

中空円筒材料を集積した耐力壁に関する実験的研究
 -円筒部材と軸組間の接合が耐力壁の性能に及ぼす影響-

Experimental Study on Load-Bearing Wall Made Up of Hollow Cylindrical Members

- Effect of Connections Between Cylindrical Members and Framework on Performance of Bearing Walls-

○木内裕也³, 宮里直也¹, 岡田章², 鴛海昂¹

*Yuya Kiuchi³, Naoya Miyasato¹, Akira Okada², Akira Oshiumi¹

Abstract: The authors propose load-bearing walls made of an assembled members with hollow cylindrical components as an earthquake-resistant element in a wooden house that is both aesthetically pleasing and suitable for the interior environment. The design concept of these bearing walls is that the stiffness and bearing capacity can be adjusted by changing the dimensions of the cylindrical members and that the cylindrical members can be easily replaced when damaged. This study conducted full-scale experiments replacing screws with coach screws from the previous study^[2] to analyze the effect of cylinder-to-frame connections on load-bearing wall performance.

1. はじめに

近年、建物の耐震化に対する社会的関心やニーズの高まりに伴い、美観性・機能性を両立した耐震改修技術の開発が待たれている。筆者らは、木造住宅における耐震要素として、中空円筒材料(以下「円筒」)を集積させた耐力壁の提案・開発を進めている^[4]。本耐力壁の特徴として、円筒の構成や寸法を変更することで剛性や耐力を調整できること、円筒が損傷した際に容易に取り替え可能であること等が挙げられる。

筆者らはこれまで、数値解析による検討^[1]や実規模試験体による面内せん断載荷試験^[2]より、円筒の充填方法や板厚の違いが構造特性に及ぼす影響等を報告し、本耐力壁の有効性を示している。一方で、既報^[2]の面内せん断載荷試験では、円筒と軸組を接合するビスの破断によって、耐力や壁倍率が決定する性状が得られている。したがって、ビスの耐力向上により耐力壁全体の性能向上が期待できる。

以上より本報では、既報^[2]における円筒と軸組を接合

するビスを変更した実規模試験体を用いた面内せん断試験を行い、耐力壁の性能に与える影響を分析する。

2. 試験方法および試験体仕様

試験体概要をFig.1, 接合部詳細をFig.2, 試験装置概要と測定箇所をFig.3に示す。試験体寸法や試験方法はタイロッド式の面内せん断試験^[3]に準拠し、検討パラメータは既報^[2]と同様に円筒の充填方法とし、円筒をマス目状に整理させた[Model-A]、円筒を最密充填し柱と接する部分に半円筒を配置した[Model-B]と半円筒を配置していない[Model-C]の3モデルを設定した。

軸組は幅910mm×高さ2763mmとし、柱および土台は105mm角のスギ材(E90, 特一等)、梁は105mm×180mmのベイマツ材(特一等)とした。なお、円筒と軸組間に間隙が生じる場合は、スペーサーとして合板を挿入した。円筒はアルミパイプ(A6063)を使用し、寸法は外径200mm、板厚5mm、幅(奥行方向の長さ)50mmとした。円筒同士はM12ボルト1本を使用して接合した。また、円筒と軸組間の接合は既報^[2]のΦ3.8mm(L=51mm)のビスからM9(L=75mm)コー

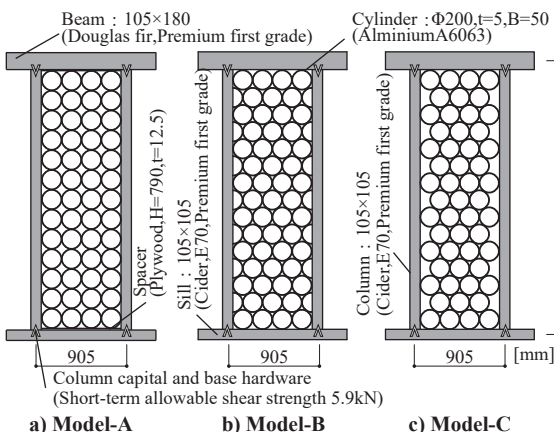


Figure 1 Outline of Test Models

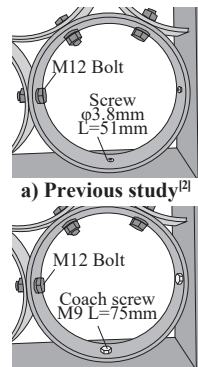


Figure 2 Joint Detail

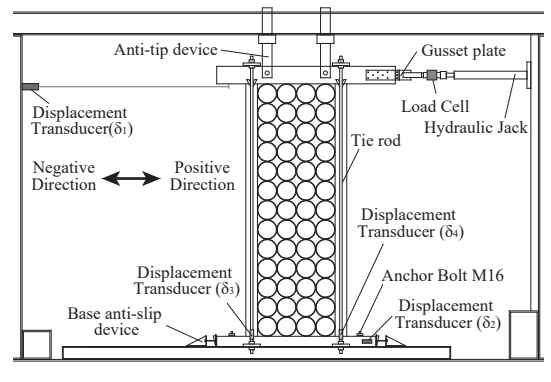


Figure 3 Overview of the Test Setup

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大名誉教授 3 : 日大理工・院(前)・建築

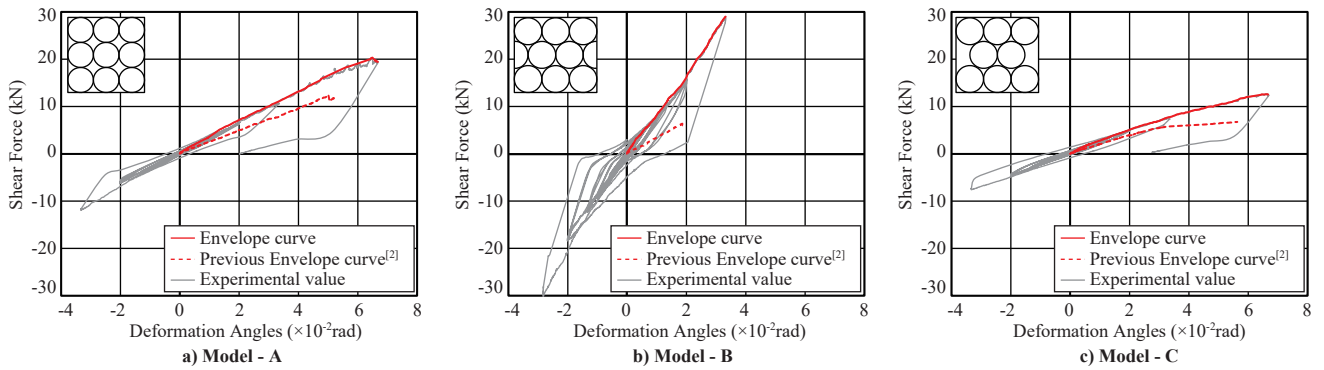


Figure 4 Relationship Between Shear Force and Deformation Angles

Table 1 Wall Magnification Calculated from Experimental Results

	K(kN/rad)	P_y (kN)	$0.2P_u/D_s$ (kN)	$2/3P_{max}$ (kN)	$P_{1/150}$ (kN)	γ_y (rad)	γ_v (rad)	γ_u (rad)	μ	D_s	P_o (kN)	W
Model-A	348.4	8.50	4.53	13.55	2.53	0.0244	0.0519	0.0667	1.29	0.80	2.53	1.43
Previous Model-A ^[2]	252.1	5.00	2.70	8.29	1.80	0.0192	0.0436	0.0522	1.20	0.85	1.80	1.01
Model-B	842.0	-*	5.40	19.33	5.56	-*	0.0245	0.0332	1.35	0.77	5.40	3.04
Previous Model-B ^[2]	342.6	4.71	1.36	4.37	2.14	0.0137	0.0190	0.0197	1.04	0.97	1.36	0.76
Model-C	247.3	6.87	3.10	8.40	2.04	0.0278	0.0441	0.0667	1.51	0.70	2.04	1.15
Previous Model-C ^[2]	193.1	5.07	1.96	4.50	1.38	0.0263	0.0321	0.0563	1.75	0.63	1.38	0.78

K : Initial stiffness
 P_y : Yield shear strength
 P_u : Ultimate shear strength

P_{max} : Maximum strength
 P_{150rad} : Strength at interlaminar deformation angle $\gamma=150$ rad

*The value could not be calculated because the envelope curve is convex downward
 γ_y : Yield Deformation angle
 γ_v : Yield Deformation angle in the perfectly plastic model
 γ_u : Ultimate Deformation angle
 μ : Plastic deformation ratio
 D_s : Structural property coefficient
 P_o : Short-term allowable shear strength
W : Wall magnification

チスクリューに変更した。このコーチスクリューの寸法は、既報^[1]の数値解析手法を基に行った事前検討より、円筒と軸組間の接合部のせん断力を算出し、接合部の降伏耐力がそのせん断力を上回るように設定した。

载荷は、正負交番载荷とし、真のせん断変形角 θ [($\delta_1 - \delta_2$)/2763 - ($\delta_3 - \delta_4$)/905] (Fig. 3参照)=1/600, 1/450, 1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50radのサイクルを3回行い、その後 $\theta=1/30$ radを1サイクル行った後、正方向に最大 $\theta=1/15$ radまで単調载荷を行った。

3. 試験結果および考察

実験より得られた荷重-真の変形角関係をFig. 4, 壁倍率等の算定結果をTable 1に示す。Fig. 4には既報^[2]で得られた包絡線も併記している。なお、今回のModel-Bは試験治具の都合上、1/30radのサイクルで試験を終了した。

本報の実験では、全てのモデルにおいて、円筒と軸組間のコーチスクリューの破断や変形はほとんど確認されなかった。また、Fig. 4より、全てのモデルで概ね弾性的な挙動を示していることから、接合部や円筒における塑性変形は生じなかったと考えられる。本報と既報^[2]の結果を比較すると、同一変形角時の剛性が向上している。これは、円筒と軸組間の接合部の剛性が向上したことでその部分の変形量が減少し、同一変形角に至るまでに必要な水平力が増加したことが原因と考えられる。

Table 1より、初期剛性を本報と既報^[2]と比較すると、Model-Aでは1.38倍、Model-Bでは2.46倍、Model-Cでは1.28倍となった。また、本報の実験における壁倍率に着目すると、Model-Aは1.43倍、Model-Bは3.04倍、Model-Cは1.15

倍であり、既報^[2]の実験に対する壁倍率の増加率は、それぞれ1.42倍、4.00倍、1.47倍であった。したがって、初期剛性Kが大きい充填方法 (Model-B>Model-A>Model-C) ほど、円筒と軸組間の接合部の剛性が耐力壁の性能に与える影響が大きいことを把握した。これは、初期剛性が大きい充填方法ほど、耐力壁全体の変形に占める円筒と軸組間の接合部の変形の割合が大きく、接合部の剛性向上により円筒と軸組間の接合部の変形が減少することに対する影響度が大きいことが原因として考えられる。

4. まとめ

本報では、円筒と軸組の接合部をコーチスクリューに変更した実大実験を行い、接合部の剛性および耐力が耐力壁の性能に及ぼす影響を把握した。

【参考文献】

[1] 木内裕也他:「中空円筒材料を集積して構成した耐力壁に関する数値解析的研究」, 令和6年度日本大学理工学部学術講演会, 2024. 12
[2] 木内裕也他:「中空円筒材料を集積して構成した耐力壁に関する基礎的研究-(その1) 面内せん断载荷試験による構造特性の把握」, 日本建築学会学術講演梗概集(九州), 構造-III, pp. 987-988, 2025. 9
[3] 日本住宅・木材技術センター:「木造の耐力壁及びその倍率性能評価業務方法書」, 2013. 4
[4] 熊谷友花他:「ユニット組み立て式孔あき耐力壁の構造特性に関する基礎的研究-円形ユニットと六角形ユニットの構造挙動の比較」 日本建築学会関東支部研究報告集, 第91巻, pp. 241-244, 2021. 3