

AFRP シートで補強した鋼材の力学的特性に関する板引張試験

室蘭工業大学 学 生 員 ○吉田 英二
室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光

室蘭工業大学	正 員	小室 雅人
三井住友建設	フェロー	三上 浩

1. はじめに

本研究では、AFRP シートで補強した鋼材の力学的特性を把握することを目的として、JIS 5 号試験片に AFRP シートを接着した試験体を制作し、引張試験を実施した。ここでは、AFRP シートの引張剛性を 4 種類に変化させた試験体を制作し、鋼材の荷重－ひずみ関係に及ぼす AFRP シートの補強効果に関する影響について検討を行った。

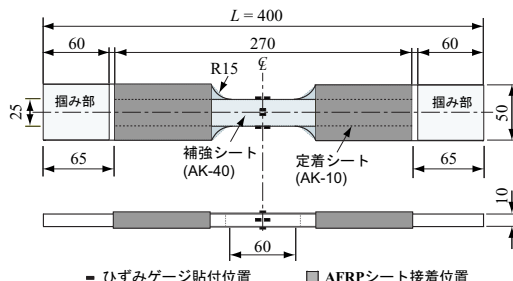


図-1 試験の形状寸法

2. 実験概要

本研究では、鋼材を AFRP シートで補強した場合の力学的特性を検討するために、試験体寸法を一定とし、無補強およびシート層数を 3 種類に変化させた試験体について引張試験を実施した。本実験では、これら 4 種類の試験体について、同一条件の試験体を各 3 体製作した。

図-1 には、本実験で用いた試験体の形状寸法を示している。シート補強試験体は、補強シートとして試験体平行部（接着面積：270 × 25 mm）の両面に所定の層数の 1 方向 AFRP シートを接着している。なお、補強シートの面内剥離を防止するために、補強シートの端部には、所定の量の 2 方向 AFRP シートを巻きつけて接着補強している。本実験では、図-1 に示すように試験体中心部の 4 面にひずみゲージを 2 点ずつ貼付している。なお、各面の 2 点のひずみゲージは、弾性域と弾塑性域のひずみを正確に計測するために、計測レンジ幅を変化させている。表-1 には、試験体名およびシートの補強割合および終局状況を一覧にして示している。ここで、補強割合 p は、鋼材の全強に対する AFRP シートの引張耐力の割合として定義している。試験体名は、第一項目が試験体の片面に接着されたシート層数、第二項目が試験体番号を示している。表-2 には、無補強試験体に対する引張試験結果とその平均値を示している。表より、各試験体には若干の差異がみられるものの、ほぼ同一な値を示していることが分かる。表-3 には、本実験で使用した AFRP シートの力学的特性値を示している。

3. 実験方法

実験は、試験体の両端部を平板用掴み治具で固定し、

キーワード：AFPR シート，引張試験，力学的特性，面内剥離

表-1 試験体名およびAFRPシート補強量一覧

試験体名	AFRP シート補強量		終局状況
	シート層数 * L_n	補強割合 ρ (%)	
L0-1/2/3	0	0	鋼材破断
L1-1/2/3	1	21.3	シート破断
L2-1/2/3	2	42.6	シート剥離
L3-1/2/3	3	63.9	シート剥離

* 片面あたりの層数

表-2 鋼材の材料特性値

試験体名	鋼種	降伏 応力 σ_y (MPa)	引張 強度 σ_u (MPa)	弾性 係数 E_s (GPa)	ポア ソン比 ν_s	降伏開始 ひずみ ε_y (μ)
L0-1	SS400	374	584	205	0.3	1,824
L0-2		377	586	204	0.3	1,848
L0-3		379	584	202	0.3	1,876
平均値	SS400	377	585	204	0.3	1,849

表-3 AFRP シートの材料特性値 (公称値)

	規格	繊維 目付量 (g/m ²)	シート 厚さ t_a (mm)	弾性 係数 E_a (GPa)	引張 強度 σ_a (GPa)	破断 ひずみ ε_{ua} (μ)
補強シート	AK-40	280	0.193	118	2.06	17,500
定着シート	AK-10	57	0.04			

試験体上端部と接続されているクロスヘッドを引張方向に移動させることにより実施した。なお、クロスヘッド移動速度は 1.0 mm/min と設定した。引張試験は、無補強試験体の場合には鋼材が破断に至るまで、AFRP シート補強試験体の場合には鋼材に貼付したひずみゲージ出力が 45,000 μ 程度に達するまで行っている。

4. 実験結果および考察

図-2 には、代表的な 4 試験体の鋼材部における荷重－ひずみ関係を示している。図より、シート層数 L_n の増加

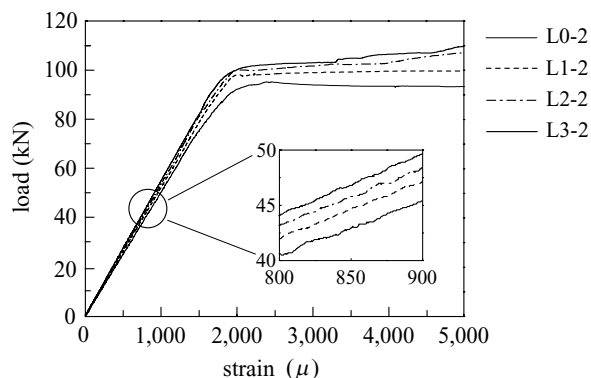


図-2 荷重-ひずみ関係（鋼材部）

とともに初期勾配および弾性域における最大荷重値 P_{emax} が上昇している。また、鋼材降伏後の荷重分布に着目すると、シート補強試験体はいずれも緩やかに荷重が増加している。これより、ひずみレベルが $5,000 \mu$ 以下の領域では、シートと鋼材が完全に付着しているものと考えられる。

図-3 には、実験結果より得られた最大荷重 P_{dmax} とシートひずみ ϵ_d の関係を示している。また、図には理論値として、鋼材を完全弾塑性体、AFRP シートを弾性体とし、両者が完全に付着しているものと仮定して、算出した値を示している。なお、図中の ϵ_{ua} はシートの公称破断ひずみである。図より、シート破断で終局に至った L1 試験体（○印）の場合には、いずれの実験結果においてもシートひずみ ϵ_d が ϵ_{ua} 以上となっており、シート破断時までの力学的特性を適切に評価しているものと考えられる。一方、L2 試験体（▽印）の場合には、若干のばらつきが見られるものの、シートひずみの平均値が ϵ_{ua} 以下となっていることから、シートの破断に至る前にシートと鋼材の付着強度が不足し、面内剥離が生じたものと考えられる。また、L3 試験体（◇印）の場合にも、L2 試験体と同様に ϵ_{ua} 以下のひずみで面内剥離している。また、L2, L3 試験体を比較すると L3 試験体の方がシートひずみが小さいことが分かる。

図-4 には、代表的な試験体における荷重と鋼材および補強シートひずみの時系列分布を示している。なお、各ひずみは、2つの面に貼付されたひずみゲージ出力の平均値である。図より、L0-3 試験体の場合には、 $t = 220 \text{ sec}$ 前後で鋼材が降伏し、その後降伏棚の終了とともに再び荷重が増加し、それに伴い鋼材ひずみが急激に上昇している。一方、L1-1 試験体の場合には、 $t = 270 \text{ sec}$ 程度から鋼材およびシートひずみが急激に上昇し、シートひずみが約 $20,000 \mu$ に達した時点で、シート破断が発生し、荷重が無補強試験体の荷重レベルまで急激に低下してい

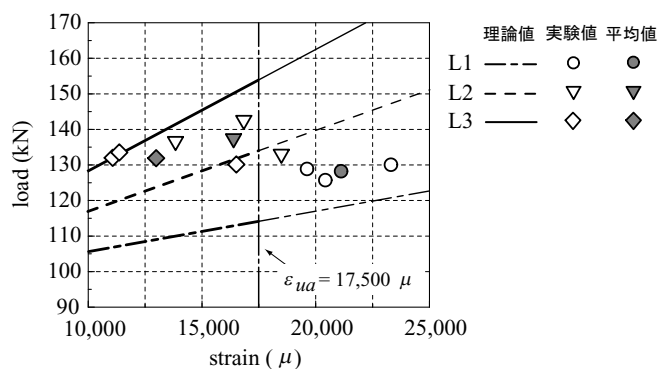


図-3 最大荷重とシートひずみの関係

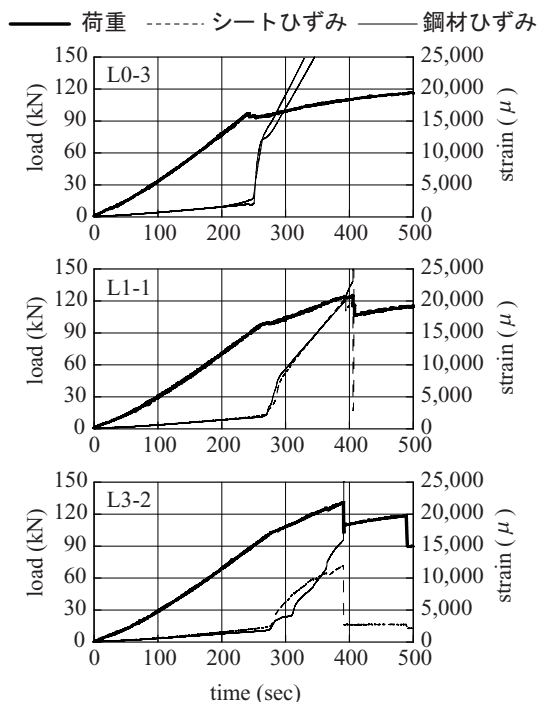


図-4 時系列分布

る。L3-2 試験体の場合には、補強シートひずみが $10,000 \mu$ 程度に達した時点で、補強シートおよび定着シートがほぼ同時に面内剥離を起し、荷重が大幅に低下している。

以上より、シート補強量の増大とともに、鋼材と補強シートの面内剥離が生じやすい傾向にあることが分かる。従って、シート補強効果を適切に評価するためには、補強シートの面内剥離を防止するための十分な定着強度を確保する必要がある。

5. まとめ

- 1) 弾性域における最大荷重値および初期剛性は、シート補強量に比例して増大する。
- 2) ひずみレベルが $5,000 \mu$ 以下の領域においてシートと鋼材が完全に付着していることを確認した。
- 3) シート補強量の増大とともに鋼材と補強シートの面内剥離が生じやすくなる傾向にあることが明らかとなった。