

亜鉛めっき鋼線を用いた伝統木造建築の補強ブレースに関する実験的研究
**Experimental Study on Reinforcing Braces for
 Traditional Wooden Buildings Using Galvanized Steel Wires**

○岩田あすか⁵, 岡田章¹, 宮里直也¹, 廣石秀造², 北茂紀³, 永峰馨⁴
 *Asuka Iwata⁵, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Shuzo Hiroishi², Shigenori Kita³, Kaoru Nagamine⁴

Abstract: In recent years, traditional wooden buildings have been damaged under earthquakes and other disasters, and seismic retrofitting is being promoted. However, due to the small number of walls in traditional wooden buildings, it is often difficult to reinforce them against earthquakes, and there is a need for a method to ensure appropriate seismic performance without disturbing the openness of the building. In this study, we propose a method of seismic reinforcement using high-strength galvanized steel wire, which is a non-resisting material and has sufficient performance for the required performance. In this paper, elemental tests of the steel wires and horizontal loading tests using full-scale specimens were conducted to understand the mechanical properties of the proposed reinforcement method.

1. はじめに

近年、地震被害等により伝統木造建築に倒壊や損壊などの被害が発生しており、耐震診断・耐震改修が進められている。しかし、開放的な造りとなっている伝統木造建築では、その壁の少なさから、耐震補強を行うことが困難である場合が多い。そこで、建物の開放性を阻害せず、適切な耐震性能が確保できる方法が求められている。

以上のことから、本研究では、非抗压材であり、かつ要求される耐震性能に対して十分な降伏耐力、靱性、剛性を有する高強度の亜鉛めっき鋼線(以下、「鋼線」と称す)を用いた伝統木造建築物の耐震補強を提案する。本補強方法は、鋼線及びピンボルト接合金物により構成され、ピン接合箇所において鋼線が回転することで木枠の変形に追従する性能を有する。また、鋼線の両端部にはボタンヘッドと呼ばれる加工が施されており、引張荷重時にはボタンヘッドを介して鋼線が応力を負担し、圧縮荷重時には、鋼線端部が上方に抜け出すことにより、応力を負担せず、接合金物本体及び柱梁部材に発生する応力の低減が期待できる。さらに細径の鋼線のため、既存部材の損傷を最小限に抑えながら、簡易な補修が可能となり、鋼線の柔軟性を利用して狭隘な空間での施工が可能となる。

以上より、本報では、提案する補強方法の基本的な力学性状の把握を目的として、鋼線の要素試験及び実規模の試験体を用いた水平荷重試験を行った。

2. 鋼線端部の要素試験

2-1. 試験概要

鋼線端部のボタンヘッドと接合金物の間に用いら

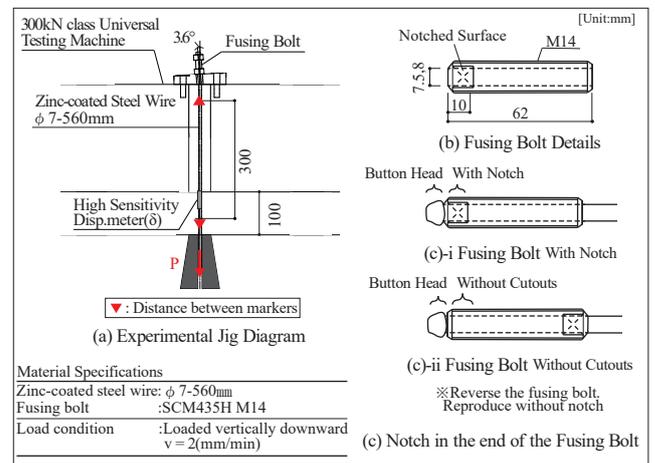


Fig. 1 Outline of Elemental Experiment

Table 1 Load and Strain in Each Mode

Inside diameter	Cutout	Specimen	Yield Load		At maximum Load		Breaking Load	
			Load(kN)	Strain(%)	Load(kN)	Strain(%)	Load(kN)	Strain(%)
φ 7.5	(c)-i	①	46.76	1.11	56.35	4.60	56.60	4.80
		②-a	55.06	1.93	65.38	11.12	35.76	12.89
	②-b	54.74	1.79	65.94	10.22	56.18	11.11	
	(c)-ii	②-c	47.72	1.22	62.08	9.30	59.41	9.88
		②-d	48.83	1.11	65.18	9.09	62.78	9.45
		②-e	53.23	1.59	64.50	7.57	59.74	8.17
		average	51.92	1.53	64.62	9.46	54.77	10.30
φ 8	(c)-i	③	46.38	1.50	58.04	3.72	52.20	4.19
	(c)-ii	④	49.24	1.01	62.72	4.75	62.61	4.81

れる定着ボルトの形状が、鋼線の引張性能に及ぼす影響の把握を目的として、引張荷重試験を行った。

要素試験概要をFig.1に示す。試験体は長さ560mm、径φ7mmの鋼線を使用し、鋼線の端部に傾斜をつけた金物を介することで軸組1/15rad変形時の鋼線端部の折れ曲がり角度を模擬した。荷重は、300kN級万能試験機を用いて、鋼線が破断するまで一定の速度で単調引張荷重を行った。検討項目は、定着ボルトの内径φ7.5mm、φ8mm(以下「φ7.5」及び「φ8」と称す)、及び定着ボ

1:日大理工・教員・建築 2:日大短大・教員・建築 3:株式会社 北茂紀建築構造事務所 4:神鋼鋼線工業株式会社 5:日大理工・院(前)・建築

ルト端部の切り欠き加工の有無とした。なお、切り欠きは施工時に六角ナットの締め付けを行う際に利用されるものである。定着ボルトの端部の切り欠き加工の詳細をFig.1-(b),(c) (以下、「切欠有」及び「切欠無」と称す)に示す。試験体数は、各検討項目につき1体とし、最大荷重及びひずみ量共に最大値を示した「φ7.5-切欠無」のみ5体の試験を行った。

2-2. 試験結果及び考察

試験結果をTable1に示す。「φ7.5-切欠無[(c)-ii②]」は「φ8-切欠無[(c)-ii④]」に比べて最大荷重、破断時のひずみ共に高い値を示した。これは、鋼線と定着ボルトの間に生じる間隙が小さいほど鋼線端部のボタンヘッドの応力伝達性能が十分に発揮されたためと考えられる。

「φ7.5-切欠無[(c)-ii②Ave.]」は「φ7.5-切欠有[(c)-i①]」に比べて、最大荷重は約8kN、破断時のひずみは約5.5%増加した。これは切り欠き有では、定着ボルト端部の断面欠損により、鋼線端部のボタンヘッド部に応力集中が生じ、破断したためと考えられる。

以上より、「φ7.5-切欠無[(c)-ii②]」の定着ボルトが、鋼線の引張性能を十分に発揮させる形状であることが把握された。

3. 水平載荷試験

3-1. 試験概要

鋼線による補強を行った木造軸組架構の水平載荷試験を行った。試験概要をFig.2に示す。試験は『木造軸組工法住宅の許容応力度設計』^[1]を参考にして、タイロッド方式の試験方法に準じて行った。載荷は鋼線に引張応力が生じる方向を正とし、油圧ジャッキを用いて横架材を水平に一定の速度で加力した。載荷サイクルは $\gamma=1/450, 1/300, 1/200, 1/120, 1/60, 1/30, 1/20, 1/15, 1/10$ radの変形角制御とし、正負交番載荷を行った。同一変形角につき3回の繰り返し載荷を行い、その後、変形角が1/10radまで正方向に単調載荷を行った。なお、定着ボルトは要素試験を踏まえ、「φ7.5-切欠無」を用いた。また、架構の変形時に柱の梁材への過剰なめり込みを防止するため、横架材及び土台梁と柱の間にめり込み防止プレートを挿入した。

3-2. 試験結果及び考察

試験結果をFig.3に示す。Fig.3-(a),(b)に着目すると、軸方向荷重が約95kN付近まで線形的な性状を示し、その後剛性が低下しており、降伏時の荷重は約95kNと推定できる。また、鋼線の規格破断荷重(軸方向荷重120.6kN)においても定着ボルト、接合金物及び木枠の破壊は生じず、十分な靱性及び耐力を有していることが確認された。

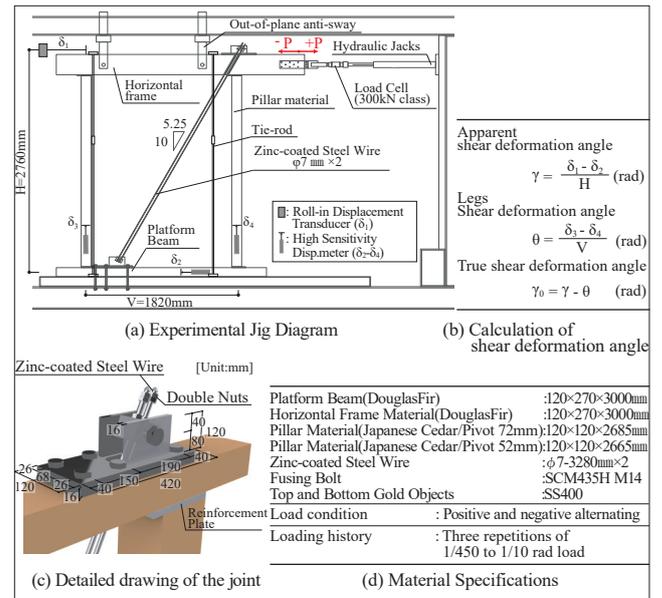


Fig.2 Outline of Full-Scale Loading Experiment

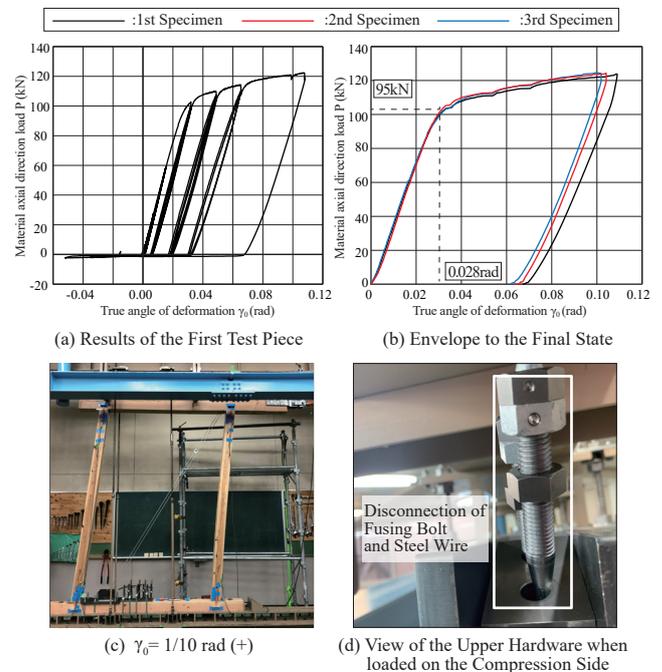


Fig.3 Results of Horizontal Loading Test

Fig.3-(d)より、圧縮側載荷時には、鋼線及び定着ボルトは上方に抜ける挙動が確認された。これにより、圧縮側載荷時には、鋼線には応力を負担させないという本構法の基本性能が検証できた。

4. まとめ

本報では、鋼線及びピンボルト接合金物を用いた補強ブレースを提案し、十分な耐震性能を有すること、既存躯体への過度な負担を回避する上で有効であることを把握した。

5. 参考文献

[1]公益財団法人 日本住宅・木材技術センター:「木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2017年度版)」,第1版第4刷, p. 294, 2019. 9