

1. 研究背景および目的 交通ネットワークに欠かせない道路橋の多くは高度経済成長期に急速に整備され、今後建設から 50 年目を迎える橋梁が多く存在する。現在に至るまでに環境変化や交通量の増大により、疲労といった橋梁の劣化が顕在化してきた。本研究では、き裂損傷が橋梁全体構造、部材レベルに与える影響の関連付けを行い評価することを大きな目標としている。既往の研究¹⁾で疲労き裂を有する板要素の残存耐荷力の評価法が検討されており、本論文では、その次段階として疲労き裂を有する桁部材に着目し、その残存耐荷力を解析的に評価し、板要素の検討との関連性を検討することが目的である。

2. 解析モデル 解析は有限要素解析コード ABAQUS を用い、弾塑性有限変位解析を行った。対象橋梁は、実際にき裂損傷が発見された名阪国道「山添橋」を想定し、解析モデルは図-1 となる。本論文では、曲げとせん断をそれぞれ载荷した。また、水平補剛材の有無による違いを確認するため 2 モデルを作成した。メッシュ分割は 20mm 間隔とし、等方硬化に従う材料として仮定する。使用材料は SM400 を想定し、材料特性を表-1 に示す。また、応力-ひずみ関係は図-2 に示すバイリニア型で与える。初期不整として残留応力は考慮せず、初期たわみのみ考慮している。初期たわみ形状は、図-3 に示す。補剛材なしは、曲げとせん断で別の初期たわみ形状、補剛材ありは曲げおよびせん断は同じ初期たわみを仮定する。

3. 解析ケース き裂を有する桁の解析ケースを図-4 に示す。なお、本解析では、き裂の進展性は考慮していない。き裂のケース名は、赤丸の数字は Case○-△の△を表し、青丸から 1 つ目の赤丸までき裂が発生しているケースを 1, 2 つ目の赤丸までを 2, 3 つ目までを 3, 4 つ目までを 4 としている。き裂形状は違うが、き裂ケースが同じであれば、き裂発生点からの高さと同じになるように作成した。また比較した板要素の概要も図-4 に示す。

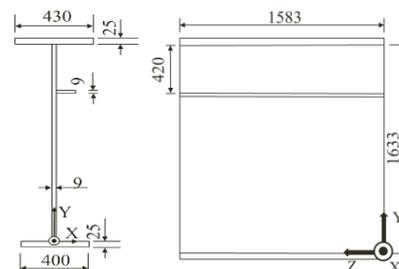


図-1 解析モデル

表-1 材料特性

使用材料	SM400	
ポアソン比 ν	0.3	
降伏応力	(N/mm ²)	235
引張強さ	(N/mm ²)	400
ヤング率 E	(N/mm ²)	200000

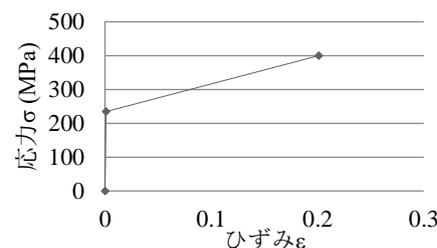
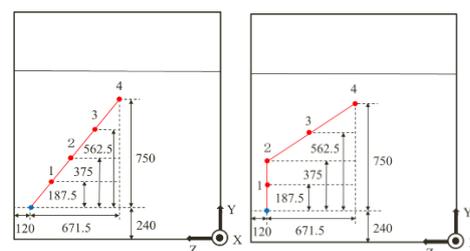
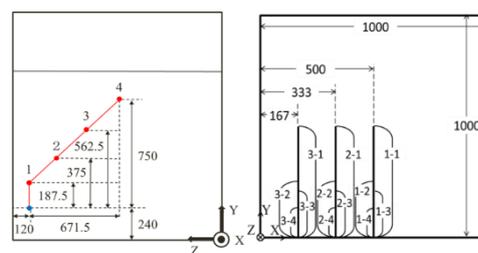


図-2 応力-ひずみ関係



(a)Case1

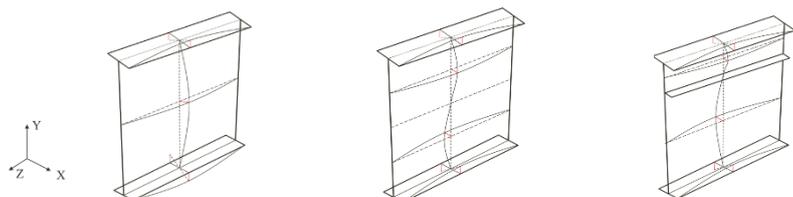
(b)Case2



(c)Case3

(d)板要素¹⁾

図-4 き裂ケース



(a)補剛材なし(曲げ)

(b)補剛材なし(せん断)

(c)補剛材あり

図-3 初期たわみ形状

4. 解析手法 曲げモデルはウェブの中立軸に X 軸周りの強制回転角を与え、せん断モデルは Z=0 の I 型断面に、Y 軸方向の強制変位を与える変位増分法を採用する。

5. 解析結果 曲げモデルの最大曲げモーメント-き裂ケースの関係を図-5 に示し、せん断モデルの最大せん断力-き裂ケースの関係を図-6 に示す。また、グラフの凡例中の Case の前の s-は水平補剛材ありを示す。また、図-7 は、き裂直上の残存断面積と最大応力もしくは最大荷重との関係を示す。なお板要素の解析結果も同時に示している。

図-5 より、補剛材ありのほうがなしよりも最大曲げモーメントが大きく減少している。これは、ウェブのき裂が圧縮フランジへの影響が少ないが、水平補剛材への影響によるものと考えられる。

図-6 より、補剛材ありとなしともき裂ケースが 2 までは耐荷力減少が小さいが、き裂ケースが 3 および 4 では、耐荷力が大きく減少する。これはき裂長が長くなることでウェブの斜張力場に大きく影響したのが、き裂ケース 3 以降で、き裂ケース 2 までは影響が少なかったことが要因の 1 つと考えられる。

最後に、図-7 より、曲げモデルで板要素のみの場合、き裂位置の違いによる耐荷力の違いは少ないが、き裂長さが長くなると曲げ応力は大きく減少する。しかし、桁部材になるとフランジによる曲げ耐荷力が大きいため、ウェブのき裂が長くなっても耐荷力にはそれほど影響がない。一方、せん断モデルでは、板要素・桁部材ともにき裂長さが長くなると耐荷力は減少する。板要素のみでは、き裂長が同じでも、き裂位置が違くと耐荷力に大きな差が生じている。しかし、桁部材ではき裂位置が近いため、き裂形状の違いによるき裂長の違いと耐荷力の関係はあまりない。板要素、桁部材ともにき裂位置がせん断力に関係していると考えられる。

6. 結論 板要素および桁部材の曲げモデルは、補剛材の有無やき裂長さによる耐荷力の違いが見られたが、き裂位置による耐荷力の違いは見られなかった。

板要素および桁部材のせん断モデルについては、曲げモデル同様、補剛材の有無やき裂長さによる耐荷力の違いが見られたが、き裂形状の違いによる耐荷力の変化は見られなかった。また、せん断はき裂がウェブの斜張力場に作用しているかどうか耐荷力に大きく関係している。

参考文献 1) 星野加奈他：き裂を有する鋼板の曲げおよびせん断耐荷力に関する解析的検討，鋼構造年次論文報告集，第 24 巻，pp.351-358，日本鋼構造協会，2016.11.

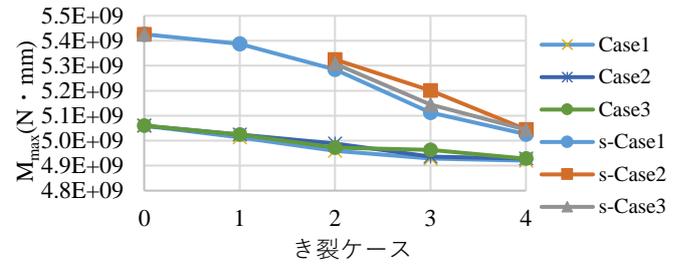


図-5 曲げ解析

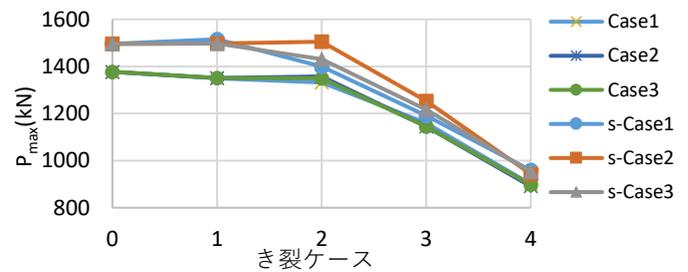
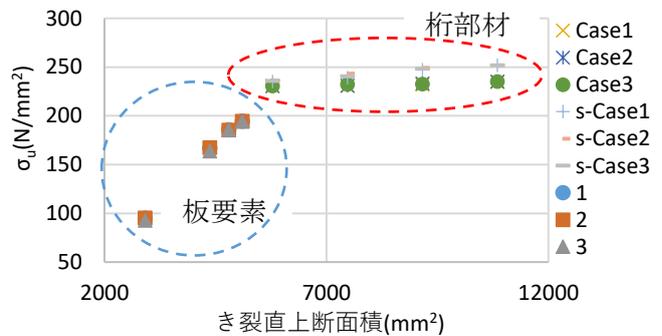
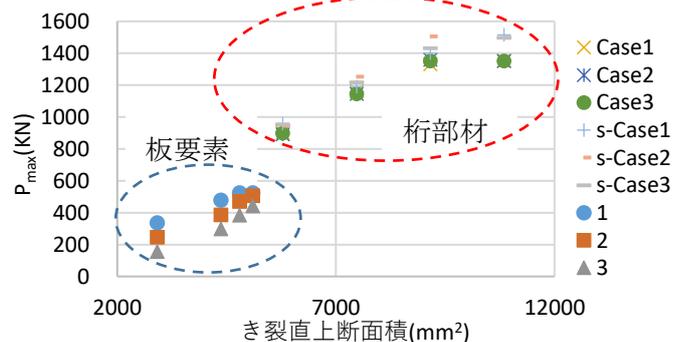


図-6 せん断解析



(a)曲げ解析



(b)せん断解析

図-7 耐荷力とき裂直上断面積との関係