

鋼床版補強に適用する接着接合部の载荷試験

(株)ワイ・シー・イー 正会員 ○一宮 充 岩崎 雅紀
(株)横河ブリッジ 正会員 石井 博典 井口 進 曾我 麻衣子
阪神高速道路(株) 正会員 田畑 晶子 八ツ元 仁 岡本 亮二

1. はじめに

鋼床版のデッキプレートとUリブ溶接線に生じる疲労損傷の補強工法として、著者らは図-1 に示す弾性当て板工法を考案した。補強部材の接合には接着接合を採用しており、Uリブ内面側の接着面は油脂等を拭き取った無機ジンクリッチプライマ面としている。FEM 解析により活荷重(100kN)の接着層応力を算出した結果、圧縮が主で、引張応力は 5N/mm^2 以下であることが確認され、また、供用後 22 年経過した実橋のUリブ内で実施した”JIS K 6909(2003)”に準じた引張接着試験結果は、図-2 に示すようにメーカー規格値(12N/mm^2)を上回ることを確認している。本邦では、表-1 に示す基本性能試験と構造性能試験及び FEM 解析を実施した結果を報告する。

2. 使用接着剤の基本性能

本工法で使用する接着剤は金属用エポキシ樹脂系接着剤である。基本性能(圧縮降伏強さ、引張強さ、引張せん断強さ、引張接着強さ)に及ぼす養生日数の影響を実験的に確認した。試験パラメータは、2 種類の接着剤(夏用・冬用)、2 種類の養生温度、5 種類の養生日数(1 日,2 日,3 日,7 日,14 日)とし、試験温度は 20°C とした。試験結果は図-3 に示すとおりである。養生温度が高いと強度発現が早いこと、3 日間の養生によりメーカー規格値が得られることが明らかとなった。

3. 接着継手の曲げ载荷試験と FEM 解析検証結果

”2”で得られた基本性能は”1”で述べた接着接合部に生じる引張応力を上回っているが、基本性能は JIS 規格の定形試験片で単純化された試験結果であるため、構造体としての耐荷性能は明確ではない。そこで、実橋採取材を

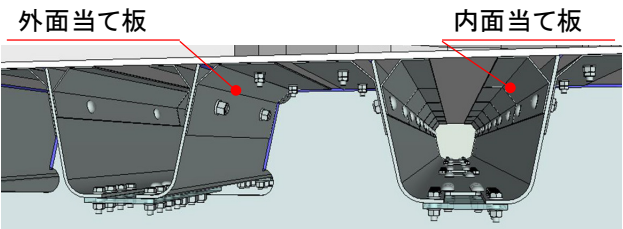


図-1 弾性当て板工法の補強構造概要図¹⁾

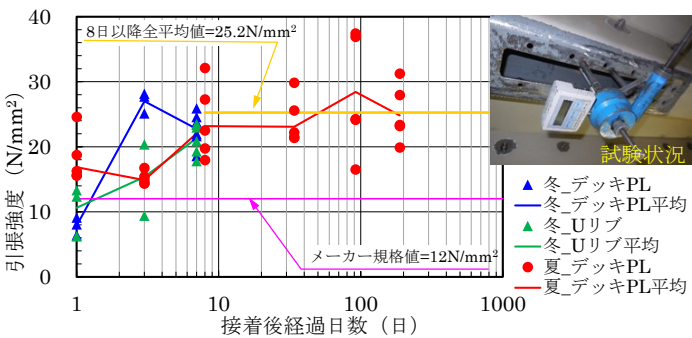


図-2 実橋部材での引張接着試験結果 (JIS K6909-2003)

表-1 検討項目一覧

確認項目	着目条件	主材材質	試験場所	参照章
基本性能	接着面表面処理	実橋部材	現地桁内	1
	養生期間,温度	同強度材	実験室内	2
	応力方向(正負)			
構造性能	応力方向(正負)	実橋部材	実験室内	3

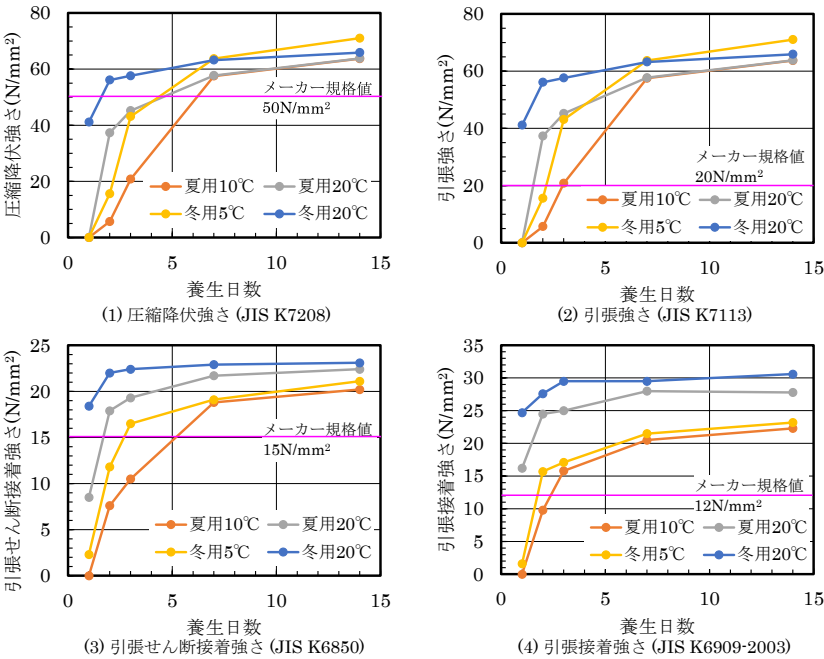


図-3 接着強度基本試験結果

キーワード 接着接合、鋼床版、Uリブ、補強、当て板

連絡先 〒541-0048 大阪府大阪市中央区瓦町 4-3-7 (株)ワイ・シー・イー TEL 06-6203-8036

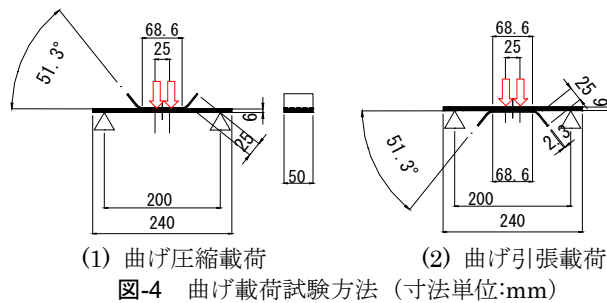


図-4 曲げ荷重試験方法 (寸法単位:mm)

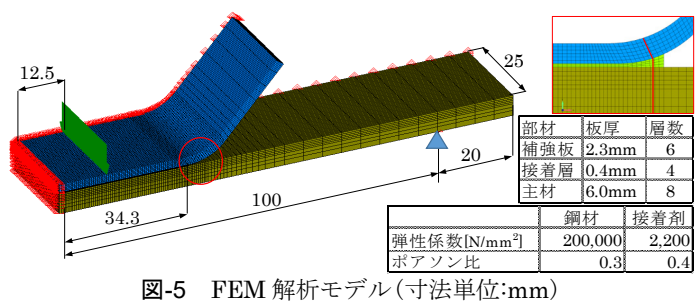


図-5 FEM 解析モデル(寸法単位:mm)

用いて図-4 に示す実構造部分モデル試験体を製作し、静的荷重試験を実施した。主材は図-2 の試験を実施した実橋のUリブから採取した無機ジンクリッチプライマ塗布鋼板である。養生は20℃で7日間とし、試験温度は20℃とした。併せて、図-5 に示すソリッド要素で構成した1/4モデルの弾性FEM解析を実施し、接着層端部近傍の応力状態を確認した。図-5 は曲げ圧縮モデルであるが、荷重位置と支点を板厚方向に反転させた曲げ引張モデルの解析も実施した。

実験で得られた荷重荷重と鉛直変位の関係の一例を解析結果とともに図-6 に示す。曲げ引張荷重では、剥離音の発生と同時に急激な荷重低下が生じた。曲げ圧縮荷重では、当て板と主材間にわずかなずれ変形が生じた直後に最大荷重に達し、荷重が低下した。これらの状態を接着層が剥離したものとみなして、剥離発生荷重とした。FEM 解析結果から得られた接着剤端部(図-5 右上拡大図赤線位置)の応力分布を図-7 に示す。曲げ圧縮荷重ではせん断応力が、曲げ引張荷重では主応力が最も高くなっている。FEM 解析で求めた鉛直たわみと接着剤端部の応力を、荷重試験の剥離発生荷重で換算した結果を表-2 に示す。網掛部で示す結果は鋼材の降伏点を超えているものの、剥離時の接着層端部の応力はメーカー規格値の3.2 倍(=38.0/12: 直応力), 3.1 倍(=47.0/15: せん断応力)と試算される。“1”で述べた実橋モデル解析の接着接合部に生じる引張応力(5N/mm²以下)を考えると、剥離に対して十分な余裕があると判断される。

4. まとめ

弾性当て板工法の接着強度特性を明らかにするため、現地あるいは室内で引張試験を行うとともに実橋採取材を用いた部分モデル試験体の曲げ荷重試験と FEM 解析を実施した結果、接着強度は基本性能試験結果を上回り、剥離荷重はメーカー規格値の約3 倍以上であった。なお、疲労強度特性は、別途、設計活荷重(100kN)の1.5 倍の荷重を載荷した構造モデルの疲労試験により確認している。

参考文献 1) 一宮充他: Uリブ鋼床版の下面補強工法の一提案と FE 解析による効果検証, 土木学会第 71 回年講, I-380, 2016.9

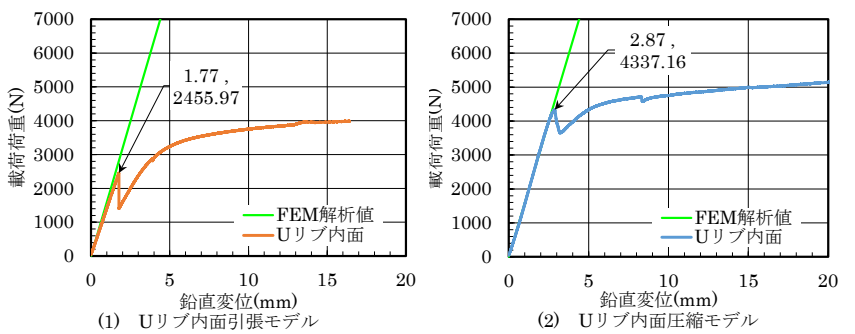


図-6 曲げ試験結果の一例

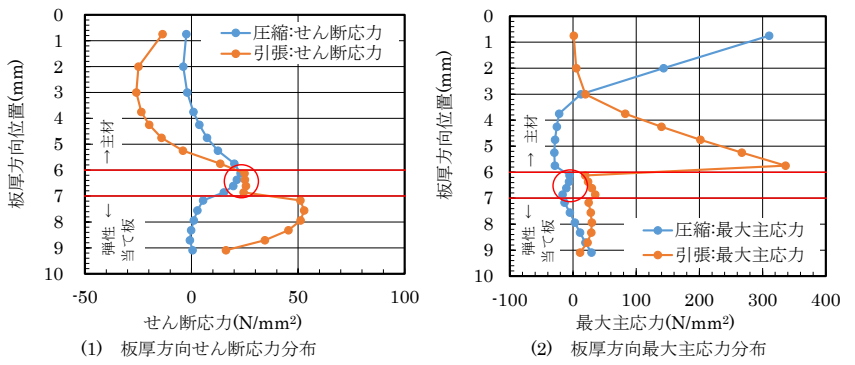


図-7 接着剤端面の断面における応力分布 (4,000N 荷重時)

表-2 曲げ荷重試験結果と FEM 解析値に基づく接着部の推定応力

荷重種別	測定値				解析値 (剥離発生時の応力に換算)				
	上段: 剥離発生荷重(N) 下段: 最大たわみ(mm)				上段: 鉛直たわみ(mm)	デッキ下面直応力	デッキ上面直応力	接着層直応力	接着層せん断応力
	1 体目				下段: 測定値 / 解析値	(N/mm²)			
	2 体目	3 体目	平均						
引張	2,456	2,338	3,444	2,746	1.23	238.2	-186.8	38.0	27.6
引張	1.77	1.57	2.34	1.89	1.54				
圧縮	4,337	5,327	4,353	4,672	2.10	317.9	-405.1	-64.7	47.0
圧縮	2.87	4.84	2.97	3.56	1.70				

※: 解析値の網掛部は、鋼材の降伏点を超える領域を含む