

3階建てRC造試設計建物の木質架構への適用による構造性能評価

正会員 ○青木 和巳*1
同 鈴木 裕介*2
同 前田 匡樹*3

木質ラーメン モーメント抵抗接合 中大規模木造

1. はじめに

2010年に公共建築物等木材利用促進法が施行され、学校等の公共建築物においては木造化を図ることが推進され、中大規模木造建築物が普及しつつある。その際、水平力を耐力壁や筋交いに負担させない木質ラーメン架構を用いることで、大開口、大空間を実現することができる。日本においては、今後より大規模の木造建築物が建てられることが期待されている一方で、中大規模木造建築物の事例や研究は少ない。そこで本研究では、同等の建物規模および部材断面に設定した木質ラーメン架構と鉄筋コンクリート構造（以下、RC造）ラーメン架構の構造特性の比較を通し、中大規模木造建築物の構造性能評価を行った。

2. 対象建物の概要

木質ラーメン架構の構造性能評価にあたり、日本建築学会のRC規準¹⁾の試設計建物であるRC造建物と、それと同一の階高、スパン、部材断面寸法とした木質ラーメン架構のモデルを作成し、両者の比較を通して検討した。木質ラーメン架構では、接合部を完全な剛接合とすることが現状では技術的に難しいため²⁾、剛接合木質ラーメン架構（以下、剛接合W造）および接合部に非線形バネを用いた半剛接合木質ラーメン架構（以下、半剛接合W造）の2つのモデルについて許容応力度および保有水平耐力の検討を行った。対象建物の伏図・軸組図を図-1に、各諸元を表-1に、各建物の構成要素の仕様とその固定荷重を表-2に示す。半剛接合W造の接合部（図-2）の回転バネの復元力特性は文献²⁾より算出し、バイリニア型とした。なお、検討は桁行方向のみとする。

3. 検討結果

3.1 建物重量の比較

W造の仕上材料は一般的な木質構造の事務所を想定し、設定した。また、木材は鉄筋やコンクリートに比べ比重が1/5~1/10程度しかないため、表-1および表-2のようにW造の固定荷重はRC造に比べ大幅に小さくなる。積載荷重はW造とRC造とで変わらないため、建物の総重量としては約1/2となり、建物に作用する地震力は約1/2となる。

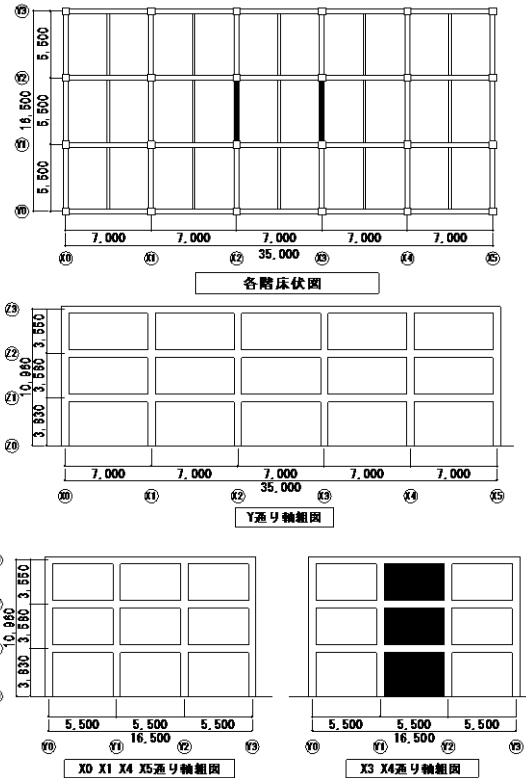


図-1 対象建物の伏図および軸組図

表-1 対象建物の諸元

各モデル	階数	総重量 (kN)	延床面積 (m ²)	材料	接合部
① RC造	3	16050	1732.5	コンクリート (FC21)	鉄筋 (SD345)
② W造 剛接合W造		7110		スギ集成材 (E75-F270)	剛接合
③ W造 半剛接合W造					鋼板挿入ドリフトピン

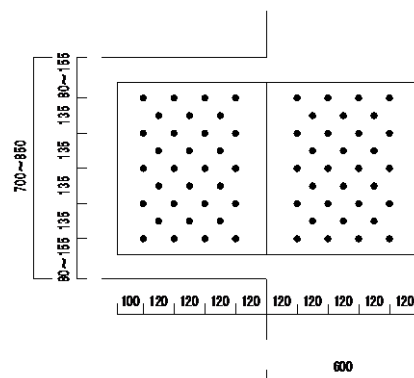


図-2 接合部の寸法 (単位: mm)

3.2 RC 造架構と W 造架構の構造性能の比較

(1) 許容応力度の検討

各建物の構造性能の比較を表-3 に、半剛接合 W 造の長期荷重時・短期荷重時における応力検定およびたわみの検定結果を表-4 に、荷重-変形関係を図-3 に示す。部材の許容応力は式(1)により算出し、接合部の許容応力はドリフトピンが最初に降伏する時の応力とした。

$$M = f_b \cdot Z_e \cdot C_f \cdot K_d \quad \text{式(1)}$$

f_b : 許容曲げ応力度 C_f : 寸法調整係数
 Z_e : 有効断面係数 K_d : 荷重継続期間影響係数

表-4 より、半剛接合 W 造の柱梁部材の許容耐力は長期・短期ともに 3~12 倍程度の十分な余裕度を有しており、接合部においても最大応力を満足する結果となった。長期荷重に対する梁中央の弾性たわみについても規定値であるスパンの 1/300 以下に収まっている。表-3 より、短期荷重時の層間変形角は、RC 造の約 3 倍と大きくなるが、変形角は 1/250 程度には収まっている。

(2) 保有水平耐力の検討

表-3 より、半剛接合 W 造は保有水平耐力も必要保有水平耐力を大きく上回っており、十分な耐力を有している。しかし、図-4 に示す 1 階層せん断力係数-変形関係より、半剛接合 W 造の層間変形角は RC 造や剛接合 W 造の約 3 倍と大きく、変形の規定値により部材断面寸法が決まることが考えられる。一方で、1 階層せん断力係数は RC 造の約 2 倍の 0.7 程度とかなり大きく保有水平耐力は十分に高い。次に、表-3 に示す建築基準法による設計用地震動と同等レベルを想定した基準地震動と応答が各限界状態に達する時の地震動レベルである限界地震動の比である保有耐震性能指標 α (式(2))³⁾を比較する。

$$\text{保有耐震性能指標 } \alpha = \text{限界地震動} / \text{基準地震動} \quad \text{式(2)}$$

保有耐震性能指標 α で比較すると、1 階層せん断力係数ほどの差はみられない。

4. まとめ

本検討の結果、今回の対象建物においては以下に示す知見が得られた。

- 1) W 造は RC 造に比べ重量が約 1/2 となるため、建物に作用する慣性力が約 1/2 となる。
- 2) 許容応力度の検討において、半剛接合 W 造の許容耐力は長期・短期ともに満足するものの、接合部に作用する応力に対する余裕度がかなり小さい。
- 3) 保有水平耐力の検討において、半剛接合 W 造の 1 階層せん断力係数は RC 造の約 2 倍程度あるが、減衰が RC 造に比べ小さく、保有耐震性能指標 α については 1 階層せん断力係数ほどの差はみられない。

表-2 対象建物の構成要素の仕様および固定荷重

	RC造		W造		
	仕上げ	単位荷重 (N/m ² orN/m)	仕上げ	厚さ t(mm)	単位荷重 (N/m ² orN/m)
屋根	押さえモルタル	4500	防水シート	-	150
	アスファルト防水層		均しモルタル	30	600
	均しモルタル		屋根下地	75	240
	床スラブ		グラスウール	100×2	100
	天井(吸音テックス・下地・吊木とも)		天井下地	85	460
			床スラブ	-	200
2、3階床	アスファルトタイル	4000	タイルカーペット	5	60
	モルタル		床スラブ	-	200
	床スラブ		ALCパネル	50	325
	天井(吸音テックス・下地・吊木とも)		床下地	70	600
			グラスウール	100	50
天井下地		85	460		
外壁	サッシ	600	窯業系サイディング	15	178
			ALCパネル	35	228
	鉄骨下地 石綿パライドボード		胴縁	20	30
			構造用合板	12	72
			断熱材	100	20
内壁	壁W20	5600	強化石膏ボード	21×2	400
	モルタル塗り		軸組	150	200
			強化石膏ボード	21×2	400

表-3 各建物の性能比較

	層	階高 (mm)	ΣW_i (kN)	許容応力度設計時 (C ₀ =0.2)		保有水平耐力設計時 (C ₀ =1.0)(D _s =0.3)		保有耐震性能指標 α	
				層せん断力(kN)	層間変形角(rad)	必要保有水平耐力(kN)	保有水平耐力(kN)	使用限界時	安全限界時
RC造	3	3550	5250	1446	1/1066	2169	2880	0.23	1.13
	2	3580	10500	2424	1/708	3636	5080		
	1	3850	16050	3210	1/750	4815	6390		
半剛接合 W造	3	3550	2320	683	1/324	1025	2510	0.28	1.54
	2	3580	4690	1116	1/231	1674	4090		
	1	3850	7110	1422	1/226	2133	5210		

表-4 半剛接合 W 造の応力およびたわみの検定結果

		最大応力		許容応力		判定		余裕度		最大たわみ/スパン
		M(kN・m)	Q(kN)	M(kN・m)	Q(kN)	M	Q	M	Q	
長期	梁	74	41	365	286	OK	OK	4.9	7.0	1/792
	柱	53	25	242	302	OK	OK	4.6	12.1	-
短期	梁	158	78	564	520	OK	OK	3.6	6.7	-
	柱	140	64	391	551	OK	OK	2.8	8.6	-
	接合部	158	-	191	-	OK	-	1.2	-	-

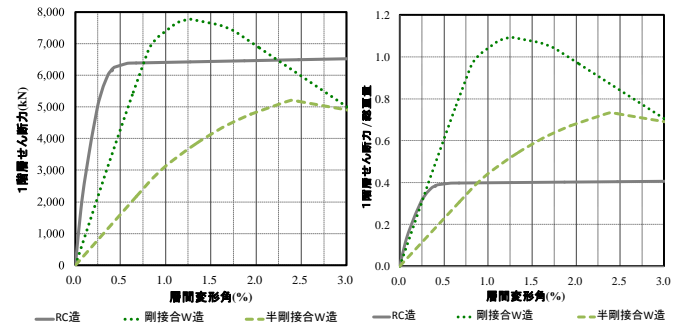


図-3 (左図) 1 層における荷重-変形関係

図-4 (右図) 1 階層せん断力係数-変形関係

参考文献

- 1) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 1991
- 2) 日本建築学会: 木質構造接合部設計マニュアル 2009
- 3) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針(案)・同解説 2004

*1 東北大学大学院工学研究科 博士前期課程
 *2 東北大学災害科学国際研究所 助教・博士 (工学)
 *3 東北大学大学院工学研究科 教授・博士 (工学)

*1 Graduate Student, Graduate School of Eng., Tohoku Univ.
 *2 Assistant Professor, IRIDeS, Tohoku Univ., Dr. Eng.
 *3 Professor, Graduate School of Eng., Tohoku Univ., Dr. Eng.