

鋼性橋脚の腐食補修における解析的検討

首都高速道路（株） 正会員 ○齋藤 史弥

首都高速道路（株） 正会員 神田 信也

首都高速道路（株） 正会員 青木 貴之

日本エンジニアリング(株) 正会員 政門 哲夫

日本エンジニアリング(株) 小宮 謙一

1. はじめに

近年、首都高速道路において、鋼構造物の腐食による損傷が多数報告されている。腐食した部位に対する当て板補修については、部材の減厚量や損傷部位ごとに検討し、個別に FEM 解析を用いて当て板の要否を検討することも多く、多大な労力を費やしている。本稿では、首都高速道路で数多く採用されている鋼製橋脚のうち、鋼柱付き一層ラーメン橋脚を対象に、部材の減厚率をパラメータとした時の、応力状態を検証し、当て板補強の要否を検討した。

2. 鋼製橋脚における損傷分析

表-1 に鋼製橋脚における、腐食発生箇所及び部位の集計結果を示す。一般部及び張出部における横梁上下のフランジに腐食が多数報告されている。そのため、横梁フランジを対象に、腐食による減厚に伴い、板厚が変化した時の応力状態の変化を FEM 解析により検討した。

3. 解析モデル

解析モデルの概要を図-1 に示す。青線箇所の横梁フランジ全面を一様に、20%、40%、60%減厚させた。腐食再現箇所については、図-2 に示すよう健全板厚部に対して滑らかに擦り付けた。図-3 に橋脚の腐食事例を示すように、張出部は柱と梁のダイアフラム間、一般部の横梁下フランジは柱-柱間、上フランジはマンホール部近傍の腐食を想定しモデル化している。基礎のモデル化はせず、フーチングより上部の範囲をモデル化対象としており、柱下端は固定としている。なお横梁はシェル要素、柱は梁要素としモデル化している。着目点近傍の最小メッシュサイズは 25mm×25mm である。表-2 に荷重ケースを示す。死荷重作用時、活荷重作用時、地震時（橋軸及び橋直）の 4 ケースの荷重を作用させた。活荷重は、B 活荷重を上層（張出部）と下層（一般部）にそれぞれ最も厳しい条件となるように同時に載荷し検討を行った。

キーワード 鋼製橋脚, 腐食, 補修, FEM 解析

表-1 鋼製橋脚における腐食損傷発生箇所数

腐食発生箇所	件数	腐食発生部位	件数
一般部	30.6%	上フランジ	12.1%
張出部	38.9%	下フランジ	40.8%
連結部	24.2%	ウェブ	8.6%
溶接部	0.02%	ダイアフラム	5.9%
隅角部	4.5%	マンホール	23.1%
不明	1.8%	その他	9.6%
合計	100.0%	合計	100.0%

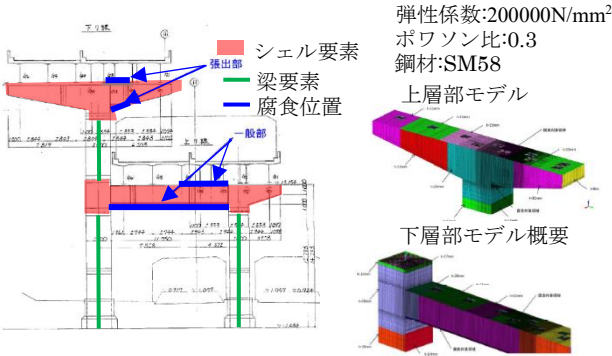


図-1 解析モデル概要

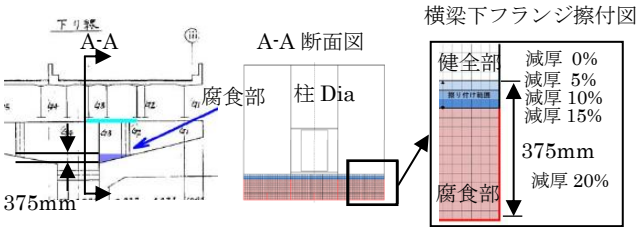


図-2 下フランジ腐食部の詳細図
一般部の腐食事例 張出部の腐食事例



図-3 鋼製橋脚における腐食事例

表-2 解析ケース

荷重条件	上部工				下部工		
	死荷重	活荷重	地震時慣性力 橋軸	橋直	死荷重	地震時慣性力 橋軸	橋直
死荷重時	●				●		
活荷重時	●	●			●		
地震時（橋軸）	●		●		●	●	
地震時（橋直）	●			●	●		●

連絡先 〒103-0015 東京都中央区日本橋箱崎町 43-5 首都高速道路（株）東京東局 TEL 03-5640-4865

4. 横梁下フランジ解析結果

図-4に張出部におけるミーゼス応力の解析結果を示す。減厚率 60%の危険側のケースについても、降伏応力度を超過していない。図-5に一般部における解析結果を示す。地震時（橋直）においては、下フランジが 20% 減肉することで、降伏応力度を超過している。図-6に地震（橋直）時の減厚率ごとの柱からの降伏応力発生位置までの距離を示す。減厚率 20%において、柱から 1751mm までの範囲に減厚率 20%以内の腐食が生じている場合でも、降伏応力を超過せず補修不要といえる。

5. 一般部下フランジ局部腐食による検討

前述した解析では、腐食範囲の上下フランジを一律に減厚させた。その結果、橋直方向水平力作用時に、一般部の下フランジにおいて、減厚率 20%で降伏応力を超過した。しかしこれらのケースは腐食範囲全面を一律に腐食させた場合であり、危険側の解析条件での結果といえる。そこで実現象として起こりうる局部腐食の状態を再現して解析を行った。なお腐食範囲は図-7に示すダイアフラム間を想定している。また腐食範囲 A2 ケースにおける板厚変化点については、剛性急変による応力集中を緩和するために、テーパ（勾配 1/5）をつけソリッド要素でモデル化した。図-8に地震（橋直）時の腐食範囲 A1 におけるミーゼス応力分布のコンター図を示す。板厚の断面変化位置を除き、減厚率 20% の場合においても、降伏応力を超過していない。図-9に地震（橋直）時の腐食範囲 A2 におけるミーゼス応力分布のコンター図を示す。断面変化位置より 200mm 以上離れることで、下フランジの発生応力度は SM50YA 材の降伏応力度 365N/mm^2 以下となっている。

6. まとめ

鋼柱付一層ラーメン橋脚を対象に、横梁下フランジが腐食した時の補修要否に関する検討を行い、以下の結果を得た。

- ・一般部における許容応力度を超過する板厚 13mm の範囲において、断面変化点から 200mm 以上の範囲で減厚率 20%以下の腐食であれば当て板補修は不要である。
- ・断面変化位置付近の腐食については、補強要否の判断を慎重に行う必要がある。

今後は他の構造形式においても、腐食減厚率と腐食範囲の閾値を検討し、補強要否の検討を進めて行く。

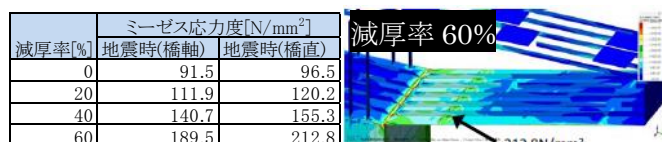


図-4 張出部におけるミーゼス応力解析結果

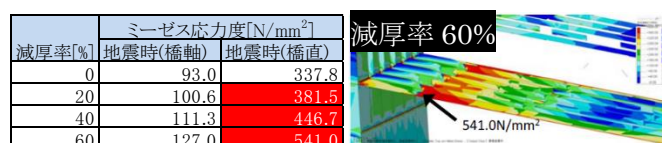


図-5 一般部におけるミーゼス応力解析結果

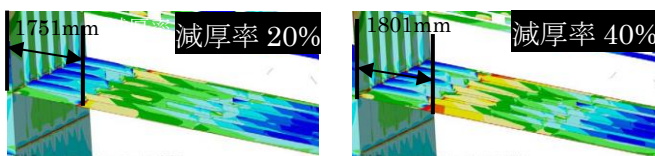


図-6 橋直方向水平力作用時の降伏応力発生位置

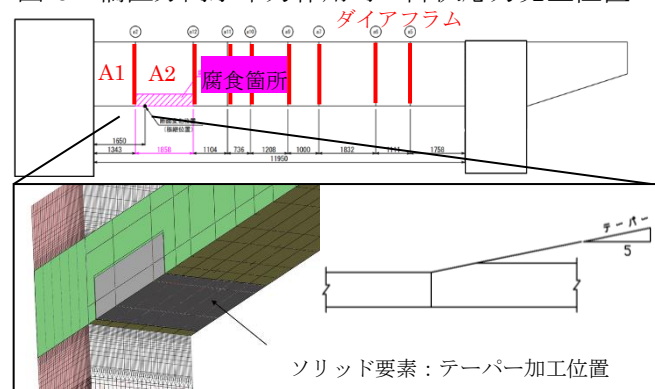


図-7 腐食想定箇所及びテーパ加工詳細図

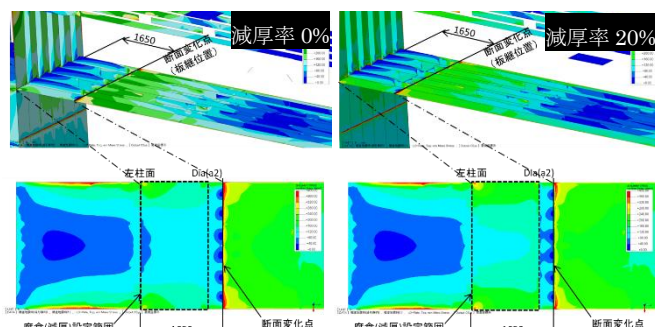


図-8 腐食範囲 A1 におけるミーゼス応力コンター図

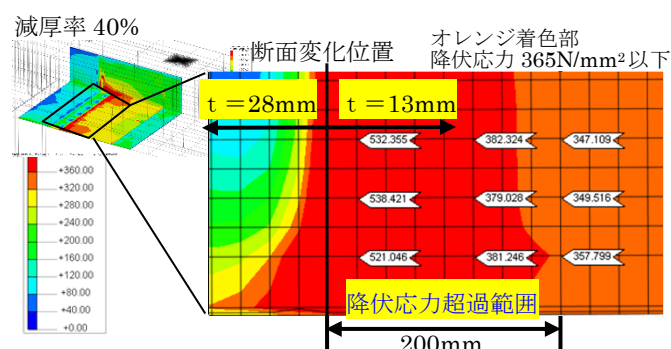


図-9 腐食範囲 A2 におけるミーゼス応力コンター図