

鉄桁上フランジ溝型補強の耐荷力評価に関する一考察

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○西脇 美安
 西日本旅客鉄道株式会社 正会員 小浦 貴明
 西日本旅客鉄道株式会社 正会員 中山 太士
 関西大学 正会員 石川 敏之

1. はじめに

建設年次の古い鉄桁では、主に昭和初期に、列車の重量化や鋼材節約等の時代背景から耐荷力向上を目的として、上フランジに溝型鋼を現場溶接により設置（以下、「溝型補強」とする）しているケースがある（図-1）¹⁾²⁾³⁾。この溝型補強溶接部には、列車通過時に引張応力が繰り返して作用するため、疲労き裂の発生が過去より報告されている（写真-1）²⁾³⁾。これらのき裂に対して、発生原因や対策を検討した事例¹⁾²⁾³⁾はあるものの、補修基準を検討した事例はない。このき裂が上フランジに進展した場合は、即座に補修が必要であるが、溝型補強の溶接部のみにき裂がある場合の補修基準を策定することが望まれている。そこで、本研究では、補修基準の策定を目的に、溝型補強部に生じたき裂長さが耐荷力に及ぼす影響に着目し、耐荷力が低下するき裂長さを把握することを試みたので報告する。

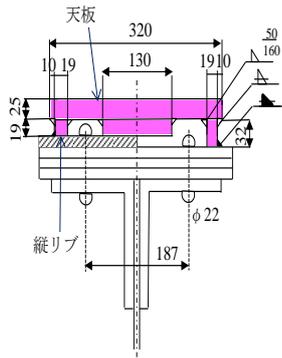


図-1 溝型補強断面図

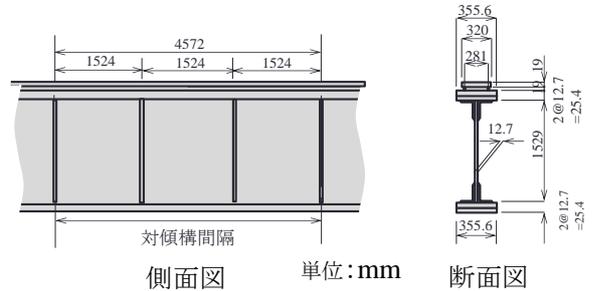


図-2 側面図（対傾構間）および断面図



図-3 き裂が発生した溝型補強断面図

3. FEM 解析による耐荷力評価

3.1 フランジモデルを用いた耐荷力評価

(1) 概要

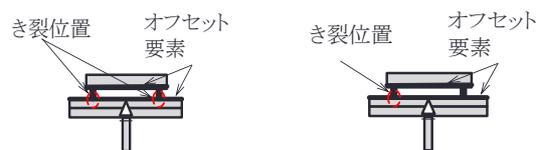
溝型補強の溶接部に生じたき裂長さが耐荷力に及ぼす影響を確認するために、フランジと溝型補強を対象とした解析を行うこととした。

(2) 解析内容

解析対象は、上フランジと溝型補強とし、汎用有限要素法解析プログラム MARC2012 を用いて弾塑性有限変位解析を行った。き裂は、溝型補強溶接部の両側または片側に生じた場合のモデルとし、き裂の長さをそれぞれ 0~4,572mm に変化させて評価を行った。なお、4,572mm は本橋りょうの対傾構の間隔である。この解析モデルを図-4 に示す。



(a) フランジ側面



(b) 断面（両側き裂） (c) 断面（片側き裂）

図-4 解析モデル（フランジモデル）

2. 対象橋りょうの概要

対象橋りょうの概要を表-1 に、側面図の一部および断面図を図-2 に示す。図-3 には、溝型補強に生じたき裂の位置を示している。き裂は、溝型補強溶接部の左右両側に発生しているものもあれば、左右いずれかの片側のみに発生していないものもある。

表-1 対象橋りょうの概要

軌道構造	橋まくらぎ式	
床組	開床式	
接合方法	リベット接合	
補強	溝型補強あり	
溝型補強した桁の諸元	支間	22.1m
	桁種別	上路プレートガーダ
	桁製作年	1909年

キーワード 鋼製橋りょう, 鉄道橋りょう, 溝型鋼, 溝型補強, 疲労き裂

連絡先 〒673-0016 明石市松の内2丁目3-8

TEL : (078)928-0688

(3) 解析結果

き裂長さ比 (l/l_0) と残存耐力の関係を図-5 に示す。ここに、横軸にき裂長さ比、縦軸に残存耐力を示している。き裂長さ比とは、対傾構間隔 l_0 (4,572mm) とき裂長さ l (0~4,572mm) との比率を表したもので、残存耐力とは、各き裂長さの耐力をき裂がない場合の耐力で除した値 (き裂がない場合を 0 とする) である。この結果より、両側き裂の場合は、き裂長さ比が 0.5 を超えると耐力が低下し始め、0.6 を超えると急激に低下することが確認された。片側き裂の場合は、き裂長さ比が増加しても耐力の低下が確認されなかった。

図-6 に、き裂なしモデルとき裂長さ比 1.0 モデルの最大荷重時の上フランジおよび溝型鋼の変形図を示す。なお、図中の部材の変形量は 10 倍で表示している。この図からわかるように、耐力が低下しないき裂がないモデルはフランジと溝型鋼に変形が生じなかったが、耐力が低下したき裂長さ比 1.0 のモデルでは、溝型補強部の座屈が確認された。この現象は、耐力が低下したモデルすべてで確認された。また、き裂長さが増える程、変形量が大きくなることを確認された。

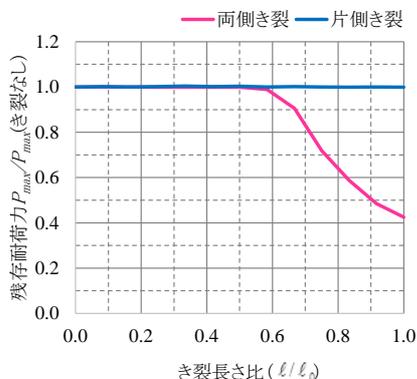


図-5 き裂長さ比と残存耐力との関係

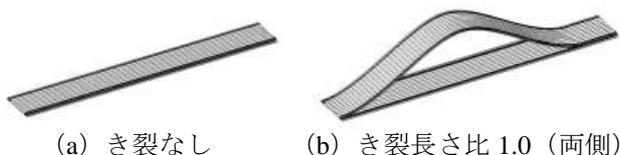


図-6 解析終了時の溝型鋼の変形 (変形量 10 倍)

3.2 桁モデルを用いた耐力評価

(1) 概要

対象橋りょうをモデル化し、溝型補強溶接部に生じたき裂が耐力に及ぼす影響を評価することを目的に解析を行うこととする。

(2) 解析内容

対象橋りょうの桁および溝型補強をモデル化し、汎用有限要素法解析プログラム MARC2012 を用いて弾塑性有限変位解析を行った。き裂は、3.1 項の解析と同様、溝型補強溶接部の両側または片側に生じた場合のモデルとし、き裂の長さをそれぞれ 0~4,572mm に変化させた。解析モデルを図-7 に示す。



図-7 解析モデル (桁本体)

(3) 解析結果

き裂長さ比 (l/l_0) と残存耐力の関係を図-8 に示す。ここに、横軸にき裂長さ比、縦軸に残存耐力を示している。この図からわかるように、桁モデルでは、き裂長さ比が増加、すなわち、き裂が進展した場合でも耐力に大幅な低下が見られないことがわかった。

次に、両側き裂モデルの荷重と支間中央の変位の関係を図-9 に示す。なお、図中の P_Y は、桁と溝型補強からなる断面の降伏荷重 (下縁降伏) を示す。この結果より、き裂がない場合には最大荷重が全塑性モーメントに達する荷重 P_p に達しているのに対し、き裂長さ比が 0.8 以上の場合は P_p に達すると急激に荷重が低下したため、き裂がない場合よりも冗長性が低下することが確認された。

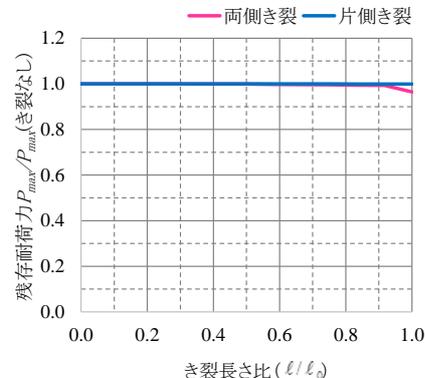


図-8 き裂長さ比と残存耐力との関係

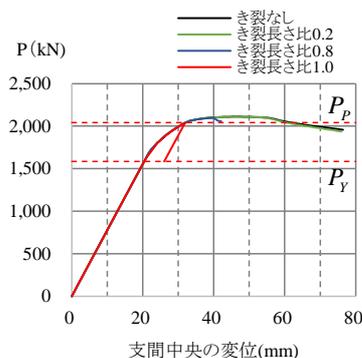


図-9 荷重と変位の関係

4. 結論

本研究により得られた知見を以下に示す。

- (1) フランジモデルの解析では、溝型補強溶接部のき裂が両側に一定量生じると耐力が低下することが確認された。
- (2) 桁モデルにおいては、き裂長さによって明確な耐力の低下が確認されなかったものの、一定量き裂が生じると冗長性が低下することが確認された。今後は、今回の結果を基に、き裂長さを指標とした補修基準の提案を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 影本多加夫, 高橋郁夫, 深石俊治, 小芝明弘: 鉄桁補強部の部材応力測定による変状原因の推定, 土木学会第 52 回年次学術講演会, IV-281, 1997
- 2) 大山智, 野中大輔, 水谷真基: 溝型補強桁の変状対策, 土木学会第 70 回年次学術講演会, IV-309, 2015.9
- 3) 川田真也, 後藤貴士: カバープレート (溝型補強) のき裂進展抑制工法の検討, 日本鉄道施設協会誌, Vol.54, 2016.9
- 4) 石川敏之, 大倉一郎, 藤森由浩: き裂を有する桁の曲げ耐力, 構造工学論文集, Vol.52A, 2006.3