

鋼橋 I 桁端部にき裂が発生した後のせん断耐荷力に関する基礎的研究

(株)宮地鐵工所 正会員 ○ 金 仁浩
 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
 (株)宮地鐵工所 正会員 永山 弘久

1. 目的

き裂損傷の発生原因の特定と疲労き裂先端部に着目したき裂進展解析などは数多く行われている。しかし、き裂発見時点の部材の耐荷力を検討した研究は少なく、その時点での部材の耐荷力を判断するための資料が十分であるとは言い難い。

本研究では、き裂発生事例の報告が多い I 桁の桁端部に注目し、き裂長さとその方向をパラメータとした弾塑性有限変位解析を行い、桁端部にき裂を有する主桁のせん断耐荷力について検討する。

本研究では、I 桁端部におけるき裂損傷事例として代表的な¹⁾、支承部のソールプレート取り付け溶接部にき裂が発生し下フランジまで貫通した²⁾場合を対象して検討を行う。

2. 解析モデル

対象とした桁端部モデルは道路橋標準設計図集³⁾の中から、I 桁橋の桁端部を取り出し、図-1 に示す単一パネルを解析対象としている。解析対象部位の使用鋼材はすべて SS400 材である。本解析で用いた、鋼材の応力-ひずみ関係を図-2 に示す。解析には弾塑性有限変位解析で実績のある EPASS/USSP⁴⁾を用いた。

本研究では、き裂長さおよび方向とその部位がせん断耐荷力に与える影響度に主眼を置き、解析モデルには初期不整（初期たわみおよび残留応力）を与えていない。対象とする単一パネルのアスペクト比とせん断座屈に対する幅厚比パラメータ R_{tw} を表-1 に示す。解析で導入したき裂は節点間の初期座標を共有する独立節点としてモデル化している。

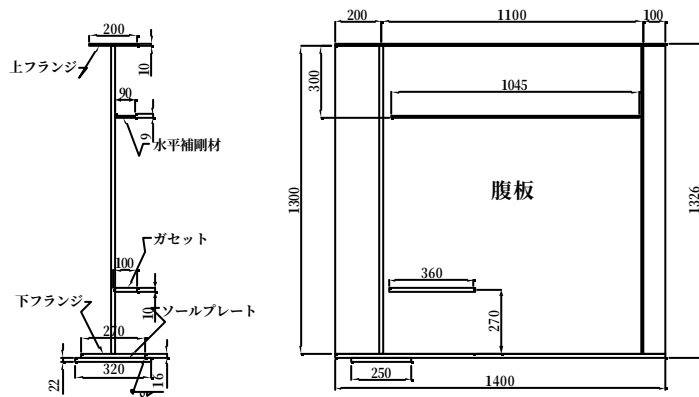


図-1 着目する部材の詳細（寸法単位:mm）

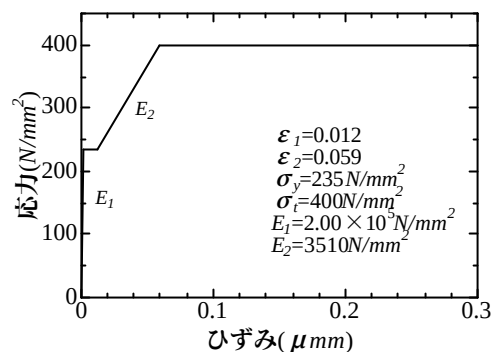


図-2 鋼材の材料特性

表-1 解析モデルのせん断座屈パラメータ

	アスペクト比	幅厚パラメータ R_{tw}
単一パネル	0.85	0.97

ただし、本解析では、き裂発見時のき裂長さを有する場合の桁端部のせん断耐荷力を求めることに主眼を置いたため、その後のき裂進展を考慮した解析を行っていない。

支持条件は図-3 のように支承部にピン支持条件で、強制変位を与える部分 A になる線上はせん断方向 (Z 方向) のみを自由とした。

本研究では、せん断座屈力を評価する方法として斜張力場が形成される部分の一番面外変位が大きい要素の裏表ひずみをプロットして裏のひずみが引張に転じ、始める時点を選断座屈力と定義した。

せん断力を受ける腹板では、一般にせん断座屈が発生した後、斜張力場が形成され、上下フランジに塑性ヒンジが形成され終局状態に至る。この作用せん断力が一定となる時を終局せん断力とした。

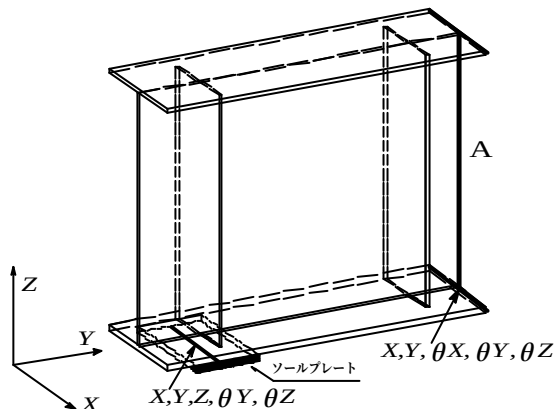


図-3 拘束条件

キーワード き裂, I 桁端部, せん断耐荷力, 鋼橋

連絡先 〒290-8580 千葉県市原市八幡海岸通3番地 TEL0436-43-8110 E-mail: kim-inho@miyaji-iron.com

3. ソールプレート周辺のき裂損傷

本解析で対象としたき裂の形状と解析ケースの内訳を図-4 および表-2 に示す。図に示すように、対象としたき裂の方向は下フランジを中心として時計回りに 45° 、 90° 、 135° である。また、き裂長さは腹板高さを基準にその 5%、10%、15% までを考慮した。

一番大きなき裂の長さはソールプレート部から支点部の垂直補剛材までき裂が進展すると高さの 15% に至ることから決めた。解析結果のまとめを図-5 と図-6 に示す。図の縦軸は健全なモデルと損傷があるモデルのせん断力を比率で表したものである。き裂が下フランジを貫通するモデルではせん断座屈力 4% が減少した。また、いずれの角度においてもき裂長さが長くなるとせん断座屈力は減少し、その低下の割合は、 45° の時、顕著であった。

この場合、き裂時のせん断座屈力の減少率はき裂長さ 5%、10%、15% のそれぞれに対し、3%、7%、10% 減少した。しかし、終局せん断力についてはき裂がない場合とき裂がある場合とで、斜張力場が形成される部位は異なるが、その大きさはき裂長さによらず大きな差異は見られなかった。

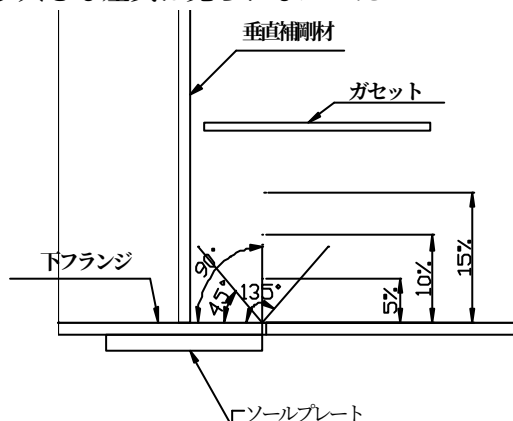


図-4 解析で設定したソールプレート周辺のき裂形状とその方向

表-2 解析モデルの内訳

		き裂の有無(mm)	
		下フランジ	腹板
S-I-G		なし	なし
S-C		270	なし
S-C-5	き裂方向		
	45°	270	60
	90°	270	60
	135°	270	60
S-C-10	45°	270	120
	90°	270	120
	135°	270	120
S-C-15	45°	270	180
	90°	270	180
	135°	270	180

このように、き裂長さの増加に対して終局せん断力の減少量が少ないのは、き裂がない場合では、ソールプレートと下フランジの取付け部近傍と上フランジに塑性ヒンジが発生し、終局せん断力に至るが、

き裂が下フランジを貫通している場合、下フランジには塑性ヒンジが形成されず、代わりに支点上垂直補剛材の下部が塑性化し、終局せん断力に至っており、崩壊モードが異なるためであることがわかった。

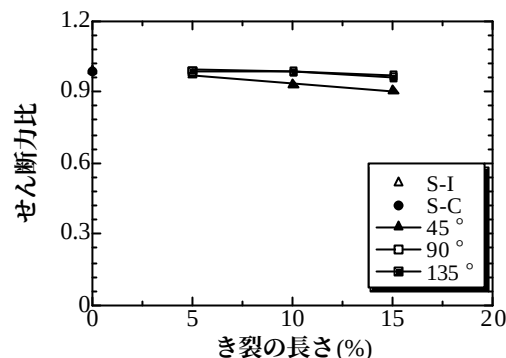


図-5 せん断座屈力

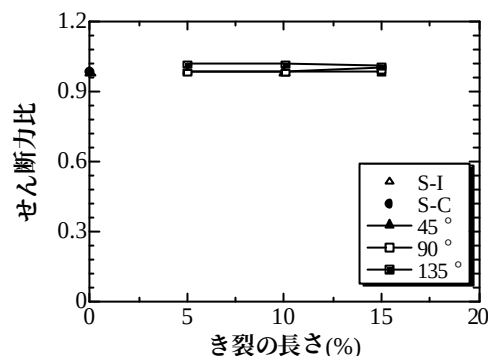


図-6 終局せん断力

4. まとめ

本研究では桁端部にき裂損傷がある場合の、き裂損傷発生時の補修・補強判断のための残存耐荷力の目安の提供を目的としている。そこで、桁端部におけるき裂発生が多い事例を取り上げ、き裂がある場合のせん断座屈力および終局せん断力を FEM 解析により検討した。本研究により得られた主な成果を示す。

- 1) ソールプレート周辺からき裂が発生し、下フランジを貫通して、腹板まで進展するき裂の場合、下フランジに対して 45° 方向に進展するき裂がせん断座屈力の減少率が高い。
- 2) ソールプレート近傍を起点とするき裂がある場合、き裂の方向によっては終局せん断力時に下フランジに塑性ヒンジが形成されず、支点上垂直補剛材下部が塑性化することがわかった。したがって、設計時には、き裂損傷の発生による影響も考慮して、支点上垂直補剛材の設計を行う必要があると考えられる。

参考文献

- 1) (財)日本鋼構造協会：土木鋼構造物の点検・診断・対策技術-2009 年度版-，2009，8.
- 2) (社)日本道路協会：鋼橋の疲労，1997.5.
- 3) (社)日本道路協会：道路橋標準設計図集解説(2)，1963.11.
- 4) USSP ユーザーズ・マニュアル，Ver.5.0，JIP テクノサイエンス(株)，2001.3.