

鋼床版縦リブ溶接ルート部に着目したFEM解析

独立行政法人土木研究所 正会員 有馬敬育  
 独立行政法人土木研究所 正会員 村越 潤

1. はじめに

最近、Uリブを有する鋼床版橋梁において、図 - 1 に示すようなUリブとデッキプレートの溶接ルート部（以下、ルート部）から亀裂が発生し、デッキプレートに進展する疲労損傷事例が報告されている。本論文では、この亀裂の発生メカニズムの解明を目的に、今後実施する実物大鋼床版供試体を用いた静的載荷試験、定点載荷疲労試験の前段階として、ルート部の局部応力に着目したFEM解析を行ったので、その結果について報告する。

2. 解析モデルおよび着目箇所

解析モデルは、図 - 2 のように今後実施する試験の供試体をソリッド要素でモデル化したものとした。なお、この供試体は、実際にデッキ貫通亀裂が生じている橋梁の諸元を反映させている。また、Uリブ厚による応力傾向の違いの把握のため、JSSC規格 320×240×8-40 と 320×240×6-40 の混在としている。デッキプレートとUリブのすみ肉溶接の溶け込み量は、Uリブ厚の75%とした。また、支持は主桁下フランジ部をべた置きとしている。

1/2 支間のライン上で、大型車(ダンプトラック)の前輪(シングルタイヤ) 中・後輪(ダブルタイヤ)を模した、図 - 3 に示す荷重の中心を 80mm 間隔で移動させた、Case-S01 ~ S25 (シングル載荷), Case-D01 ~ D21 (ダブル載荷) 計 46 ケースについて、Nastran を用いて解析を行った。(図 - 4 参照)

実際のタイヤの接地圧は空気圧、舗装等の影響もあり、明確ではない。そこで事前にダブルタイヤの載荷荷重について、L200mm×W200mm×2 箇所、間隔 100mm、L130mm×W280mm×2 箇所、間隔 50mm、L280mm×W200mm×2 箇所、間隔 120mm、L200mm×W500mm×1 箇所等の解析も行い、ルート部近傍応力の流れが変わらないことを確認し、この荷重(図 - 3 (ダブル))を採用した。

なお、後述する載荷ケース D05 でのルート部の最大主応力値を比較すると、 > > > であった。

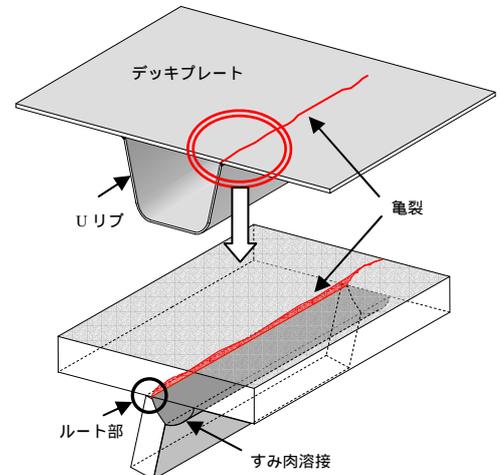


図 - 1 デッキプレート貫通亀裂

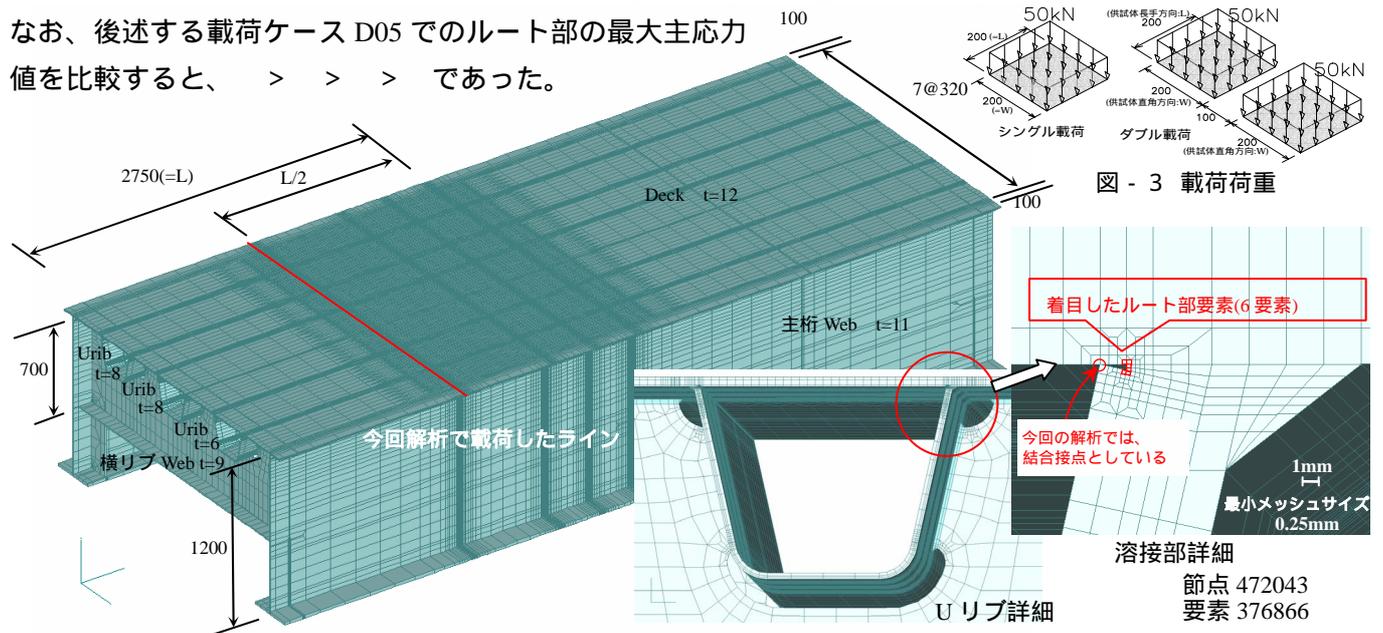


図 - 2 解析モデル

キーワード：鋼床版，デッキ貫通亀裂，ルート部応力，FEM 解析，ソリッド要素

連絡先：構造物研究グループ(橋梁構造)〒305-8516 茨城県つくば市南原 1 番地 6 Tel:029-879-6793 Fax:029-879-6739

3. 解析結果

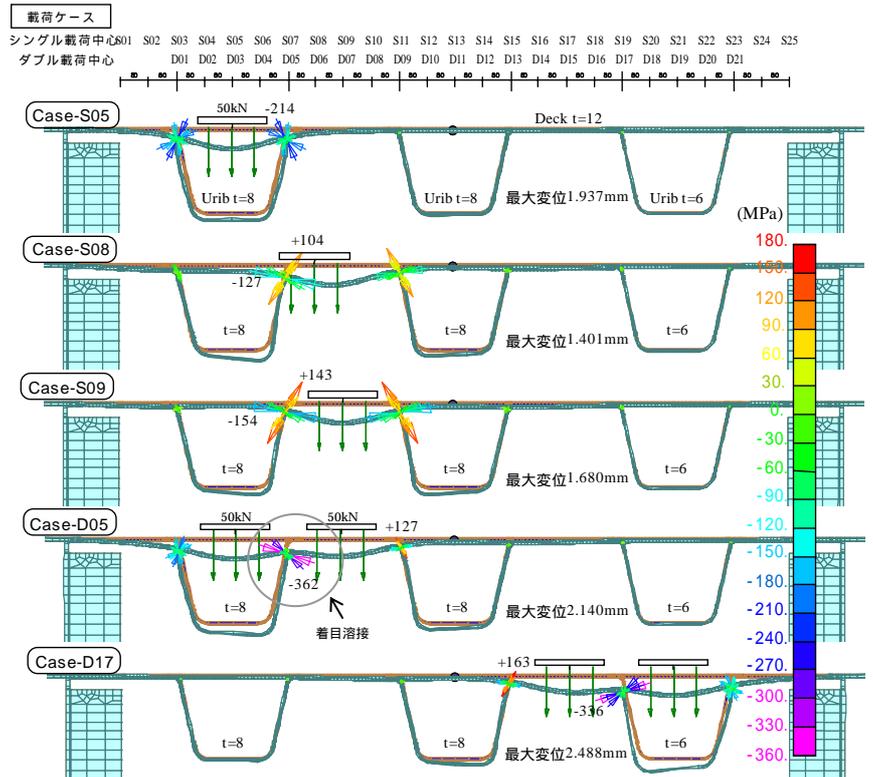
本解析において、大きなルート部応力が生じたケースの主応力図を図 - 4 に示す。図中の主応力ベクトルは1カ所あたり、図 - 2 に示した着目6要素のベクトルを重ね合わせたものとなっている。ダンプトラック（前輪シングル, 中・後輪ダブル）の輪重の実測によると車重 40t で全ての輪重がほぼ同値であるため、溶接ビードを引き裂く方向に進展する亀裂に着目すると、Uリブ間にシングルタイヤが荷重されるケース(S09)の応力が最も厳しく、デッキ貫通亀裂に着目すると、Uリブウェブをタイヤがまたぐ荷重ケース(D05)の応力が最も厳しいことが確認できる。

実際にデッキ貫通亀裂が生じている橋においては、同一大型車の前輪がS08、中・後輪がD05の位置を走行していることが確認されているものもあり、これらの応力状態がデッキ貫通亀裂発生に大きな影響を与えていると推測できる。

また、Uリブ厚 8mm と 6mm の違いによるルート部最大主応力値を比較した。今回のモデルは厚さの異なるUリブが混在しているため、中央Uリブの影響をうけない、主桁付近に荷重したケースについてまとめたものを表 - 1 に示す。Uリブ厚 8mm に対し 6mm の方がルート部応力緩和の傾向があるが、ダブル荷重ではその割合は小さい。

続いて、デッキプレートが厚くなることで図 - 4 に示した着目溶接のルート部応力がどれだけ緩和されるかに着目し、D05の荷重パターンで、デッキ厚を 12mm（標準）から 18mm の 1mm ピッチで変化させ、解析を行った。これらの結果では、デッキ厚にかかわらず、変形モード、ルート部近傍応力の流れが同じであることが確認できている。（図 - 5 参照）

デッキ厚とデッキ貫通亀裂発生方向のルート部最大主応力値の関係を図 - 6 に示す。ルート部応力は、デッキ厚 12mm の場合と比べ、14mm で 74%、16mm で 55%の値となる。新設橋におけるデッキ増厚は、ルート部からの亀裂進展抑制に効果的であると考えられる。



図中の符号は、+：引張、-：圧縮  
図 - 4 ルート部主応力(1/2 支間断面)

表 - 1 Uリブ厚とルート部最大主応力値の関係

	Uリブ t=8mm		Uリブ t=6mm		応力比 Uリブt=8 Uリブt=6	
	Case	主応力値(MPa)	Case	主応力値(MPa)		
シングル	S03	-126	S23	-113	1.12	
	S04	-199	S22	-161	1.24	
	S05	-214	S21	-178	1.20	
	S06	-200	S20	-162	1.23	
	S07	-132	S19	-119	1.11	
	ダブル	D01	-345	D21	-320	1.08
		D02	-245	D20	-229	1.07
D03		-189	D19	-179	1.06	
D04		-256	D18	-240	1.07	
D05		-362	D17	-336	1.08	

Uリブ厚 8mm に対し 6mm の方がルート部応力緩和の傾向があるが、ダブル荷重ではその割合は小さい。

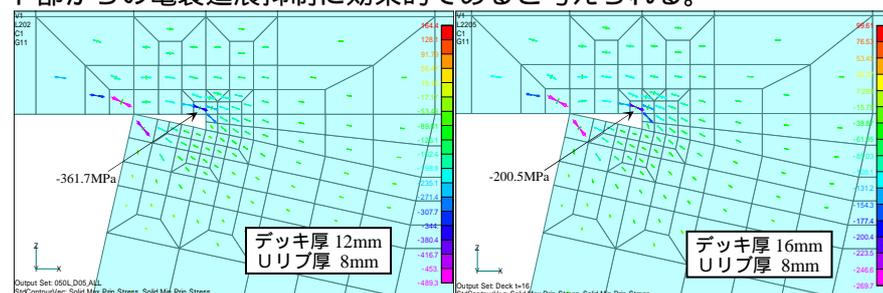


図 - 5 着目溶接ルート部近傍主応力(荷重ケース：D05)

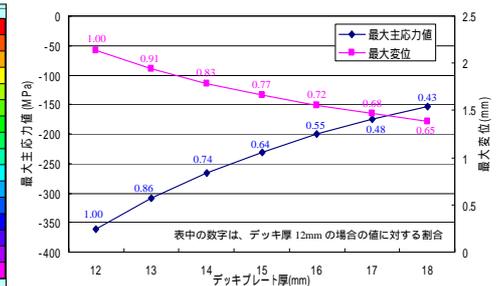


図 - 6 デッキ厚と最大変位およびルート部最大主応力値の関係(荷重ケース：D05)