

高層木造建築物の社会実装に向けた技術開発

課題・・・P. 3
研究・技術開発の内容・・・P. 6, 7, 9, 10
成果・・・ P. 8, 11, 12
残された課題・・・ P. 13

(問い合わせ)

材料研究グループ
上席研究員 槌本 敬大
Tel 029-879-0661
E-mail tutti@kenken.go.jp

概要

背景・目的

2010年に施行された公共建築物等木材利用促進法や温室効果ガス発生抑制などの社会的ニーズにより、木質構造による中高層建築物の規制が緩和されましたが、中層以上の木造建築物の建築棟数は大きく伸びていません。そこで、**中層以上の木造建築物の具体化に資する要素技術の開発と実施設計を実施・公表し、もって中高層建築物の普及・実装を図ることを目的**としています。

研究概要

当研究所では、内閣府PRISM(官民研究開発投資拡大プログラム)によるバイオ技術領域の研究開発の一部として「木材需要拡大のための高層木造建築物の汎用型設計技術の開発」及び「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」(2018～2023年度)を実施しており、昨年度のこの場では構造設計例の作成の見通し等をご説明いたしました。

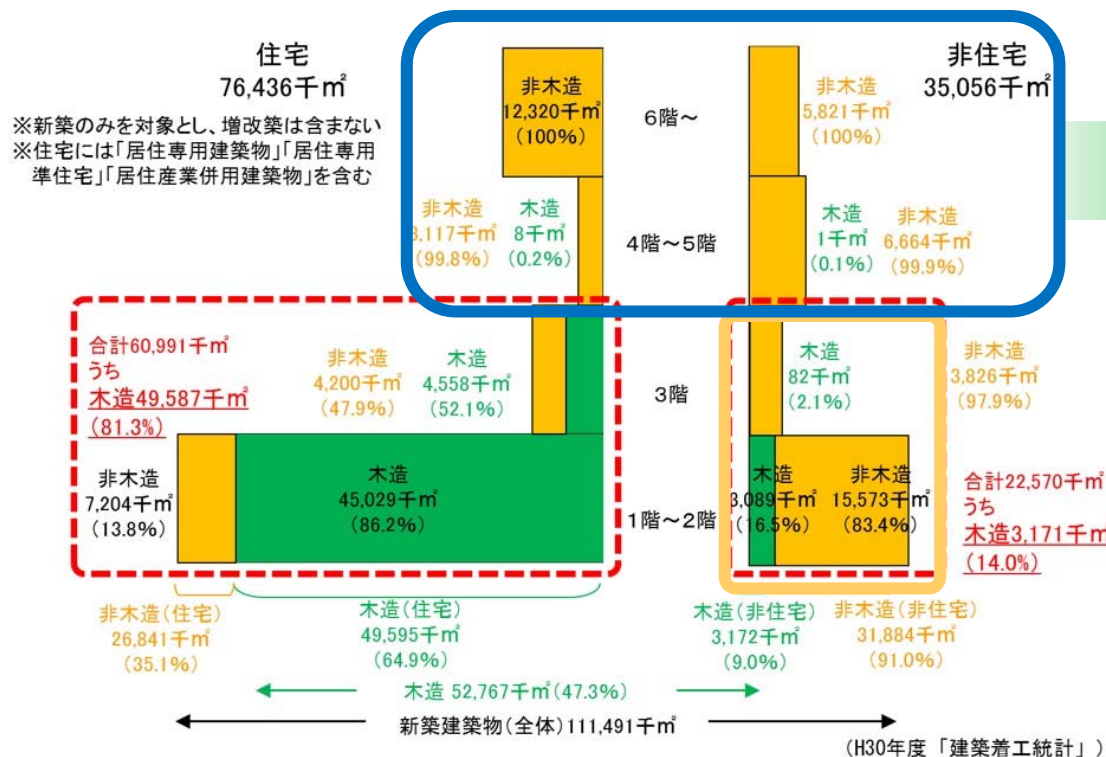
木造と一言でいっても様々な構工法があり、**マスティンバー工法、木質接着パネルを活用した構法、ブレース構造、半剛節フレーム構造、集成材面材構造**を対象として、一部の構造設計例が完成し、実施設計の内容について検討を進めております。実施設計に際しては、**耐久性と耐火性の両立、床衝撃音遮断性能の向上**などが課題となっており、技術的検討を進めております。半剛節フレーム構造の設計方法については「大断面木造～マニュアル」(1988, BCJ)の改訂版「**(仮称)集成材等建築物構造設計マニュアル**」編集委員会を設置し、令和4年の早い段階で出版・公表できる見通しとなりました。

今後の展開

今後は8～10階建ての木造の構造設計例(残りの一部の構工法)を完成させ、実施設計例を作成し、従来木造の設計をしてこなかった設計者に提示し、認識と理解を深めることで**高層木造建築の設計へのハードルを下げ、社会実装の促進に資する研究活動を推進**してまいります。

課題（木材需要拡大に資する大型建築物の普及）

- 本格的な利用期を迎えた我が国森林資源の活用が求められる一方、日本の建築市場は、半世紀以上にわたる木造抑制期を経て、鉄骨造や鉄筋コンクリート造のみが主流となり、木造は建築主の俎上に載らない歪な状態。
- 建築主の選択肢に木造が加わるような環境整備が進めば、民間の研究開発投資が加速されると期待。
 - ・木造の潜在的なメリット → 工期短縮、コスト削減、付加価値（軽量、オフサイト加工、木材のアメニティ効果、SDGs、ESG投資等）
- 改正建築基準法により、最低限の安全性を確保する考え方は示されたが、具体的にどのような材料を如何に組み立てれば実現するかまでは示されておらず、一部の先進的な企業を除くと、実際の設計に導入されるまでには相当の時間を要することを懸念。
- そこで、PRISMにより、見本となる設計例や指針等を作成し、民間の商品開発のベースとなる基礎的な知見を市場に提供することで、「社会実装のスピードを上げる」ことを目指す。



建築市場において、民間ベースで法令に則した具体的な設計方法が生み出され浸透していくまでには相当の時間を要すると懸念

見本となる設計例や指針等を作成し、民間の商品開発のベースとなる基礎的な知見を市場に提供

「社会実装のスピードを向上」

パイの拡大が、木材価格を含むコストの低減に繋がり、経済合理性に基づく判断の結果として建築主が木造を選択するような市場を実現

木造の各種構工法

マスティンバー工法 (CLTパネル工法)



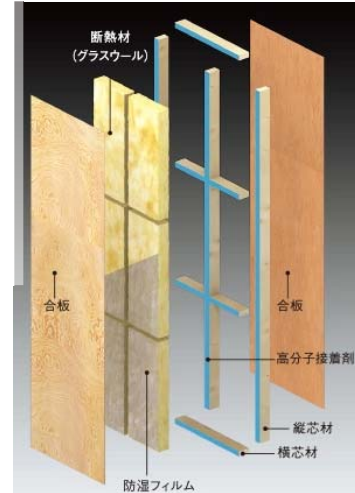
マスティンバー: CLT、LVL
や集成材厚板パネル等体積が大きなパネル状の部材、~工法はそのパネルで建築物を構成する工法

集成材パネル

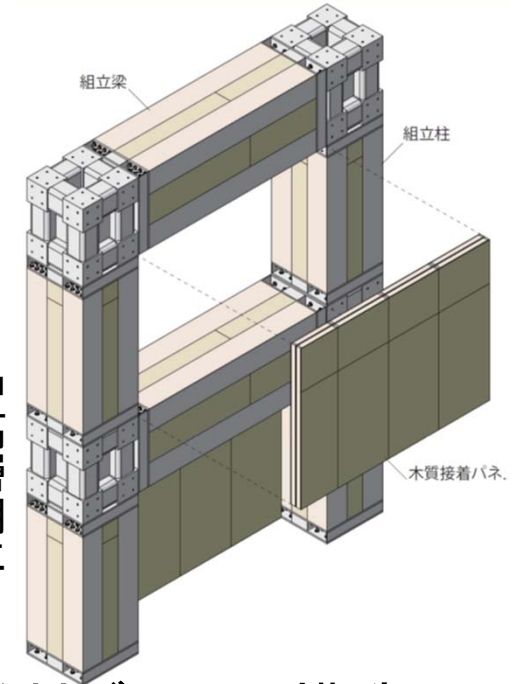
CLT LVL



木質接着パネル

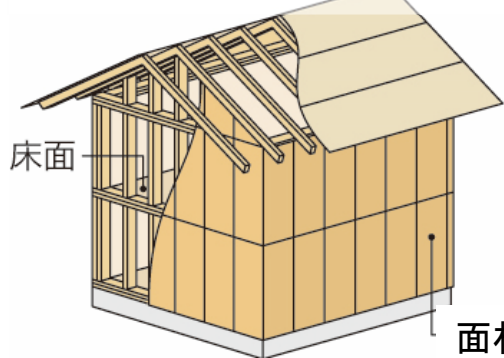


中高層用に
集成材と複合

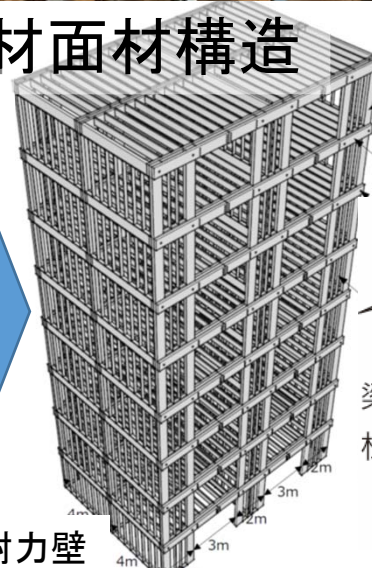


枠組壁工法 → 集成材面材構造

(2x4工法) 縦横に組んだ枠組材に面材を留め付けたパネルを構造要素とする北米発祥の工法

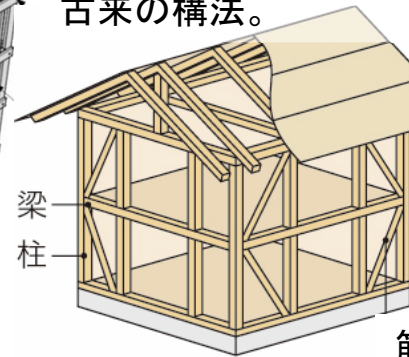


面材耐力壁

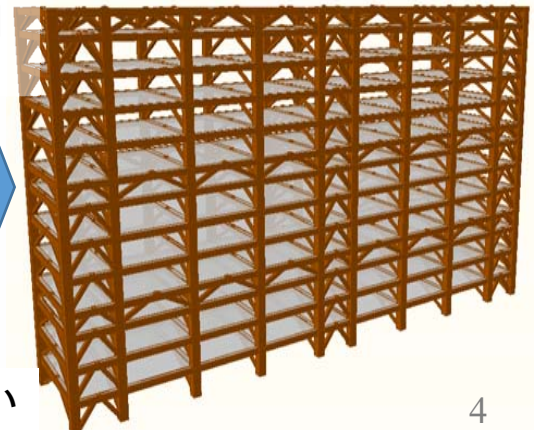


軸組構法 → 集成材ブレース構造

軸組構法: 主に柱と梁(桁)等の軸材で構成される我が国古来の構法。

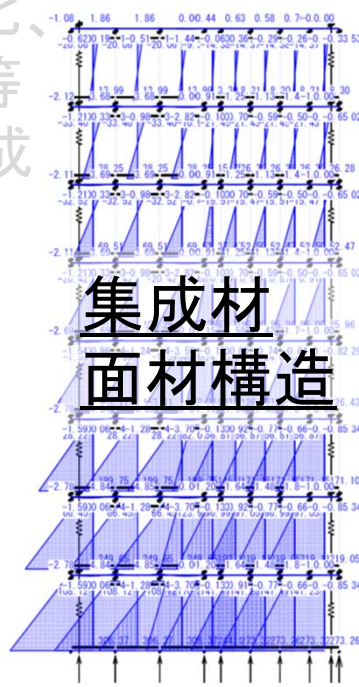
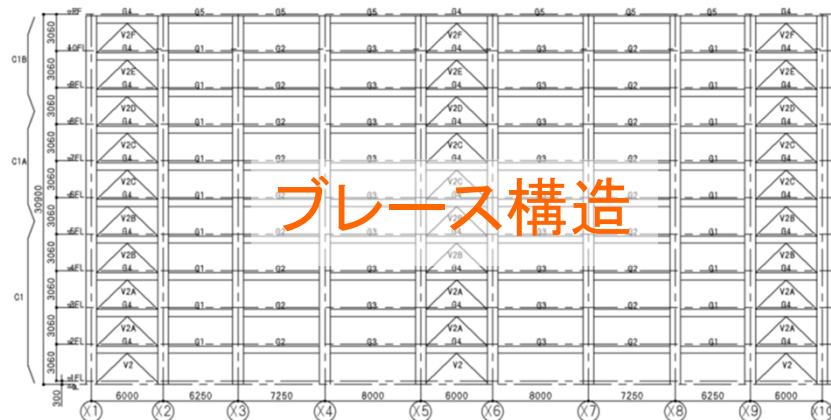
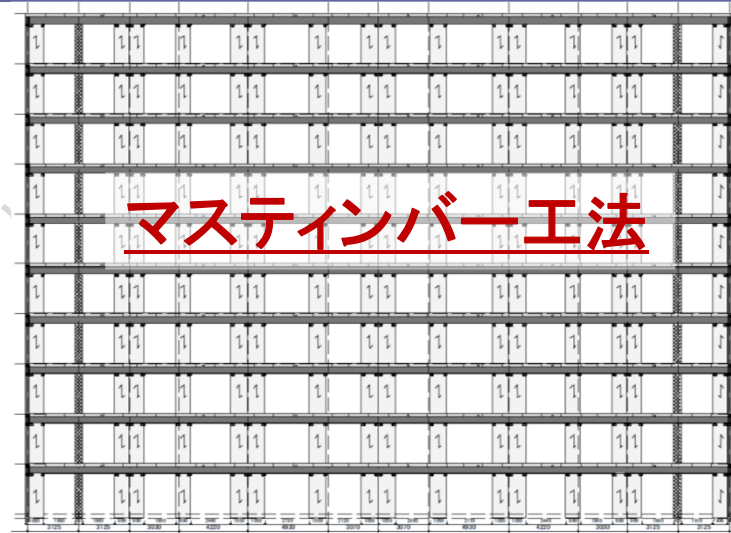


筋かい

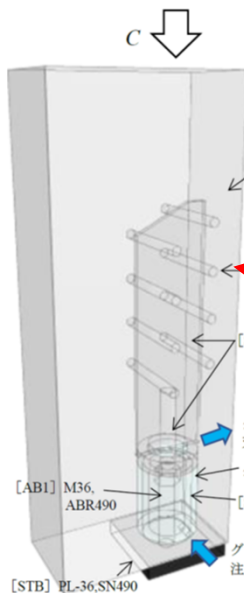
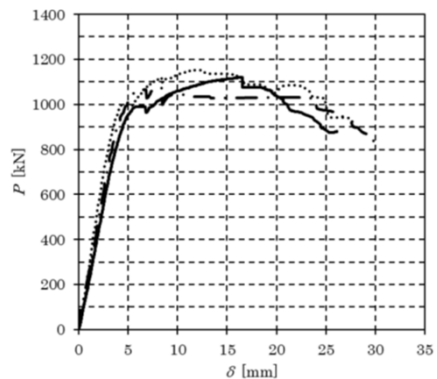


設計例作成

- マスティンバー工法及び木質接着パネル・集成材複合部材による構法において10階建て復興住宅の構造設計例がR2に完成。耐火性、耐久性、床遮音性等の検討を経て実施設計例が今年度中に完成予定→公表方法未定
- ブレース構造、及び8階建て集成材面材構造（枠組壁工法をアレンジ）の構造一次設計例作成予定。構造要素の配置の効率化、各部の保証設計、大地震時の検討等を経て構造設計例がR4年度末に完成→R5年度実施設計例を公表予定

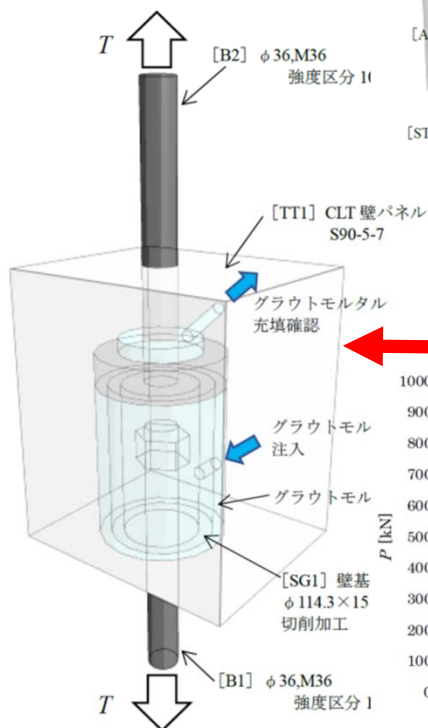
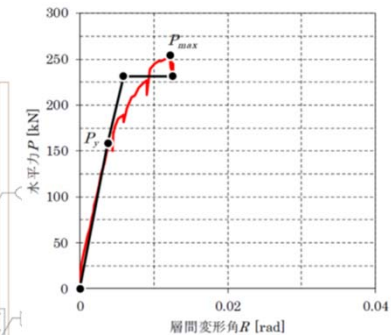


マスティンバー工法へのスリーブ管ジョイントの検証・導入



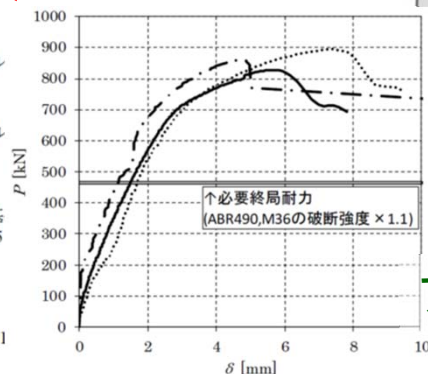
圧縮試験

せん断試験

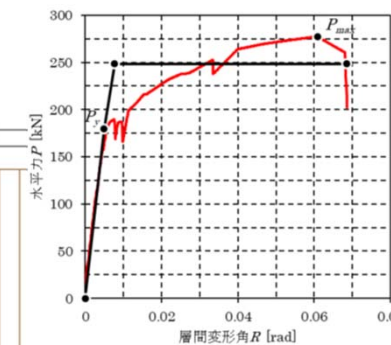
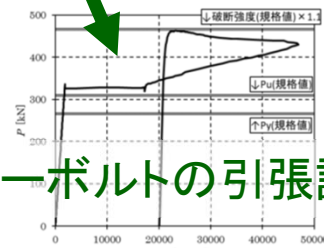


引張試験

せん断試験

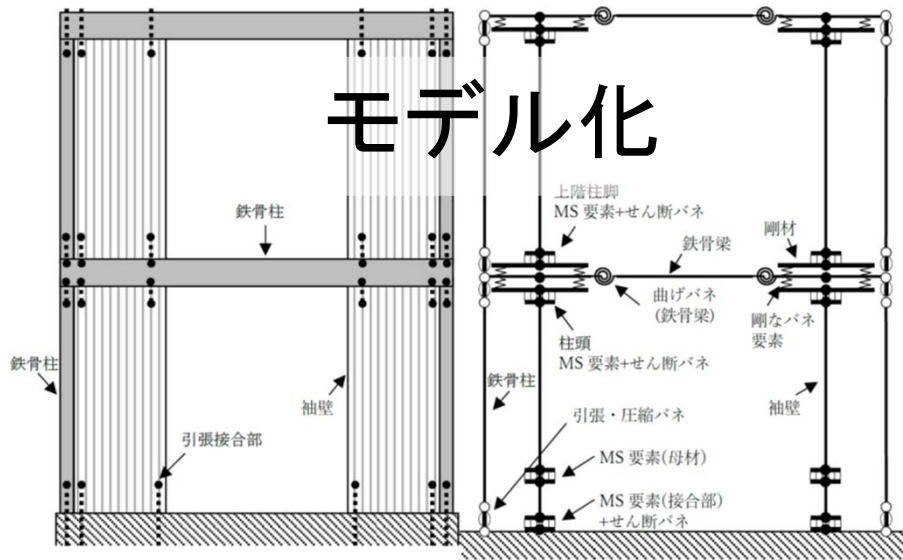


アンカーボルトの引張試験

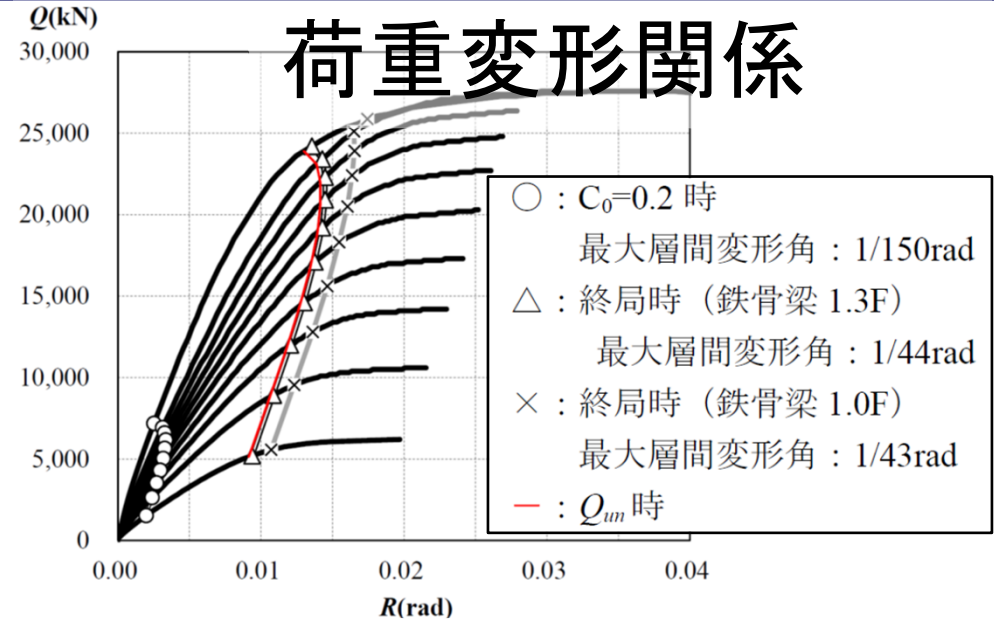


マスティンバー工法による10階建て復興住宅

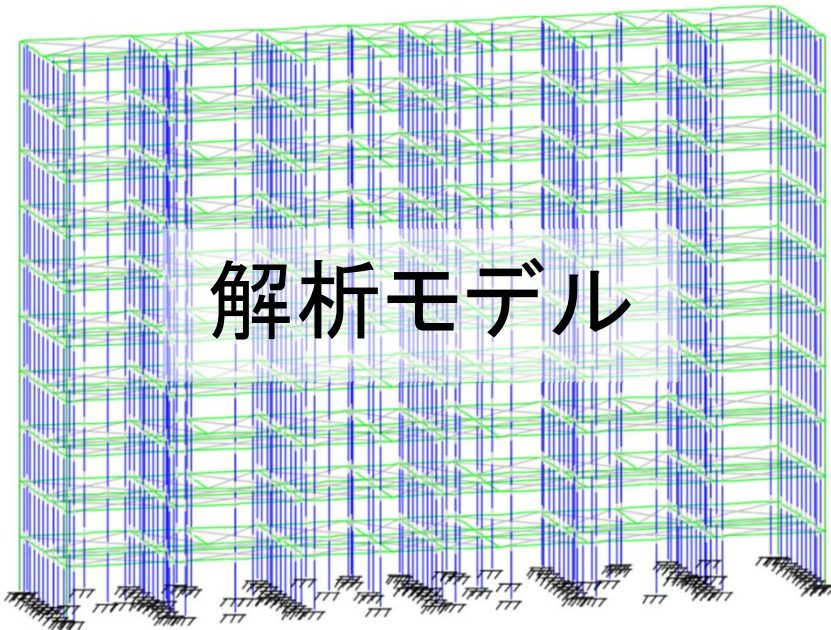
モデル化



荷重変形関係



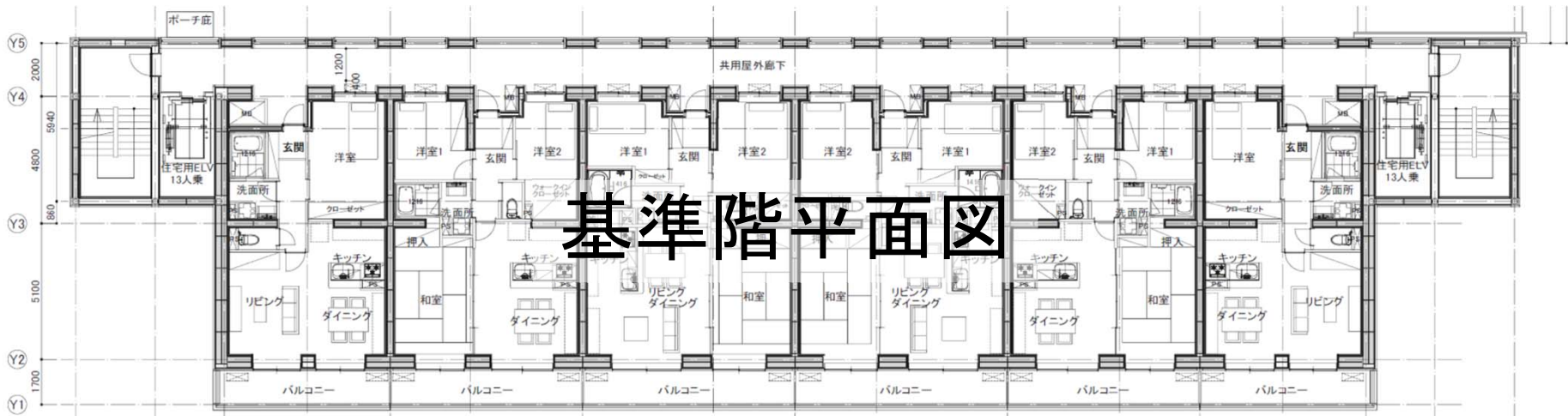
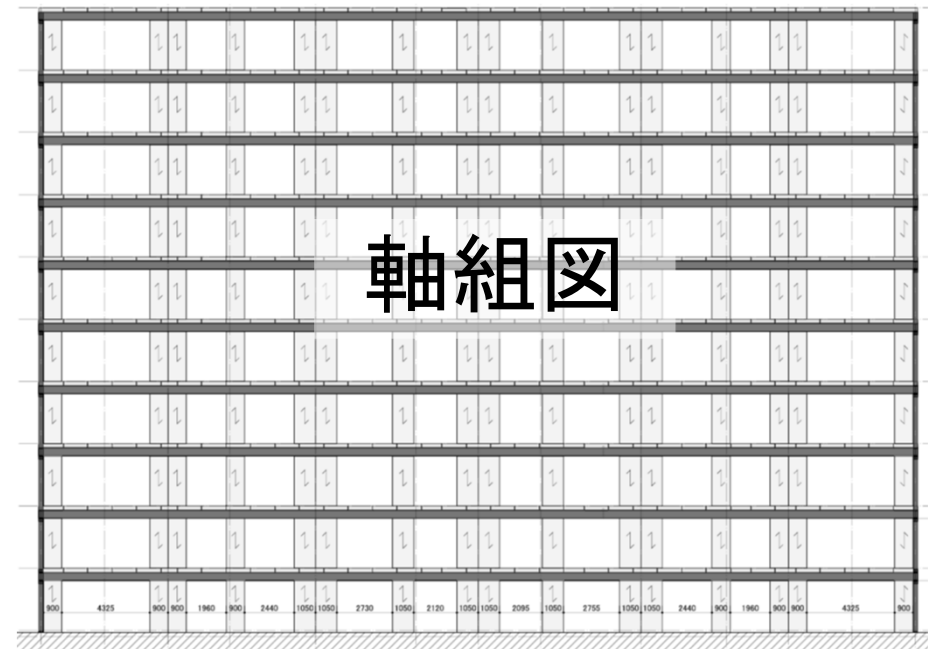
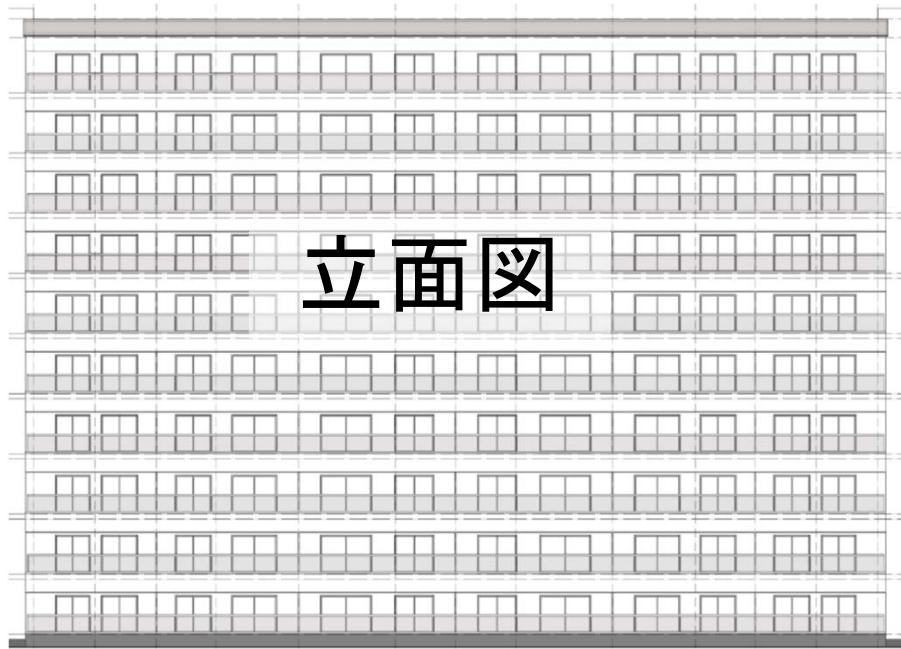
解析モデル



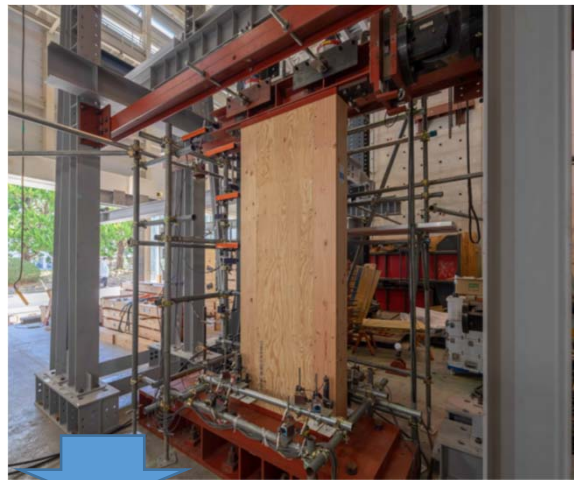
保有水平耐力の検定

層	長辺(X)方向			短辺(Y)方向		
	必要保有水平耐力 Qun (kN)	保有水平耐力 Qu (kN)	検定比 Qu/Qun	必要保有水平耐力 Qun (kN)	保有水平耐力 Qu (kN)	検定比 Qu/Qun
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	12,100	12,400	1.025	14,410	14,700	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

マスティンバー工法による10階建て復興住宅



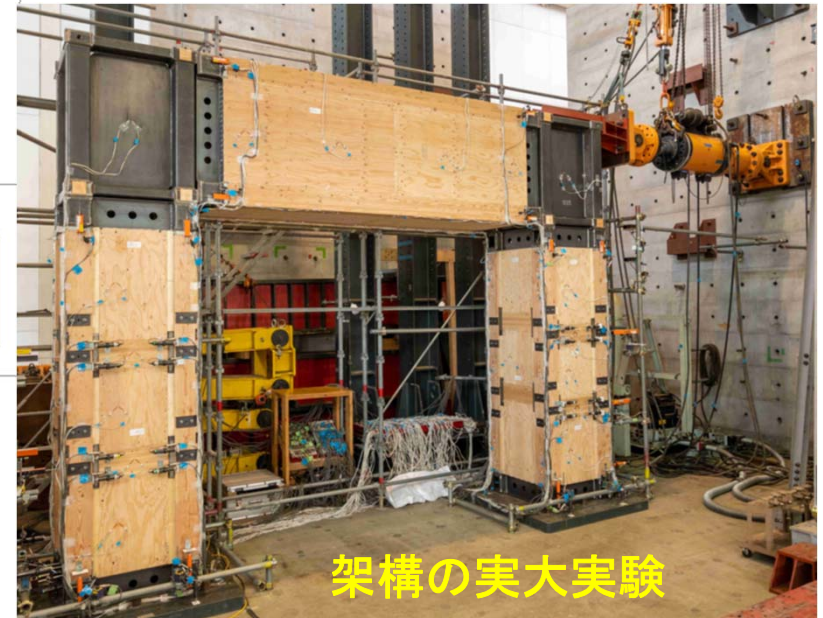
木質接着パネル・集成材複合構造の要素技術の開発



接着ロッドの本数と配置の
パラメトリックスタディ

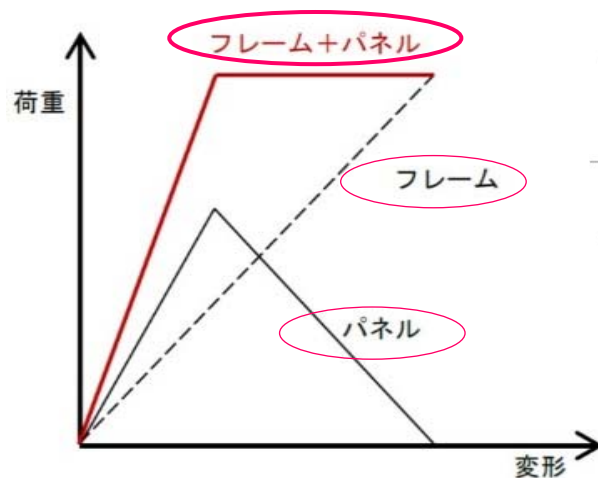
	m1	m2		m3
	M12	M12	M16	M12
n1	M12-m1r2-b109h215-F 	M12-m2r2-b109h215-F 	M16-m2r2-b109h215-F 	M12-m3r2-b109h215-F
n2		M12-m2r3-b120h205-F 	M16-m2r3-b145h190-F 	
n3		M12-m2r4-b145h190-F 	M16-m2r4-b180h180-F M16-m2r4-b180h180-PF 	
n4				
n5		M12-m2r5-b180h180-F M12-m2r5-b180h180-PF M12-m2r5-b180h180-BF 		

復興住宅の構造設計



架構の実大実験

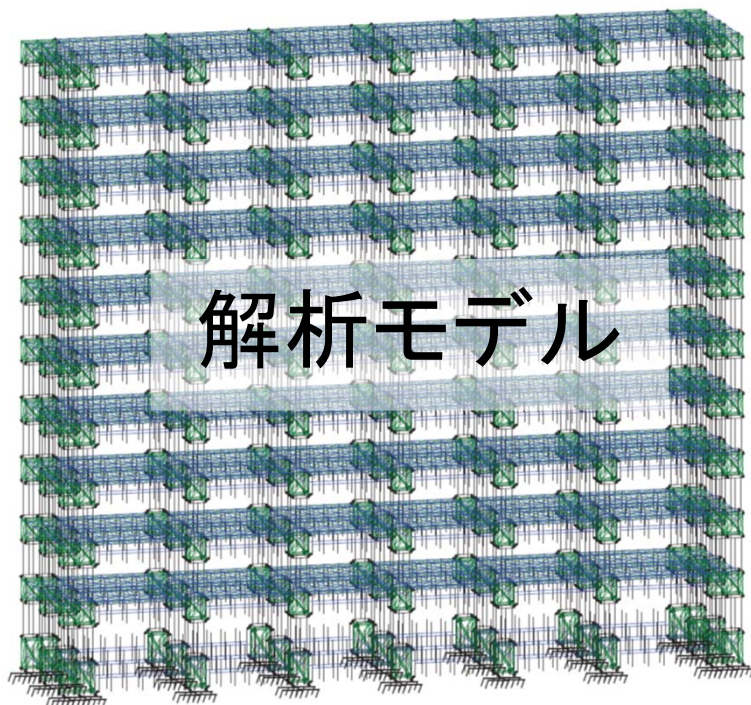
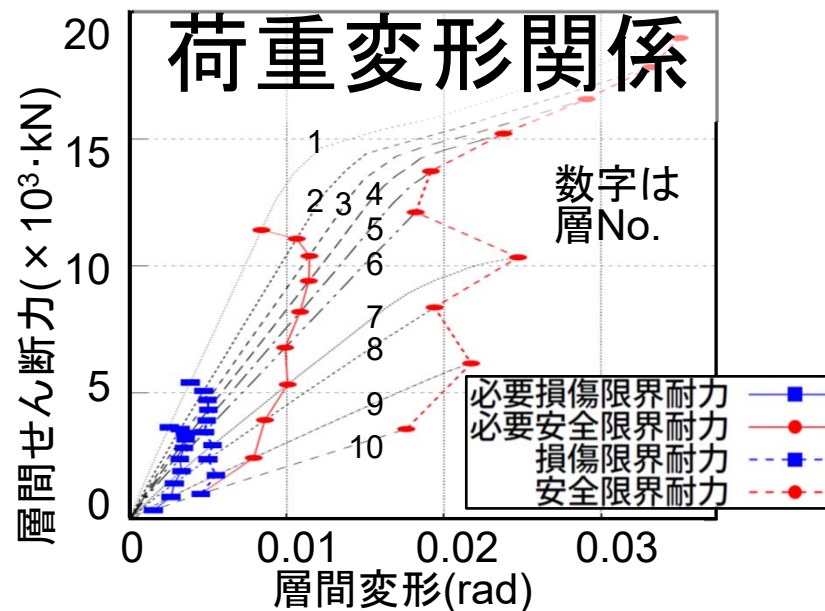
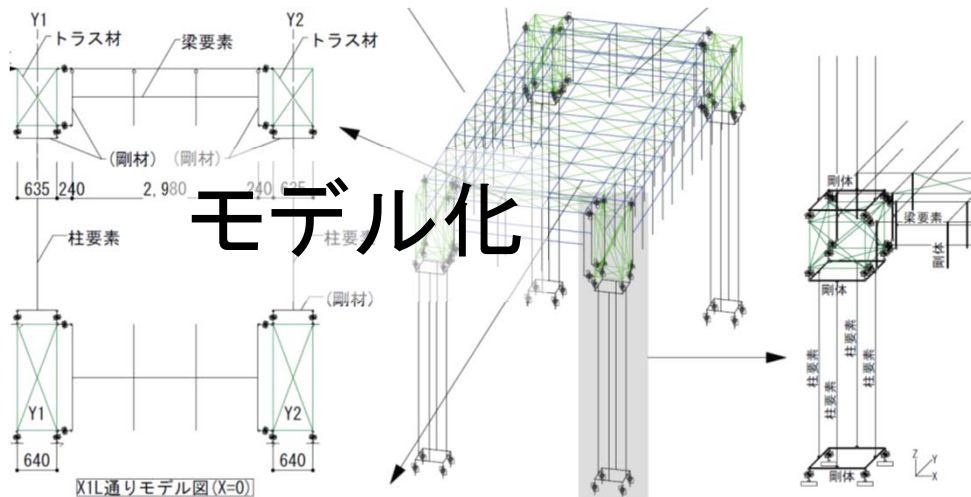
接着パネルと集成材の加算則確認



集成材・接着パネル併用構造の部材耐力設計式



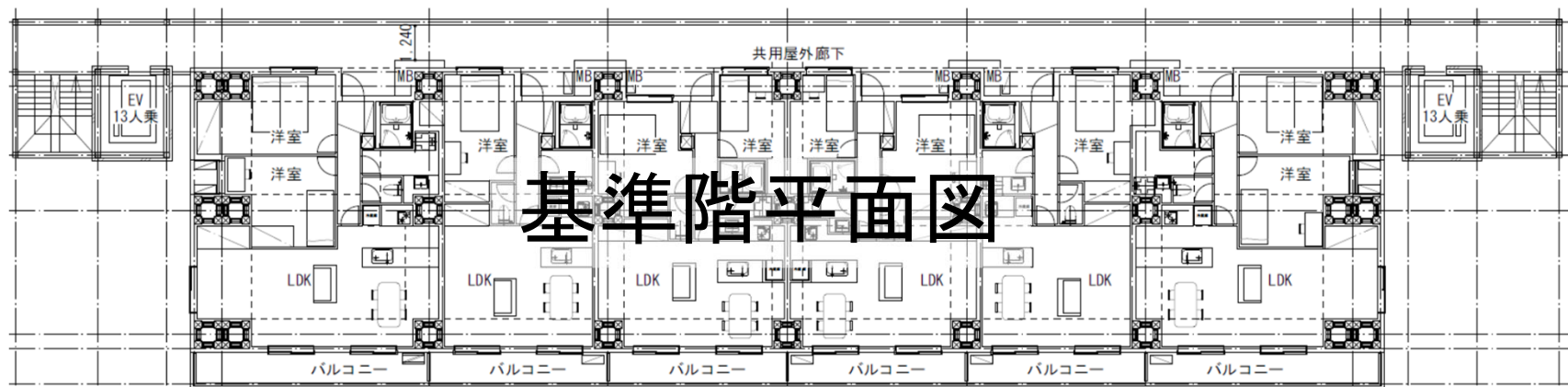
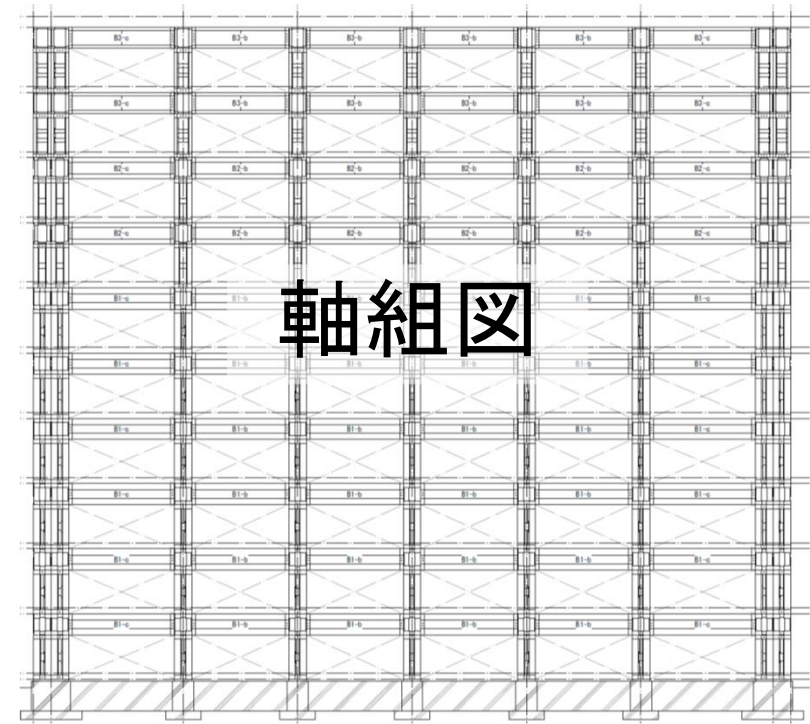
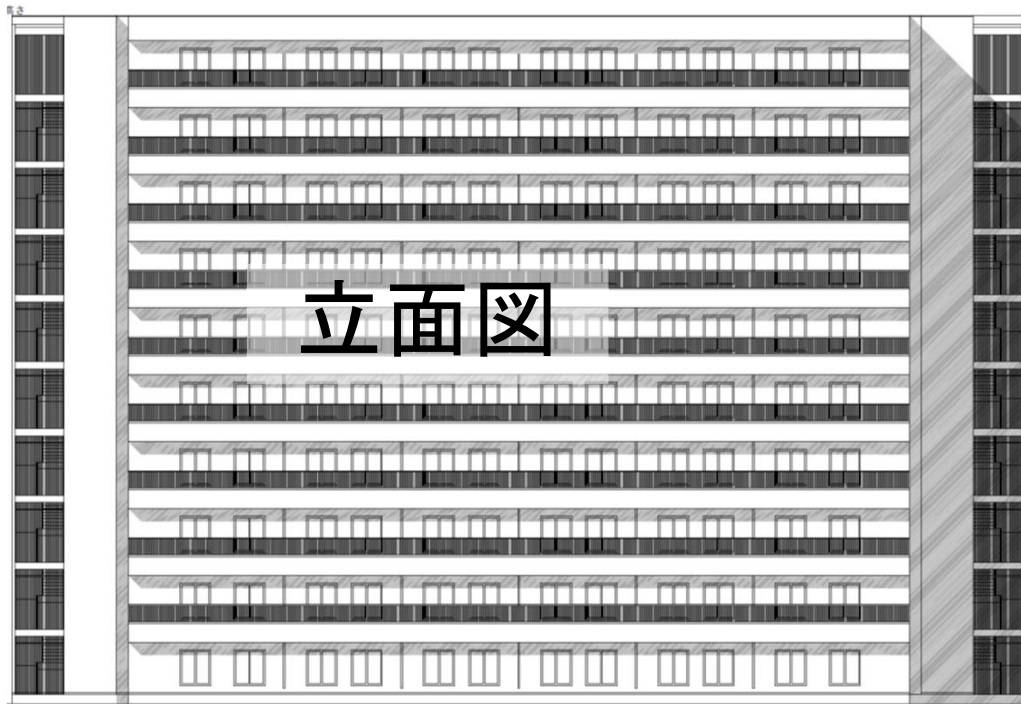
木質接着パネル・集成材複合構造10階建て復興住宅



層	長辺(X)方向			短辺(Y)方向		
	必要保有水平耐力 Qun (kN)	保有水平耐力 Qu (kN)	検定比 Qu/Qun	必要保有水平耐力 Qun (kN)	保有水平耐力 Qu (kN)	検定比 Qu/Qun
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	14,451	2.14
6	8,107	18,784	2.32	8,107	19,025	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

保有水平耐力の検定

木質接着パネル・集成材複合構造10階建て復興住宅



集成材等建築物の構造設計法

大断面マニュアル→改訂→集成材等建築物構造設計マニュアル



目次(案)

章 節	項
第1章	集成材等建築物の範囲
1.1	法令上の位置づけ
1.1.1	建築基準法施行令第46条第2項
1.1.2	適用可能な材料
1.1.3	構造性能の法令上の要求
1.2	集成材等建築物の沿革
1.2.1	海外における集成材の歴史
1.2.2	我が国における集成材の歴史
1.2.3	集成材等建築物の変遷
1.3	集成材等建築物の特徴
1.3.1	架構形式
1.3.2	本書で扱う架構形式と接合部
1.3.3	集成材構造の長所
1.4	構造計画
第2章	集成材等建築物に使用する材料の特性
2.1	構造用集成材
2.1.1	構造用集成材の種類と特徴
2.1.2	構造用集成材の日本農林規格
2.1.3	構造用集成材の強度特性値
2.2	構造用単板積層材
2.2.1	構造用単板積層材の種類と特徴
2.2.2	構造用単板積層材の日本農林規格
2.2.3	構造用単板積層材の強度特性値
2.3	構造用製材
2.3.1	構造用製材の種類と特徴
2.3.2	構造用製材の日本農林規格
2.3.3	構造用製材の強度特性値
2.3.4	構造用製材の含水率と構造方法
2.3.4	製材の乾燥と干割れ
2.4	木質接着成形軸材料
2.4.1	木質接着成形軸材料の種類と特徴
2.4.2	木質接着成形軸材料の基準
2.5	木質複合軸材料
2.5.1	木質複合軸材料の種類と特徴
2.5.2	木質複合軸材料の強度特性値
2.5	木質構造用面材
2.5.1	構造用合板
2.5.2	OSB,MDF等木質系構造用ボード
2.6	構造用面材として使用できる無機系ボード

章 節	項
第3章	半剛節ラーメン骨組の架構形式と接合部の設計
3.1	半剛節ラーメン骨組の構成と接合方法
3.1.1	半剛節ラーメン骨組の構造的特長
3.2	半剛節ラーメン骨組の構造計算モデル
3.3	引きボルト式モーメント抵抗接合部
3.3.1	本章の構成と用語の定義
3.3.2	柱脚接合部の設計
3.3.3	柱梁接合部の設計
3.4	グルードインロッド接合
3.4.1	グルードインロッド(GIR)接合とは
3.4.2	GIRの性状と配置
3.4.3	3GIR接合の耐力
3.4.4	柱梁接合部
3.5	ラグスクリーボルト接合
3.5.1	ラグスクリーボルト (LSB)接合とは
3.5.2	ラグスクリーボルト接合の設計上の注意点
3.5.3	ラグスクリーボルト単体の引抜性能
3.5.4	柱脚接合部の設計
3.5.5	柱-梁接合部の設計
3.6	鋼板挿入ドリフトピン式モーメント抵抗接合
3.6.1	本章の構成と用語の定義
3.6.2	基本事項
3.6.3	単位モーメント抵抗接合
3.6.4	柱脚接合部の設計
3.6.5	柱梁接合部の設計
3.7	合わせ梁式モーメント抵抗接合部
第4章	ブレース・方づえ・アーチ構造の架構形式と接合部の設計
4.1	面材耐力壁構造
4.1.1	面材耐力壁の種類と構造的特徴
4.1.2	面材耐力壁の面内せん断性能の評価
4.1.3	面材耐力壁構造の構造計算モデル
4.2	ブレース構造
4.2.1	ブレース構造の構造的特徴
4.2.2	ブレース端部の接合方法と設計法
4.2.3	ブレース構造の構造計算モデル
4.2.4	二次応力を避けるための構面幅
4.3	ボルト接合による方づえ構造
4.3.1	方づえ構造の種類と構造的特徴
4.3.2	方づえ構造の構造計算モデル
4.4	アーチ構造
4.4.1	アーチ構造の種類と構造的特徴
4.4.2	湾曲アーチ肩部の接合方法
4.4.3	アーチ構造の構造計算モデル

章 節	項
第5章	構造設計方法
5.1	構造計算ルート(基本)
5.1.1	建築物の規模と構造計算ルート
5.1.2	構造計算の項目と適用関係
5.1.3	仕様規定の適用関係と適用除外
5.1.4	方向別構造計算ルートの混用
5.2	荷重・外力
5.2.1	固定荷重
5.2.2	積載荷重
5.2.3	積雪荷重
5.2.4	風圧力
5.2.5	地震力
5.3	設計のクライテリア
5.3.1	損傷限界と許容耐力
5.3.2	安全限界と終局耐力
5.3.3	偏心率とFe割増し
5.3.4	塔状比と全体転倒
5.3.5	準耐火構造等の変形制限
5.3.6	長期荷重に対するクライテリア
5.4	各部の設計
5.4.1	水平構面の検定
5.4.2	基礎の設計と検定
5.4.3	接合部(主架構以外)の検定
5.4.4	部材の検定*(長期・短期)
5.5	ルート1の構造計算
5.5.1	一般事項
5.5.2	大地震動下での安全確保
5.6	ルート2の構造計算
5.6.1	一般事項
5.6.2	β割増
5.6.2	大地震動下での安全確保
5.7	ルート3の構造計算
5.7.1	一般事項
5.7.2	必要保有水平耐力
5.7.3	木造建築物の保有水平耐力
5.7.4	構造特性係数 Dsの設定方法
5.8	燃えしろ計算
5.8.1	法令の規定と要求性能
5.8.2	燃えしろ計算
5.8.3	接合部の防火措置
第6章	混構造の構造計算
6.1	構造計算ルート
6.2	鉄筋コンクリート造の設計
6.3	鉄骨造の設計
6.4	木造部分の設計
6.4.1	RC造部分の重量に関する特例
6.4.2	ルート1の構造計算と水平構面の検定
第7章	試験法・評価法
7.1	接合部の試験方法と性能評価法
7.2	架構の水平せん断試験方法と性能評価法
7.3	単位架構の塑性率と層のDs



まとめ(__ は今後の課題)

- **マスティンバー工法**及び**木質接着パネル・集成材複合部材**による**構法**において10階建て復興住宅の構造設計例がR2に完成。耐火性、耐久性、床遮音性等の検討を経て実施設計例が今年度中に完成予定→公表方法未定
- **ブレース構造**、及び8階建て**集成材面材構造**(枠組壁工法をアレンジ)の構造一次設計例作成予定。構造要素の配置の効率化、各部の保証設計、大地震時の検討等を経て構造設計例がR4年度末に完成→R5年度実施設計例を公表予定

