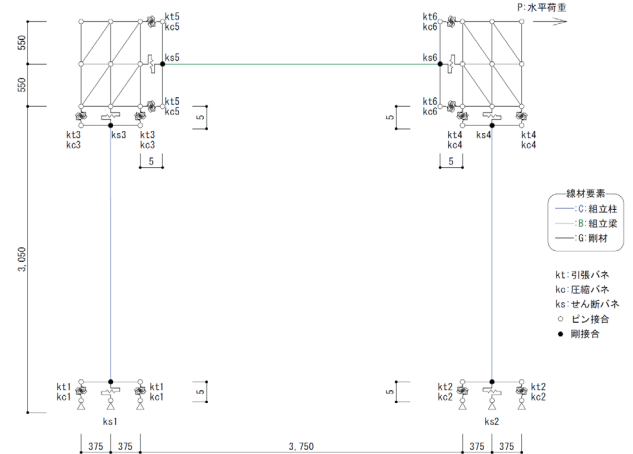


図18 ラーメン架構のモデル化

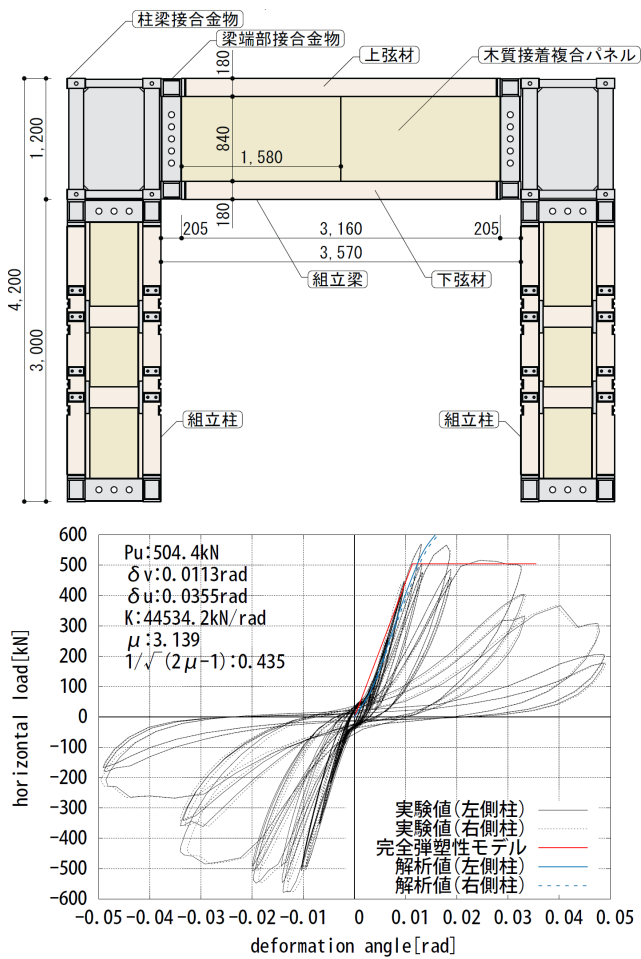


図 19 門形のフレームの水平せん断試験の試験体と試験結果

2) 構造計算と検定

解析モデルは、部材相互に接合部バネを配置した立体フレームモデルに床パネルによる水平構面をトラス要素で付与し、梁要素を魚骨モデルとしたラーメン架構と水平構面を接合した(図 20)。柱梁接合金物は、実験時にほとんど変形しないことを確認したため、軸変形向をほとんどさせない線材要素により、柱梁接合金物の外形寸法に合わせたトラスのボックスをモデル化した。組立柱及び組立梁と柱梁接合部の接合部は、曲げ変形及びせん断変形をさせない剛材を介して、ばね要素により、せん断力と軸力を伝達するモデルとした。組立柱頂部と脚部、組立梁端部接合部のばね要素は、鋼棒挿入接着接合を想定し、部材端部金物の長さを考慮したものとした。接合部ばね要素の中心位置は四隅の集成材の外端部とした¹²⁾。

前述の門形フレームの水平せん断試験結果(図 19)を完全弾塑性モデルに置換して塑性率 μ を求め、 $(2\mu-1)^{0.5}$ をこの構造方法の構造特性係数 $D_s (= 0.435)$ とした。また、同モデルから評価された終

局変形角 0.035 rad. までの増分解析(図 21)を行い、そのときの各層の水平耐力を保有水平耐力とした。これを必要保有水平耐力と比較、検定した結果を表 3 に示す¹²⁾。

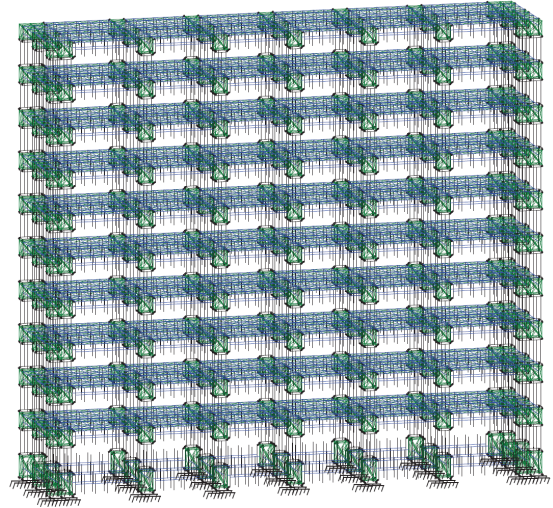


図 20 解析モデル

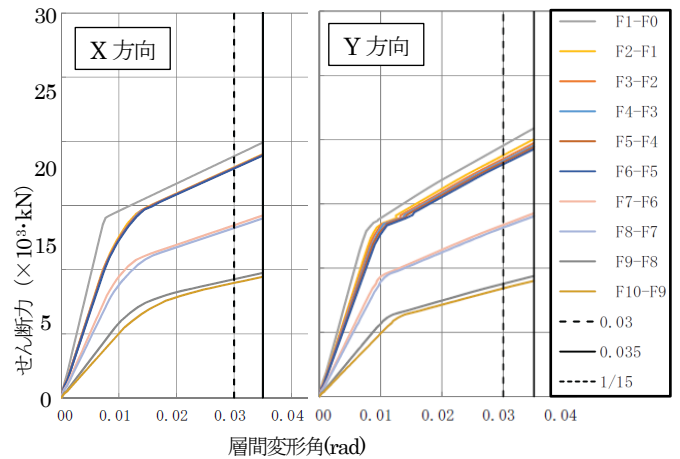


図 21 要素の終局変形までの荷重増分解析結果

表 3 木質接着パネル・集成材複合構造 10 階建ての保有水平耐力

層	長辺(X)方向			短辺(Y)方向		
	必要保有水平耐力 Q_{un} (kN)	保有水平耐力 Q_u (kN)	検定比 Q_u/Q_{un}	必要保有水平耐力 Q_{un} (kN)	保有水平耐力 Q_u (kN)	検定比 Q_u/Q_{un}
10	2,112	9,377	4.44	2,112	8,931	4.23
9	3,824	9,727	2.54	3,824	9,378	2.45
8	5,384	13,953	2.59	5,384	13,996	2.60
7	6,740	14,123	2.10	6,740	14,236	2.11
6	8,107	18,784	2.32	8,107	19,023	2.35
5	9,350	18,904	2.02	9,350	19,386	2.07
4	10,370	18,709	1.80	10,370	19,426	1.87
3	11,182	18,803	1.68	11,182	19,681	1.76
2	11,794	18,976	1.61	11,794	19,966	1.69
1	12,213	19,655	1.61	12,213	20,717	1.70

構造試設計の結果得られた構造図を以下の通り示す。なお、紙面の都合で一部の階の構造図を省略する。

・1~6階の壁伏図・・・図22

・1~6階の梁見上げ図・・・図23

・床伏図・・・図24

・X,Y方向の断面図・・・図25

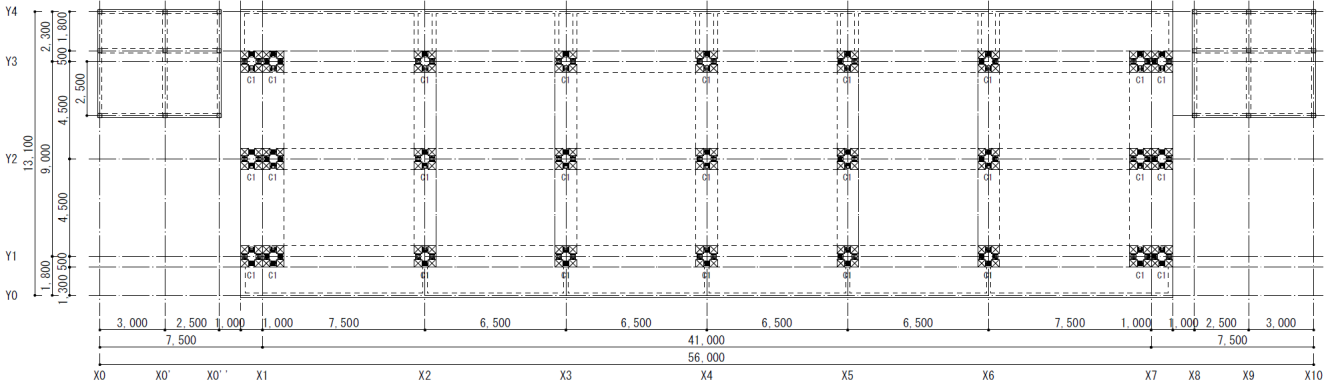


図22 1~6階の伏図

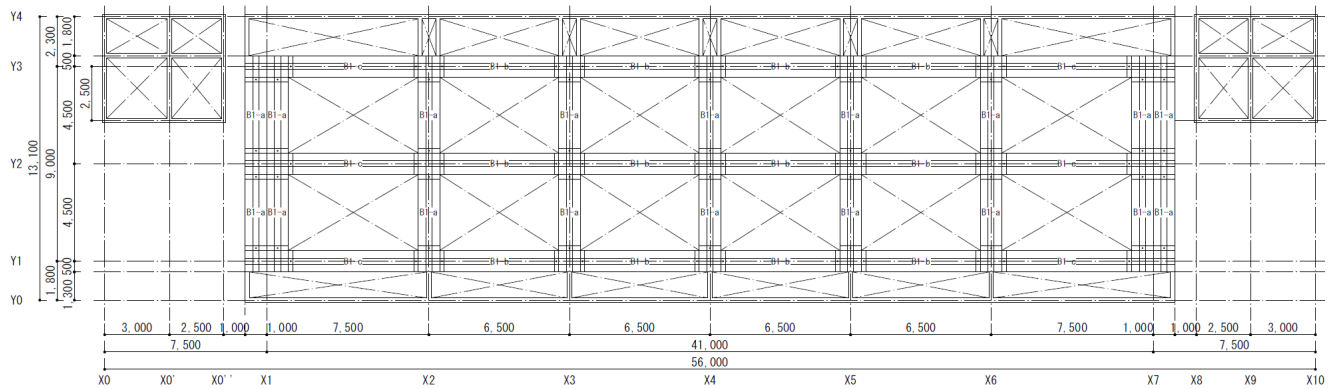


図23 梁見上げ図

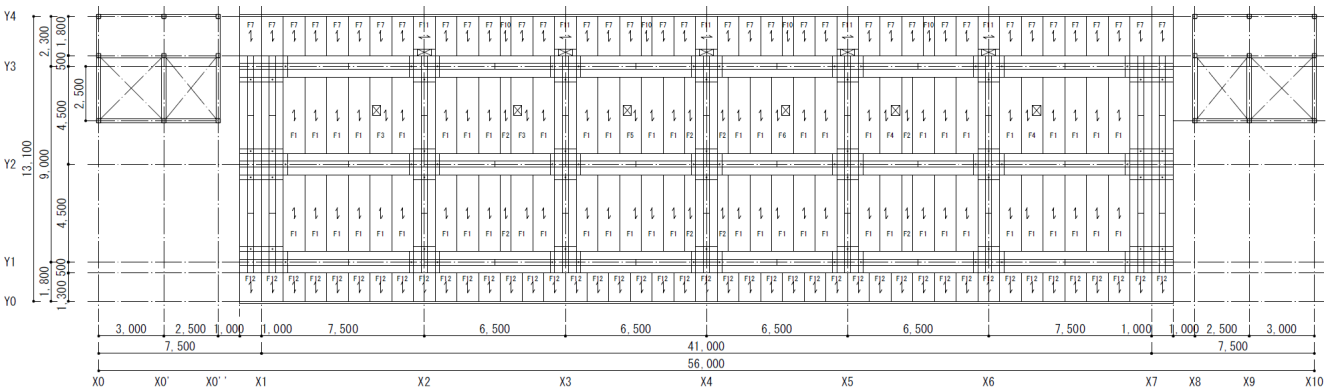


図24 床伏図

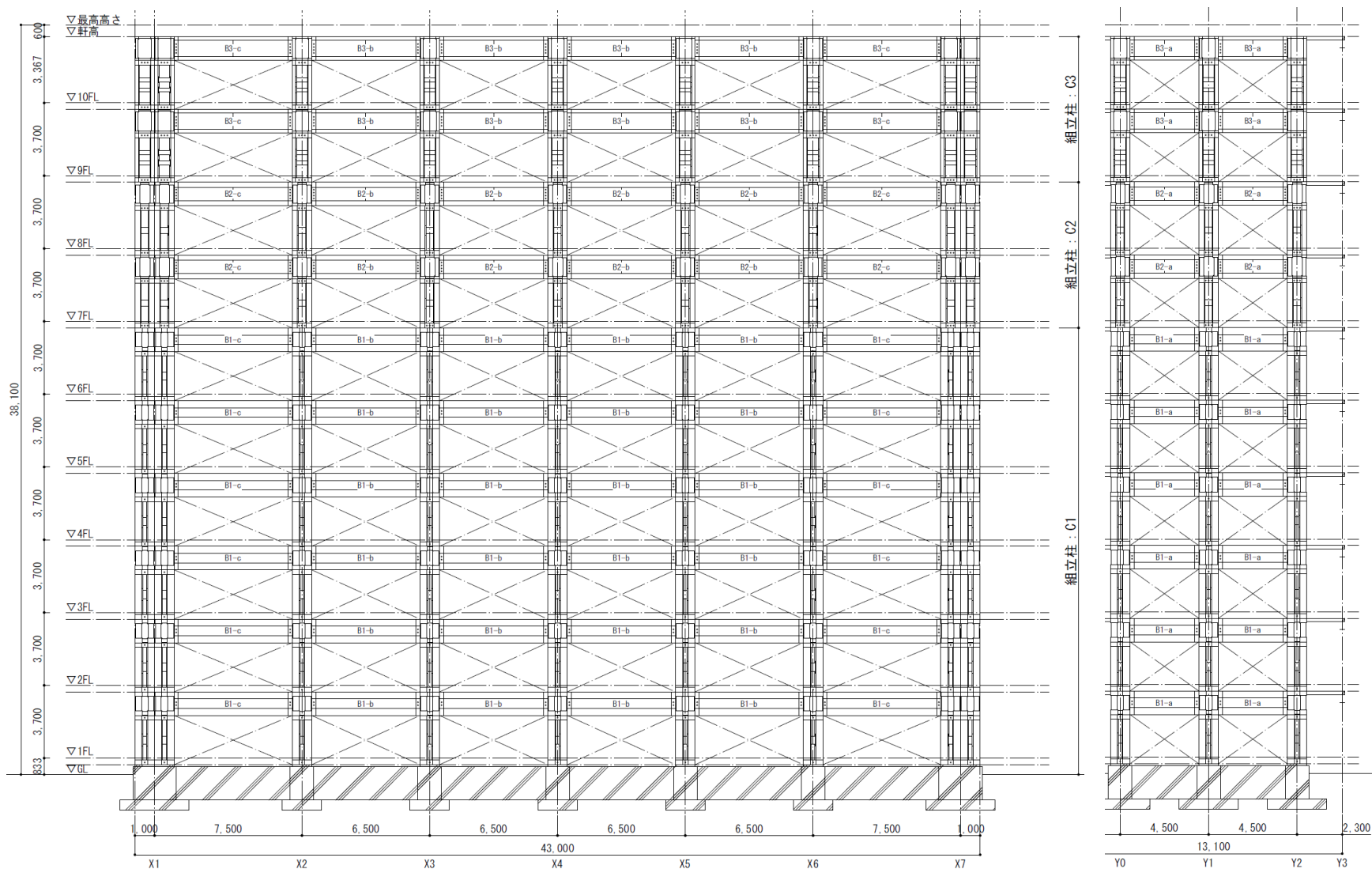


図 25 Y3通り (左) と X1通り (右) の断面図

V 社会実装への展開

1) 構造設計の課題

構造試設計を実施して改めて再認識された構造設計に関する課題として、現在分かっている木造の中高層化への課題は主に以下のようなものがある。

○構工法・高耐力水平抵抗要素の一般化

様々な高強度耐力壁、高耐力フレーム、マスティンバーパネルなどが提案されているが、汎用性のある一般的なものはどれか、コストも含めたその特性の検討を深める必要がある。

○大地震動下における終局性能の確保

2000年の性能規定化以降、耐震性に対する要求性能は、再現周期50年程度の稀に発生する地震に対する損傷防止、再現周期500年程度の極めて稀に発生する地震に対する倒壊防止となっており、時刻歴応答解析や保有水平耐力計算等を行う場合を除いて（ルート2までは）明確に法令では倒壊防止を要求されていないとの解釈も成り立つので、構造計算においてどのように終局性能を確保するか明確、かつ合理的な手続きにする必要がある。

○構造特性係数 D_s の設定方法

例えば、規模から要求されない建築物の構造設計において、保有聖杯耐力計算を行おうとした場合、S55 建告第1792号第一の表のどこに該当するのか不明確であり、またダボ型接合具の L/d をベースに定められているが、必ずしもそれだけで建築物全体の構造特性係数が決められない場合もある。増分解析を行って荷重変形関係の包絡線を求め、完全弾塑性モデルに置換して塑性率 μ を求め、 $(2\mu-1)^{0.5}$ を当該構造方法の構造特性係数 D_s とする場合が多いように見受けられるが、他構造が告示の表から適用できるのに対して手間がかかる。

さらに、安全限界変形を小さめに設定すると、 D_s は大きくなることが多いが、安全限界変形として設定する変形と D_s を求める際の包絡線として計算に含める変形をどこまでにするか、両者を一致させるか否かについても、議論が分かれている。倒壊防止を完全防ぐための限界変形と倒壊に到るまでの挙動におけるエネルギー吸収の評価を行う変形の範囲が異なっても良いのでは無いかという意見も主流となってきた。

○構造計算のクライテリアの合理化

一般的な木造の安全限界変形角は $1/30$ radとされているが、中高層木造建築物においても同じが良いか、CLTパネル工法のように階数に応じて一般構造と同じになるようにすべきか意見が分かっている。例えば、CLTパネル工法についてP- Δ 効果による水平耐力の減少を考慮しない構造計算モデルで限界耐力計算を行う場

合について、安全限界変形角の上限値 γ_s が表4¹⁹⁾のように暫定的に提案されている。さらに、一般的な木造の損傷限界変形角は $1/120$ rad、耐火構造・準耐火構造とする場合は $1/150$ radとされているが、同じで良いかについても議論がある。損傷限界は構造躯体の経験変形による劣化や内外装の脱落防止等の観点から定められているが、内外装の脱落が他へ与える影響は低層よりも重大であり、より一層慎重な検討が必要である。

表4 CLTパネル工法についてP- Δ 効果による水平耐力の減少を考慮しない構造計算モデルで限界耐力計算を行う場合の安全限界変形角の上限値 γ_s (rad) の暫定値

階数	3以下	4	5	6	7	8以上
γ_s (rad)	1/30	1/40	1/45	1/50	1/60	1/75

○鉛直荷重を下階の柱だけに伝達するディテールの開発・一般化

木材は繊維直交方向の剛性・強度が繊維方向に比べて1割程度であるので、当該階以外の鉛直荷重を床に流すと変形が過大になる。写真5に示すような18階建て学生寮（カナダ）の柱の接合部にあるように、当該階以外の鉛直荷重は床を介さずに下階へ伝達するディテールを開発し、一般化させる必要がある。例えば、我が国でも写真6のような金物が提案されている。枠組壁工法やCLTパネル工法においては、プラットフォーム工法でなく、壁勝ちのバールン工法に関する技術開発が必要かもしれない。



写真5 カナダの18階建て学生寮における柱の鉛直接合部



写真6 鉛直荷重を下階へ直接伝える接合方法の開発例

2) 実施設計に向けた課題

○耐火部材の一般化

構造種別にかかわらず、4階建て以上は耐火建築物とする必要があり、4階建てを超える場合は最上階から4層が1時間耐火、最上階から4を超える階から14階までは主として2時間耐火性能が要求される。1時間耐火の例示仕様はH12建告第1388号に例示され一般化されたが、石こうボード以外の面材張りや燃え止まり部材を用いる方法など他の方法もある。また、2時間以上の耐火部材は大臣認定を要する。告示仕様以外の1時間耐火構造や2時間以上の耐火構造も一般化し、普及させる必要がある。一

○木造の外壁工法や建具とそれらの耐久性と耐火性能との両立

木造の耐久性確保、防火性確保のために汎用されているラスモルタルやサイディング、及びこれらを用いた通気工法、さらにサッシ等建具は3階までの風圧力や水圧に耐えること、及び仕様によっては100年超の耐久性を有することは十分に証明されている。しかし、中高層化することによって作用する風圧、水圧が大きくなり材料を改良するだけで良いのか、通気工法をそのまま適用して問題がないのか、外装の耐久性が失われたときの落下防止措置などの必要があるのか、コストや耐久性なども含めて総合的に検討する必要がある。

当初の中層化された木造の外壁通気構造は、外壁仕上—通気層—耐火層—躯体の順に配されていた(図26(a))。外壁の石こうボードが室内用と同様の透気性を有していれば問題ないが、外壁用の石こうボードは湿気に強い層構成となっており、容易に湿気を通さない。こおんため、躯体に作用した水分を通気層を通じて排出するためには、外壁仕上—耐火層—通気層—躯体というように、木造躯体のすぐ外側に通気層を設ける(図26(b))必要がある。低層部からその通気層が立ち上がっている場合は火炎の侵入のおそれはほぼ無いが、低層部をRC造などとして2階以上から通気層が立ち上がる場合は、火炎の侵入を防止する必要がある。

○床衝撃音遮断性能の更なる向上

以前よりは二重床仕様、置き床仕様、湿式床施工など様々な工夫がなされ、床衝撃音遮断性能は向上したが、まだまだRC造等の性能にはおおいっかない。更なる性能向上を図るか、木造用の評価軸を提案するかなどの必要がある。

○木造の屋根工法とその耐久性

中層以上の木造の屋根は陸屋根とし、FRP防水やシート防水を施工する機会が多いようである。しかし、我が国の気候は高温多雨であり、日射量も比較的多いため、木造の屋根は勾配が必須とされ

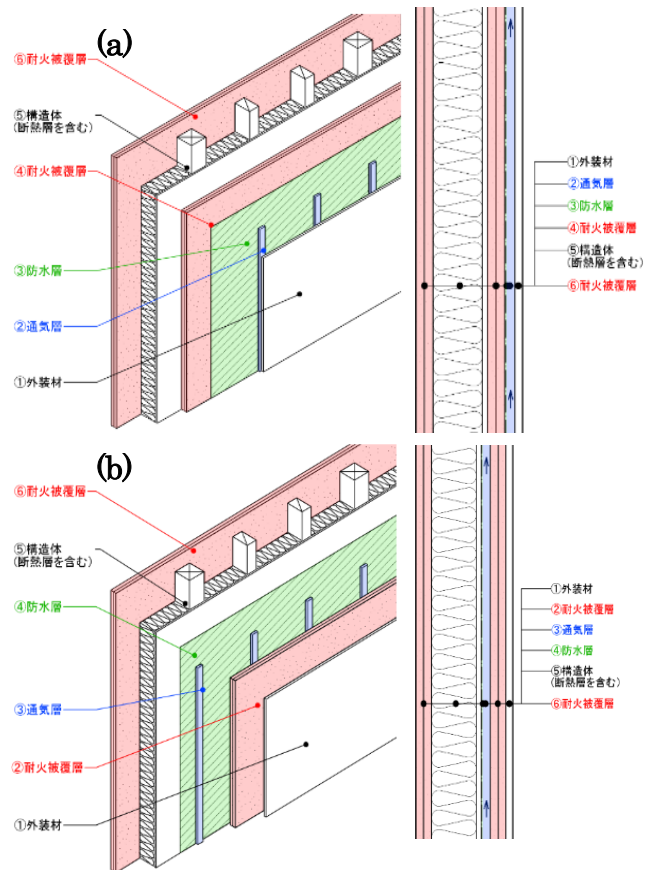


図26 (a)通気層が外壁仕上のすぐ内側に、(b)通気層が躯体のすぐ外側にある外壁のレイヤー構成

てきた歴史がある。FRP防水もシート防水も高分子素材が表面にあり、紫外線で劣化する。紫外線で劣化した防水層は雨漏りを生じることが、これが木質部材表面に滞留すると腐朽が発生する可能性は高くなる。

紫外線や高温で劣化しにくい部材で屋根を葺き、台風等の強風時の風圧に乗じて屋根葺き材の隙間から侵入する雨水が木部に達するのをアスファルトルーフィング等防水シートで防ぎ、勾配をもってその滞留を防ぐのが現代の一般的な木造住宅の耐水性・耐久性発現機構である。瓦屋根のガイドライン工法¹⁴⁾も改訂され、全数釘打ちが一般的になった現在においても、経験したことが無いような暴風やそれによる飛来物によって屋根葺き材が破損してその欠片が落下・飛散することが起きないとは言いきれず、中高層の屋根でこのような事態が発生すると被害も甚大化する。

よって、陸屋根+防水施工と勾配屋根+屋根葺き材のどちらが中高層木造に適しているのか慎重に検討する必要がある、現在のところ結論は得られていない。

VI おわりに

以上、今なぜ木造中高層が必要か、高層木造の構造設計の内容、現段階での技術的課題は何があるかについて述べた。

あえて、前項の課題としてあげなかったが、コスト面も無視してはならない。現段階ではまだまだ木造のコストは高く、関係各省庁の補助金を得ても他構造より安価にはならないようである。しかし、諸外国の中高層木造の計画経緯等についてヒアリング等調査をすると、木造のコストはどの国においても高いようである。木造は、短工期、厳冬期の施工容易性、温室効果ガス発生抑制などのメリットを重視して選ばれている。よって、我が国においても木造の低価格化は商取引や技術においても意識すべきであるが、他構造よりも低価格化は実現し得ない可能性が高いことを意識し、他のメリットで選択しやすいような技術や関係基規準類を整備する必要がある。

謝辞

本研究は、内閣府官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）「革新的建設・インフラ維持管理技術/革新的防災・減災技術」の施策として H31 年度に採択された国-03・05 “仮設・復興住宅の早期整備による応急対応促進”の支一部として実施した「土地の有効利用に資する木造建築物の高層化技術の開発」の令和 2 年度までの成果の一部である。また、木質接着パネル・集成材複合構造に関する技術開発、及び構造設計については、株式会社ミサワホーム総合研究所（代表取締役社長：千原勝幸）関係者らの民間貢献の成果を含んでいる。さらに、技術開発の方向性や成果内容等は建築研究開発コンソーシアム「木造建築物の中高層化の可能性検討研究会」（2020 年 1 月～「木造建築物の中高層化技術研究会」）参加メンバーのご助言、並びに同研究会のアドバイザー河合直人工学院大学教授、五十田博京都大学教授、腰原幹雄東京大学教授、梶川久光明治大学教授、山口修由氏（日本住宅・木材技術センター特別研究員）らのご忠言に基づいて進めたものである。この場を借りて関係諸氏に深く感謝する。

文献

- 1) 首相官邸：「温室効果ガスの削減目標及び緊急事態宣言等についての会見」, https://www.kantei.go.jp/jp/99_suga/statement/2021/0422kaiken.html, 2021.
- 2) 林野庁：「森林資源の現況(平成 29 年 3 月 31 日現在)」, <https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/h29/index.html>, 2017.
- 3) 森林・林業学習館：「樹種別・林齢別炭素吸収量」, https://www.shinrin-ringyou.com/ondanka_boushi/tanso_kyusyu.php, 2021.
- 4) 林野庁：「令和元年度の公共建築物の木造率について」, https://www.rinya.maff.go.jp/j/press/riyou/210326_16.html, 2021.
- 5) 林野庁：「建築着工統計から得られる木造率」, https://www.rinya.maff.go.jp/j/press/riyou/attach/pdf/210326_16-7.pdf, 2021.
- 6) <https://www.moelven.com/mjostarnet/>, 2021.
- 7) https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20190723_1.html, 2021.
- 8) <https://sfc.jp/information/news/2018/2018-02-08.html>, 2021.
- 9) 櫻井郁子, 松本和行, 安曇良治, 三宅辰哉, 村上雅英, 槌本敬大：“高層 CLT 建築物のための高耐力接合部の開発について（その 1, 2）”, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-1, 337-340, 2019.
- 10) 村上雅英, 櫻井郁子, 安曇良治, 三宅辰哉, 槌本敬大, 虻川真大：“同（その 3, 4）”, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-1, 335-336, 2020.
- 11) 梶川久光, 三津橋歩, 大木洋一郎, 槌本敬大ほか：“木質接着複合パネルを用いた 2 方向ラーメン構造による高層木造建築物の開発（その 1~7）”, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-1, 339-352, 2020.
- 12) 梶川久光, 三津橋歩, 小川春彦, 大木洋一郎, 槌本敬大ほか：“同（その 8~13）”, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-1, 149-160, 2021.
- 13) CLT 設計施工マニュアル編集委員会：“2016 年版 CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル（2021 年構造・材料増補版）”, p.141, 日本住宅・木材技術センター, 2021.
- 14) 瓦屋根標準設計・施工ガイドライン, (一社)全日本瓦工事業連盟・全国陶器瓦工業組合連合会・全国 PC かかわら組合連合会, 2001.