

金属系材料で補強された木質部材の曲げ剛性

指導教官 井戸田 秀樹 助教授

小保田 庸平

§ 1 . 序論

木構造物の耐震補強を目的とし、開口部構面を金属系材料で補強した耐震要素を付加する提案が行われている¹⁾。しかし、木質部材を金属系材料で補強する場合、それらの接合形式や接合間隔等が部材の曲げ性能に大きく影響する。

そこで本論文では、金属系材料で補強された木質部材の曲げ挙動に関する基礎的研究として、補強された部材の曲げ剛性と接合方法および接合間隔の関係を理論的な解析に基づいて検討する。

§ 2 . 補強材の軸力に関する微分方程式

2.1 解析モデル 図1に示すようなコの字型の金属系補強材を接合金物で木質部材に取り付けた合成部材を対象とする。また、接合金物は材軸方向に一定間隔で配置されるものとした。

2.2 理論解析 木造重ね梁の理論²⁾に基づき、解析展開を行う。はりの材軸方向を x 軸とし、任意の位置 x における補強材の軸力を F とする。また、断面の応力、ひずみ度分布は、木材および補強材それぞれに平面保持の仮定が成り立つとすると、図2および図3に示す通りとなる。この断面に作用している曲げモーメントの力の釣り合いから、次のような微分方程式が得られる。

$$\frac{d^2 F}{dx^2} - \alpha \cdot F = -\beta \cdot M \quad (1)$$

ここで、 α 、 β は補強材の種類、板厚および接合金物の種類、間隔より決まる値である。(1)式を解いて求められる F を用い、任意の位置 x での曲げ剛性 B_x は次式となる。

$$B_x = \kappa_x \cdot EI \quad (2)$$

ここに、 κ_x は曲げ剛性倍率であり、

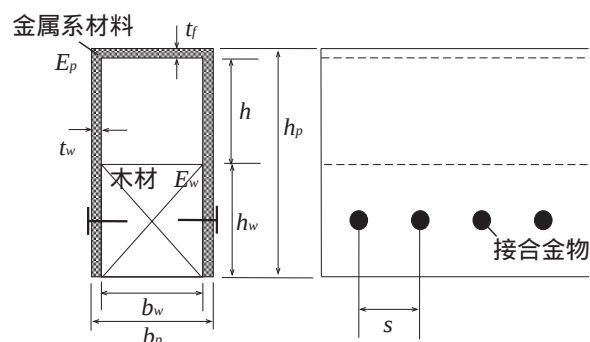


図1 断面形状・寸法および接合金物の配置

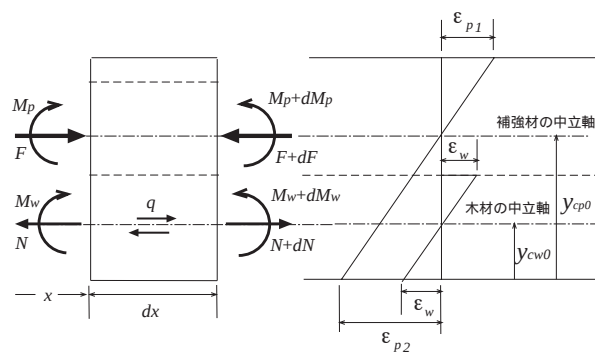


図2 断面の応力

図3 断面のひずみ度分布

表1 接合金物の種類

接合種別	接合金物径 (mm)	接合金物長さ (mm)	せん断剛性 (t/cm)
釘	CN50	2.8	50
	CN75	3.7	75
ラグスクリュー	-	9.0	45
	-	9.0	100
	-	20.0	75
ボルト	M8	8.0	-
	M12	12.0	-
	M20	20.0	-

$$\kappa_x = \frac{M}{M - F \cdot (y_{cp0} - y_{cw0})} \quad (3)$$

で表される。

§ 3 . 補強部材の等価曲げ剛性

B_x は x の関数であるため、材軸方向に沿って変化する量となる。この B_x の変化を考慮したはりのたわみ曲線式 y は、はりの基礎方程式

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{M}{B_x} \quad (4)$$

を解くことで求められる。これより求められる最大たわみと等しいたわみを生ずるような一様曲げ剛性を想定し、それを等価曲げ剛性 EI_{eq} と定義する。

§ 4 .金属系材料で補強された部材の曲げ剛性

接合金物の種類として表1に示す3種9タイプの接合方法を想定した。また、木材、アルミおよび鉄のヤング率はそれぞれ $E_w=90(t/cm^2)$ 、 $E_a=700(t/cm^2)$ 、 $E_s=2100(t/cm^2)$ とし、木材の断面は $12 \times 12(cm)$ と設定した。

図4は補強材をアルミニウム、載荷形式を中央集中荷重としたときの接合間隔 s と EI_{eq} の関係を示したものである。なお、縦軸は EI_{eq} を未接合部材の EI で無次元化した値である。 EI_{eq} は s が小さくなるほど大きくなり、またボルト、ラグスクリューおよび釘の順に小さくなる。

また、図5は載荷形式を中央集中荷重、等分布荷重および一様モーメントの3パターンで変化させ s と EI_{eq} の関係を示したものである。載荷形式においては、ほとんど差がみられなかった。

図6は補強材の板厚 $t(=t_w=t_f)$ と EI_{eq} の関係を示したものである。接合金物による一体化の効果は t が薄いほど高くなり、接合金物のせん断剛性の影響も大きくなっている。

最後に、図7は接合金物のせん断と部材の曲げの各挙動に対し、長期許容応力度を比例限界としたときの限界荷重 P を t で整理したものである。部材自体の比例限界と、接合金物の比例限界で、交わる点があり、これは補強材の種類および接合金物の種類によって異なるため、各場合に応じた合理的な補強断面サイズを選ぶことが重要である。

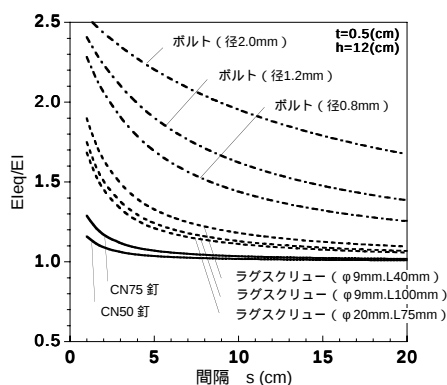


図4 中央集中荷重における等価曲げ剛性

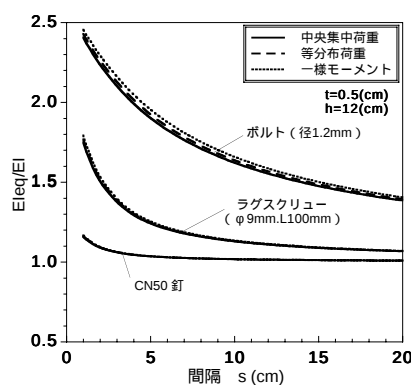


図5 載荷形式を変化させたときの等価曲げ剛性

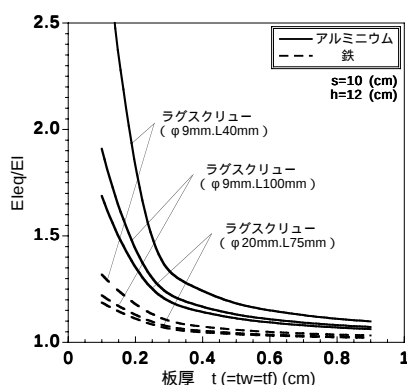


図6 補強材の板厚を変化させたときの等価曲げ剛性

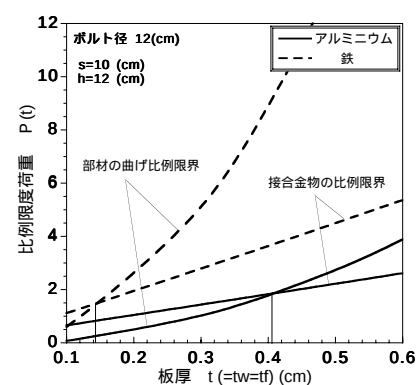


図7 中央集中荷重における比例限度荷重

§ 5 . 結論

金属系材料で補強した木質部材の曲げ剛性と接合方法および接合間隔の関係について理論解析を行った結果、次の結論が得られた。

- 1) 金属系材料で補強した木質部材の曲げ剛性は補強材と木材をつなぐ接合金物のせん断剛性および間隔によって大きな影響を受ける。
- 2) 補強材の板厚が薄いほど一体化による補剛効果は高く、接合金物の剛性にも敏感になる。
- 3) 比例限界荷重は、補強材料、接合形式によって異なり、これを考慮することで最適な補強材の板厚を決定することができる。

【参考文献】

- 1) 岡田 恒、五十田博、井戸田秀樹、大橋好光：アルミニウム合金を用いた建築構造に関する研究(その23) 木造住宅開口部の耐震補強方策、日本建築学会大会学術講演概論集、pp. 91 ~ 92、1998年9月
- 2) 坪井善勝、田治見宏：木造重ね梁の理論的研究、日本建築学会論文報告集、第38号、pp. 69 ~ 72、1949年4月