

## 鋼床版溶接部の溶込み量変化を考慮した応力解析

東京都市大学 葉山 瑞樹

東京都市大学 ○白旗 弘実

## 1. はじめに

鋼道路橋の床版は、鋼床版とコンクリート系床版に大別される。鋼床版はコンクリート系床版に比べ、重量が1/2~1/3と軽量、仮設工期が短い、設計自由度が高いなどの特徴から長スパン橋梁・仮設条件に制約がある橋梁などで採用されてきた。しかし、鋼床版は板厚が12mm程度のデッキプレートと縦リブ、横リブといった多数の板厚の薄い部材で構成された構造であり、自動車荷重を直接支えて主構造へ伝えるため、複雑な変形挙動を示してしまう。その結果、溶接部へ高い繰返し応力が生じてしまい、き裂などの損傷が発生してしまう<sup>1)</sup>。また、溶接ルート部を起点にデッキプレートを進展するき裂は舗装の損傷、路面陥没を引き起こし、大事故を起こす原因となりえる。このことから図-1に示すように2002年3月に疲労設計指針では疲労き裂の発生、進展に対して溶込み量の確保による応力集中の緩和に有効であるとし、溶接溶込み量を75%以上と定めて溶接のどの断面応力低減を図っている<sup>2)</sup>。しかし、実際の溶接では溶接速度、溶接電流、電圧等の溶接条件によって様な溶込み量を確保することが難しく、橋梁メーカーによる研究<sup>4) 5)</sup>からも溶接線方向に溶込み量が最大20%程度変化することが確認されている。また、既往の研究<sup>1) 3) 7)</sup>では縦リブ溶接部の溶込み量を様なものとしてモデル化し、解析・実験をすることで溶込み量が応力集中に及ぼす影響等の研究がなされてきたが、溶接線方向に溶込み量が増減した際の影響は知られていない。そこで本研究ではFEMを用いて溶込み量の変化をモデル化し、溶接部への応力集中状態を明らかにすることを目的とする。

## 2. 解析概要

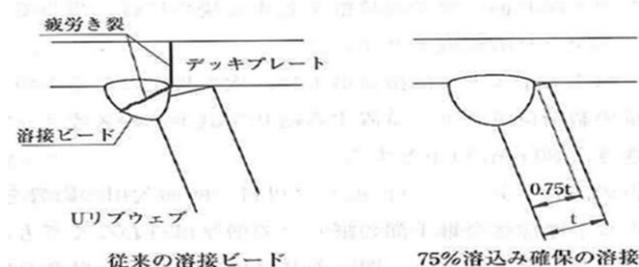
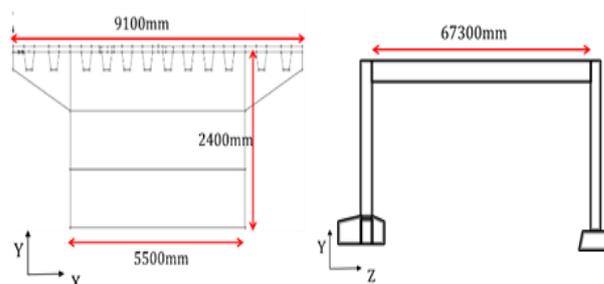
## (1) 対象橋梁と荷重条件

対象橋梁は図-2に示すような3径間単純箱桁橋「通り谷橋」<sup>6)</sup>の一径間(67300mm)とし解析を実行した。荷重条件は既往の研究<sup>1)</sup>を参考に図-3のようなトラックに

図中 X,Y,Z 軸は X:橋軸直角方向, Y:鉛直方向, Z:橋軸方向を表す。

## (2) 解析手法

解析を行う際、鋼床版の異方性版としての作用及び主桁作用も考慮する必要があり、溶接部の様な対象構造に対してとても小さい箇所の応力を解析的に求めるとは難しい。そこで解析モデルは図-5-aの様な橋梁の全体挙動を考慮する全体解析モデル(対象橋梁の一径間67300mm)、図-5-bの様な着目箇所周辺の変形挙動及び局部応力を評価する部分解析モデル(全体モデルから得られた応力発生箇所周辺)、図-5-cの様な詳細な溶接ルート部応力を得るための詳細解析モデルの三段階に分けて解析を行っている。境界条件として部分解析モデルでは全体解析モデル、詳細解析モデルでは部分解析モデルから得られた変位と回転を与えるズームング手法を用いている。また、応力解析には汎用有限要素解析ソフト Lusas を用いた。

図-1 閉断面リブとデッキプレートの溶接<sup>2)</sup>図-2 対象とする単純箱桁橋断面図, 側面図<sup>6)</sup>

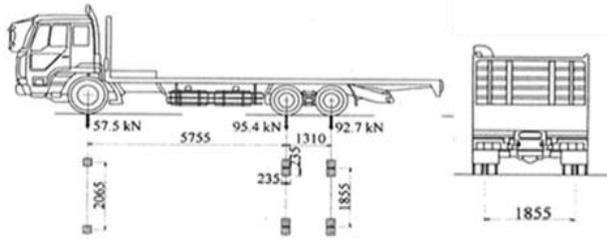


図-3 荷重車両<sup>1)</sup>

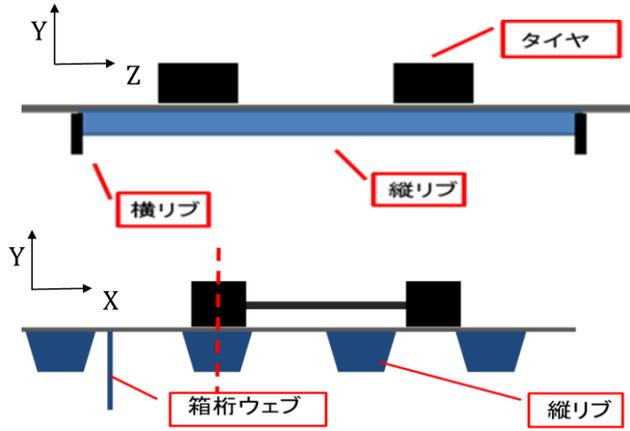
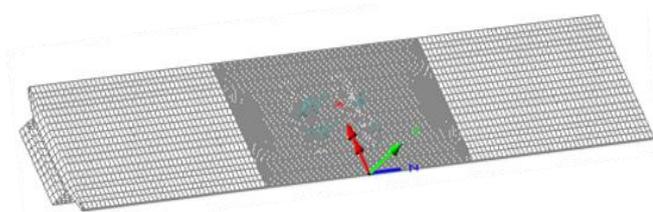
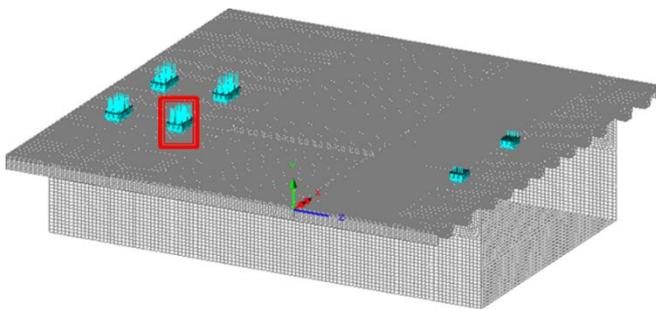


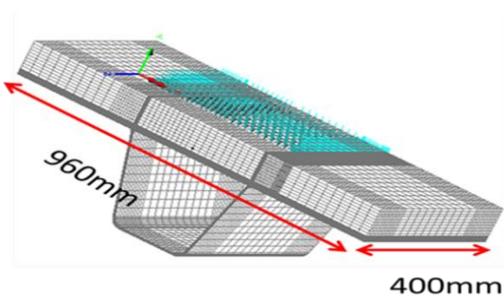
図-4 荷重位置



a) 全体解析モデル



b) 部分解析モデル



c) 詳細解析モデル

図-5 FEM 解析モデル

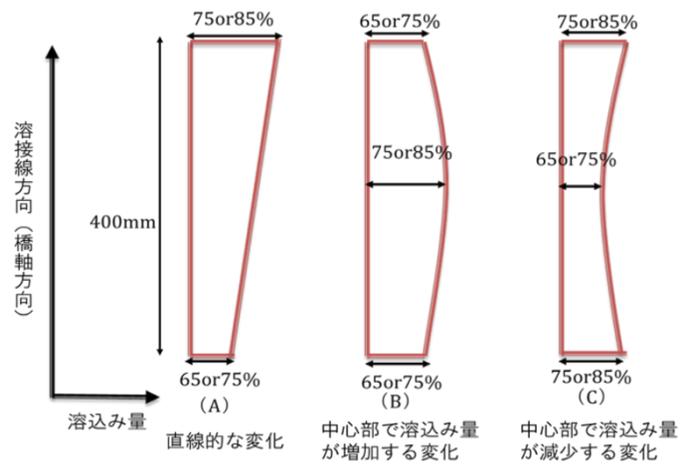
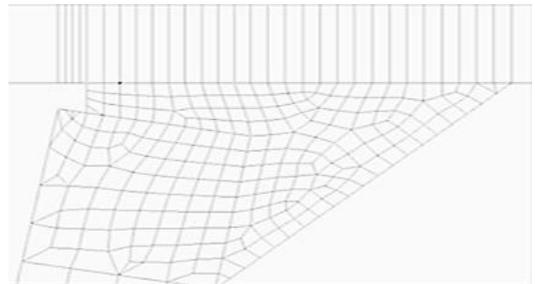


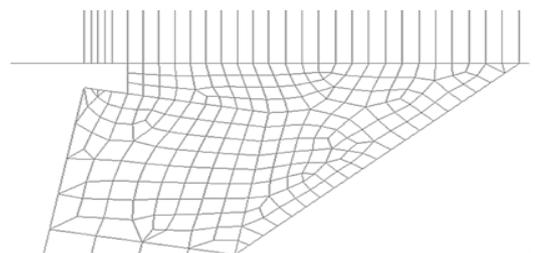
図-6 溶込み量変化のパターン

表-1 詳細モデル諸元

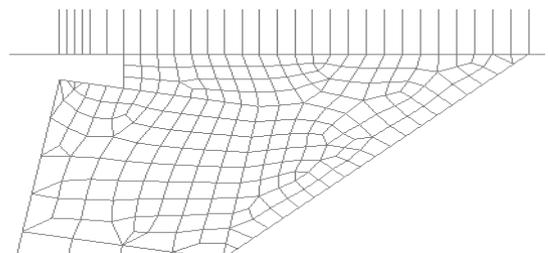
要素	ソリッド要素
板厚	床版12mm リブ6mm アスファルト80mm
脚長	8mm
ヤング率	鋼材:200GPa アスファルト:1500MPa
ポアソン比	鋼材:0.3 アスファルト:0.3
境界条件	部分解析モデルで得られた変位・回転



a) 85%モデル



b) 75%モデル



c) 65%モデル

図-7 溶接部のモデル化(65%, 75%, 85%)

### (3) 詳細解析モデル

部分解析モデルから得られた局部応力箇所であるダブルタイヤ荷重位置(図-5-b 中の赤枠)周辺を図-5-c のようにモデル化している。溶接部の脚長を 8mm とし、詳細モデルでの諸元を表-1 に示す。溶込み量変化のモデル化は図-6 に示すような(A)-(C)の変化パターンに、75-85%に変化させたモデル(溶込み量が疲労設計指針の規定を上回る場合)、65-75%に溶込み量を変化させたモデル(溶込み量が疲労設計指針の規定を下回る場合)を想定(計 6 モデル)した。この際、溶込み変化量は既往の研究<sup>4)5)</sup>から溶接線方向 400mm で 10%の変化とした。また、図-7 に溶接部溶込み量のモデル化(65%, 75%, 85%)を示す。要素数約 25 万個、節点数約 27 万個、最小要素寸法を溶接部で 0.6mm とした。また、FEM では要素寸法や形状に強く影響を受けるが、各モデルでほぼ同様の寸法・形状としたため応力の比較は可能であると考える。

## 3. 溶接部の応力解析

### (1) 応力評価

既往の研究<sup>7)</sup>では溶接部の疲労き裂は進展方向に対して直角方向の応力が大きな影響を与えると考えられており、本研究においても疲労き裂発生箇所であるルート部二箇所、A 点、B 点(図-8)を応力評価点とし、き裂進展方向の直角方向を評価する。また、図-9 に詳細モデルの溶接線位置を示す(図中の枠はダブルタイヤの位置)。

### (2) 橋軸方向(235mm)発生応力

図-10 に評価点 A の応力、図-11 に評価点 B の応力を示めす(溶接線(2)の結果)。図中の横軸はダブルタイヤの橋軸方向幅 235mm の範囲を示している。モデルパターンは溶込み量変化モデル A,B,C(図-6)及び、変化モデルとの比較を行うために溶込み量が一樣(溶込み量:65%,75%,85%)を作成し、応力解析を行った。

### (3) 評価点 A の解析結果

図-10 から「65%, 75%, 85%」では溶け込み量に関わらず、ほぼ同様の応力分布を示している。また、「65-75%(b)、75-85%(b)」においても溶込み量変化による応力分布の違いは見られず、ほぼ同様の応力分布を示している。(a),(c)モデルでは(a)モデル: 75-85%(a)、(c)モデル: 65-75%(c)でそれぞれ高い圧縮応力が見られ、溶込み量の違いにより応力の分布が変化している。これらのこと

から溶込み量の確保がデッキプレート進展き裂に対して有効であるとは考えにくく、溶込み変化パターン(a),(b)においては溶込み変化の仕方により、発生応力が変化していると考えられる。

### (4) 評価点 B の解析結果

図-11 では、「65%, 75%, 85%」では溶込み量の増加とともに圧縮応力が減少し、(b)モデルでは溶込み量変化によらず、高い圧縮応力が見られた。(a),(c)モデルでは(a)モデル: 65-75%(a)、(c)モデル: 75-85%(c)でそれぞれ高い圧縮応力が見られた。

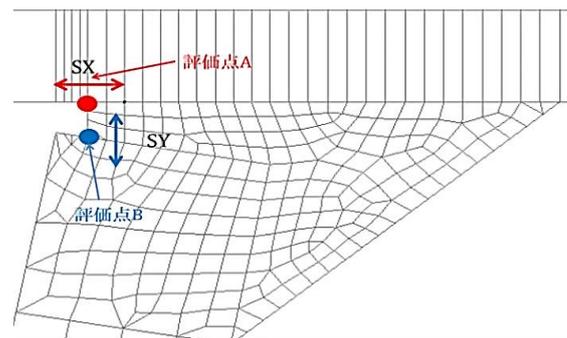


図-8 応力評価点

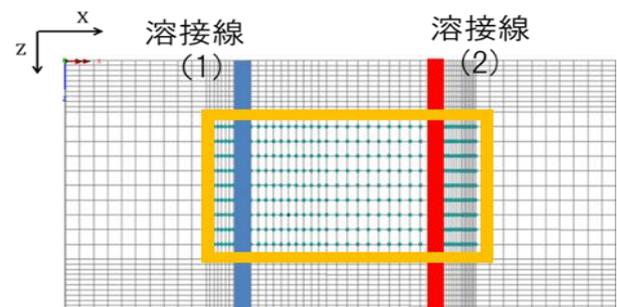


図-9 詳細モデル：溶接線位置

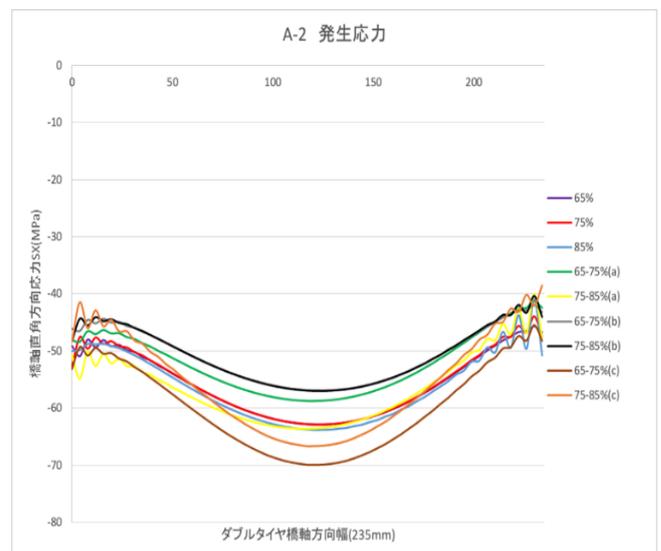


図-10 評価点 A 発生応力

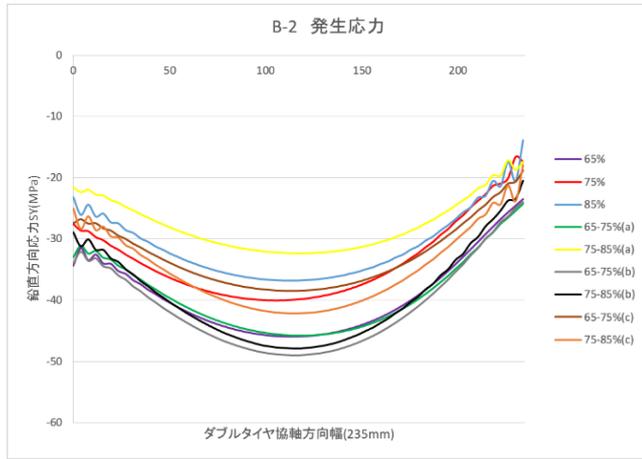


図-11 評価点 B 発生応力

これらのことから、溶込み量が一樣な場合においては、溶込み量の増加による発生応力の減少効果が見られたが、溶込み量を変化させたモデルにおいては溶込み量が応力の減少・増加に影響しているとは考えにくく、溶込み変化によって発生応力が変化していると考えられる。

#### 4.まとめ

溶込み量の変化をモデル化し、溶接部への応力集中の状態を明らかにする目的で溶込み量変化パターン A,B,C と一樣な溶込み量モデルの応力解析を行った。今回、得られた結果は以下の通りである。

- (1) 溶込み量は 75%以上確保する<sup>2)</sup>と定められているが溶込み量が溶接線方向で変化し、既定値を「上回る(75-85%),下回る(65-75%)」場合でも応力集中部の変化は見られず、いずれもダブルタイヤの直下が最大となった。よって、溶込み量変化による応力集中部の移動は考えにくい。
- (2) 一樣な溶込み量のモデルの場合、評価点 A では溶込み量に関わらず同程度の圧縮応力が見られ、評価点 B においては溶込み量の増加に伴い圧縮応力が減少した。このことから、溶込み量の確保が一概に疲労き裂に対して有効であるとは考えにくい。
- (3) 溶込み量の溶接線方向変化による圧縮応力は溶込み量変化パターンにより、発生応力に違いが見られる。これは溶込み量変化よりも各パターンの溶込み形状により、発生応力に変化をもたらしている可能性が高い。
- (4) 上記(1), (2), (3)から実際の疲労破壊においても溶

込み量の変化は悪影響を及ぼしている可能性があるが、上記(1)から疲労破壊への直接的な原因となっているとは考えにくい。

#### 参考文献

- 1) 三木千壽, 菅沼久忠, 富澤雅幸, 町田文孝: 鋼床版箱桁橋のデッキプレート近傍に発生した疲労損傷の原因, 土木学会論文集 No. 780/I-70, 57-69, 2005.1
- 2) 日本道路協会: 鋼道路橋の疲労設計指針, 2002年3月
- 3) 森猛, 嶋原志保, 中村宏: 溶接溶け込み深さを考慮した鋼床版デッキプレート・トラフリブ溶接部の疲労試験, 土木学会論文集 A Vol.62 No.3, 570-581, 2006.7
- 4) 畑稔朗, 稲葉章, 本告英樹: 閉断面リブ溶接の溶け込み確保に関する研究, ハルテック技報 No.3 2006
- 5) 竹内健二, 湯田誠: 溶け込み確保で信頼確保! ~合理化鋼床版デッキプレートとトラフリブ縦方向溶接~, 川田技報, 23巻 80-81 2004
- 6) 社会法人 日本橋梁協会: 橋梁年鑑平成四年版, 1992
- 7) 高田佳彦, 田畑晶子, 橋本国太郎, 杉浦邦征, 山口隆司: ルート部を起点に発生進展するき裂に着目した既設鋼床版の応力解析, 構造工学論文集, vol.56A,2010.3