

B-50

木造面格子壁の異方性を考慮した数値解析モデルの精密化に関する研究
 -相欠き仕口の復元力特性及びめり込み特性の考慮-

Study on Refinement of Numerical Analysis Model Considering Anisotropic of Wooden Grid Wall
 -Consideration of Restoring Force Characteristics and Denting Characteristics of Half-lap Joint-

○湯川大夢³, 岡田章¹, 宮里直也¹, 廣石秀造²

*Daimu Yukawa³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Shuzo Hiroishi²

Abstract: Wooden Grid Wall assembled wood in grid shape resist external force by making a dent in grid intersections and show high deformability and toughness. Also, since performance can be freely determined by changing the number of grids, it can be expected as an earthquake resistant element. Here, in order to widely use the grid wall, it is necessary to make an appropriate modeling taking into account the restoring force characteristics due to denting in Half-lap Joint. However, in past modeling using huge experimental data, it lacks versatility. In this paper, the authors will consider a three dimensional elastic analysis model of the grid wall which can be evaluated only by material characteristics.

1. はじめに

社寺等に用いられる伝統構法は一般に仕口が木組みのみで構成されており、変形性能が高く、粘り強い性状を有している (Fig. 1)。中でも、相欠き加工した木材を格子状に組み上げた「面格子壁」は、木造住宅の耐震壁や社寺・文化財等の耐震補強として数多く使用されている。面格子壁は格子交点部がめり込むことで外力に抵抗し、高い変形性能と非常に粘り強い性状を示すこと、面格子壁の剛性と耐力は相欠き仕口の数により変化することが既往の研究^[1]で報告されている。これらの特徴から、面格子壁は格子数を変更することで自由に性能を決定できるため、伝統構法の耐震要素として利用が期待できる。

ここで面格子壁を耐震要素として広く使用するためには、相欠き接合部のめり込みに起因する復元力を考慮した適切なモデル化が必要である。既往の研究^[1]では、相欠き仕口を対象とした載荷実験より得られた包絡線から格子の回転剛性を振りバネ要素に置換し、線材で面格子壁のモデル化が行われている (Fig. 2)。しかし、実験データに基づくモデル化は形状や材種ごとに多くの実験を必要とするため、汎用性のある数値解析手法の構築が期待される。以上を踏まえ、本論では伝統構法を用いた耐震設計に寄与することを目的として、材料特性のみで評価が可能な木造面格子壁の3次元弾塑性解析モデルについて検討、考察する。

2. 数値解析的検討

2-1. 数値解析概要

面格子壁のモデル化に先立ち、十字型相欠き仕口単体の数値解析を行った。数値解析概要を Fig. 3 に示す。解析モデルは3D-solid要素を用いて3種類 (繊維、接線, 半径方向) の弾性係数^[2]及び初期降伏後の1次勾配に対する2次勾配の比率^[3]を設定することで、木材

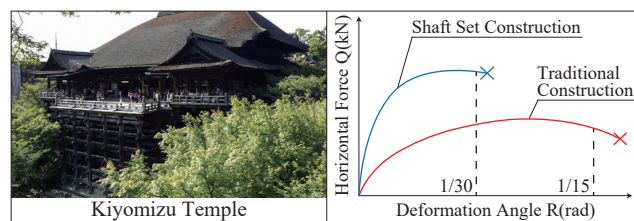


Fig.1 Example of Traditional Construction and Structural Characteristics

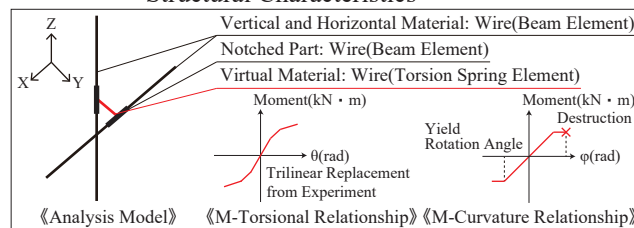


Fig.2 Previous Analysis Model^[1]

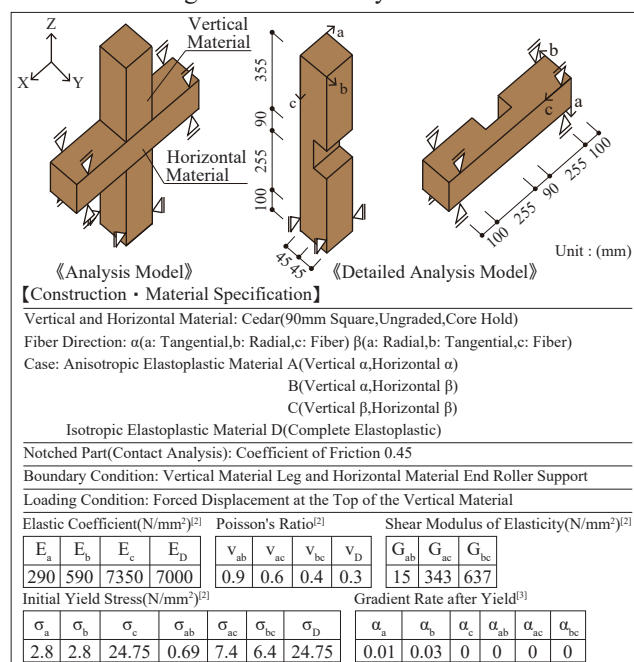


Fig.3 Outline of Numerical Analysis

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大短大・教員・建築 3 : 日大理工・院 (前) ・建築

の直交異方性を材料非線形として考慮した。また、繊維方向の組み合わせによる影響を把握するため、縦・横材の繊維方向の組み合わせが異なるA, B, C(異方性材料)及び比較のための等方性材料Dの4ケースを設定した。支持条件は各点をローラー支持とすることで既往の実験を模擬した。仕口の接触面には接触解析の設定を行うことで変形に伴うめり込み性状及び部材間の摩擦を考慮した。材料はスギ材(90mm角)を想定し、仕口部の切り欠き深さ45mmとした。なお、解析方法は幾何学的非線形を考慮した変位増分解析とした。

2-2. 数値解析結果及び考察

本論で提案するモデルの妥当性を検証するため、既往の静的載荷実験結果^[1]及び面格子壁の性能評価に用いられるめり込み理論式(Fig. 4)^[4]と比較を行う。

2-2-1. 異方性考慮, 弾性係数変動による影響の検討

接線及び半径方向の剛性を入れ替えた場合の仕口部におけるモーメント-変形角関係をFig. 5に示す。弾性係数の変動により降伏点に若干の相違があるが、全体的に大きな差は確認されなかった。以上より、年輪の接線または半径の使用方向については設計上無視できると考えられる。

2-2-2. 妥当性の検証

縦材頂部に強制変位を与えた場合の仕口部におけるモーメント-変形角関係をFig. 6に示す。解析値Aと実験値の初期剛性は概ね一致している。一方、仕口部に生じるモーメントは解析値Aと実験値で概ね近い値を示しているが、解析値Dでは大きく上回ったことから、異方性を考慮する必要性が示唆された。また、解析値Aと理論値を比較すると、初期剛性は概ね近い値を示しているものの降伏後の挙動に差を生じている。要因として理論値が安全側の評価となっていることが考えられる。

2-2-3. 復元力特性に関する評価

接合部の回転角 $\theta = 1/120, 1/60, 1/30, 1/15, 1/10$ radの変形角制御で各変形角につき3回の正負交番とし、縦材頂部に強制変位を与えた。仕口部におけるモーメント-変形角関係をFig. 7に示す。実験値と比較して、解析値の最大モーメントは約1.6倍大きくなる傾向が把握された。特に層間変形角の増加に伴い差が顕著に表れているが、これは木材の弾性係数のばらつきや仕口部の隙間の影響が要因として挙げられる。

等価線形化法の概要をFig. 8に、算定結果をTable1に示す。実験値と比べ解析値の K_{eq} は約1.7倍大きくなる傾向が把握された。また、それに伴い ΔW も解析値が大きくなった。これは前述した実験値より解析値の最大モーメントが大きくなる結果と同様の要因と考えられる。

2-2-4. めり込み特性に関する評価

仕口部のめり込み量-変形角関係及び最大変形時の変形図をFig. 9に示す。解析値と実験値の変形に伴うめり込み量は概ね一致している。また、変形図も木材

$$\text{Rotational Stiffness } k_r = \frac{7}{8} b^3 h E$$

$$\text{Yield Moment } \Delta M_y = \frac{21 b^3 h F_{cv}}{55 \sqrt{1 + \frac{8b}{3nh}}}$$

$$\text{Yield Rotation Angle } \theta_y = \frac{\Delta M_y}{k_r}$$

b: Aspect Width of Grid
h: Depth Width of Grid
 F_{cv} : Grid Denting in Base Strength
n: Substitution Coefficient of

Fig.4 Denting Theory Equation

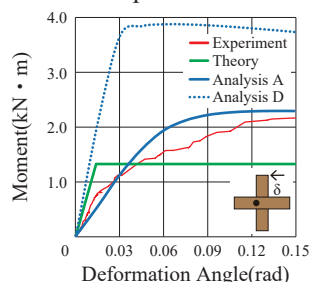


Fig.6 Validity Verification

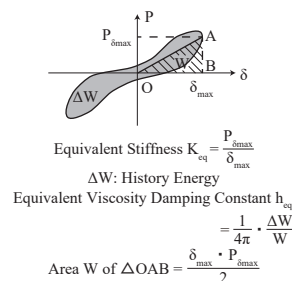


Fig.8 Equivalent Linearization Method

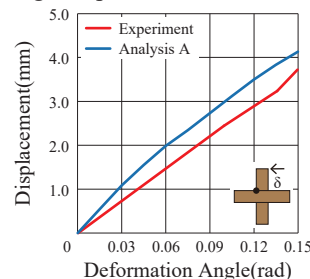


Fig.9 Denting Amount-Deformation Angle Relations

の変形性状を良好に模擬していることが確認できる。

3. まとめ

本論では、相欠き仕口の3次元弾塑性解析モデルを検討した。今後は、面格子壁への解析モデルの拡張を行い、既往の実験結果との検証を行う予定である。

4. 参考文献

- [1] 廣石, 他: 「木造面格子壁の格子間隔が剛性と耐力に及ぼす影響」, 日本建築学会構造系論文集, Vol. 78, No. 694, pp. 2183-2190, 2013. 12
- [2] 木材工業ハンドブック・林業試験場編, 丸善, 1959. 2
- [3] 棚橋, 他: 「木材のめり込み降伏メカニズムと均等めり込み弾塑性変位の定式化」, 日本建築学会構造系論文集, Vol. 76, No. 662, pp. 811-819, 2011. 4
- [4] 稲山正弘: 「木造のめり込み理論とその応用」, 東京大学学位論文, 1991. 12

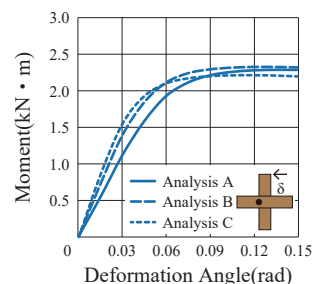


Fig.5 Effect of Variation in Elastic Coefficient

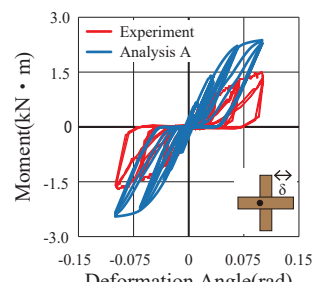


Fig.7 History Curve

Table 1. Energy Absorption Performance

	Experiment	Analysis A
Maximum Deformation Angle	When it is 1/10(rad)	
K_{eq} (kN·m/rad)	12.91	22.08
h_{eq}	0.11	0.11
ΔW (kN/m)	0.09	0.15
W (kN/m)	0.07	0.11

