

鋼トラス橋のリダンダンシー解析における衝撃係数に関する研究

名古屋大学 学生会員 吉田 守孝, 太田 知宏, 正会員 館石 和雄

1. はじめに

米国ミネソタ州での橋梁崩落事故や国内の木曾川大橋等における鋼トラス橋の斜材破断事故を契機に、橋梁の構造全体の冗長性を評価するリダンダンシー解析への関心が高まっている。リダンダンシー解析では、着目する破断部材を取り除いた上で構造解析を行い、部材破断時の全部材の断面力を算出することによって、その次にクリティカルとなる部材を特定するという手順が繰り返される。

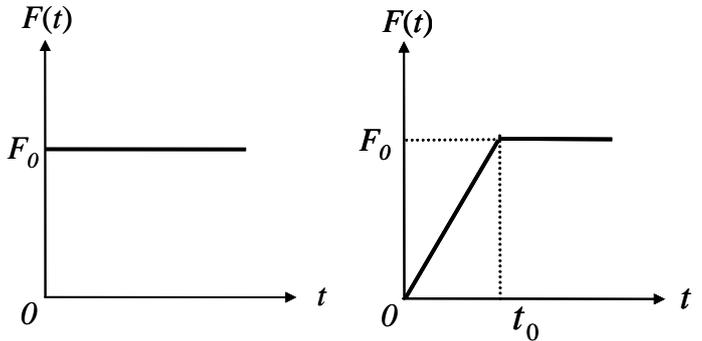
鋼トラス橋の部材破断は極めて短い時間で起こる動的な現象であるため、リダンダンシー解析においては、残存部材への動的な影響を衝撃係数により考慮しており、現在、衝撃係数の値として1.854が採用されている。これは、橋梁の構造全体を1自由度系振動モデルと仮定し、減衰5%を考慮した振動モデルに対して、図-1(a)に示すように瞬間的に力が作用した時の最大応答値から算出されている。しかし、部材破断時には図-1(b)に示すように力が作用してから定常状態となるまでに要する時間(以下、立ち上がり時間)が存在すると考えられる。そのため、現在の手法においては、部材破断時の衝撃を過大に評価している可能性がある。また、橋梁全体を1自由度系振動モデルと仮定して、簡易的に衝撃を評価している現在の値の妥当性を検討する必要があると考えられる。

本研究では、部材破断時の立ち上がり時間の存在に着目し、鋼トラス橋をモデル化した有限要素解析を実施することで破断時の動的応答を算出する。この結果を用いて、現在採用されている衝撃係数の妥当性を検討するとともに、リダンダンシー解析に用いるべき衝撃係数について考察を行う。

2. 対象橋梁および解析手法

本研究では、国道23号線に架かる木曾川大橋を解析対象橋梁とした。木曾川大橋は、図2に示す支間長70.63mの2主構の単純下路トラス橋である。

本研究では引張部材を破断部材と想定し、図-2において楕円で囲った3つの引張斜材および2つの下弦



(a)瞬間的に働く外力 (b)ステップ型外力

図-1 外力と時間の関係

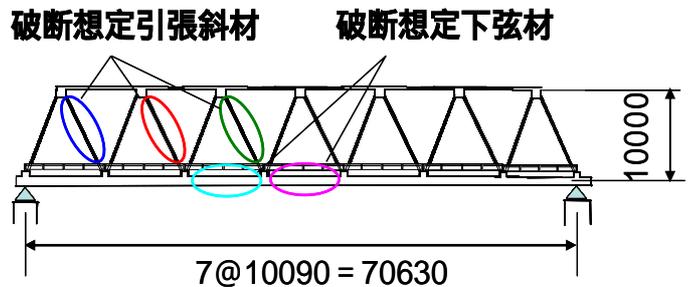


図-2 解析対象橋梁の概要(unit:mm)

材を対象とした。図-2に示す引張斜材を左から斜材1~3と定義し、下弦材を左から下弦材1~2と定義した。

解析は汎用構造解析ソフトAbaqusを用いた。橋梁の主構・横構および床組部材(縦桁・横桁)はすべて梁要素を用いた3次元の立体骨組とし、床版はシェル要素を用い、床版と床組を連結するスラブアンカーは線形バネ要素を用いてモデル化を行った。また、スラブアンカー1本当たりのバネ定数は永谷ら(2009)の研究を参考に659kN/mmとした。格点はすべて剛結合とし、構造減衰として5%を仮定した。荷重については、死荷重に加え、活荷重としてL荷重のB活荷重を着目する破断部材の軸力が最大となるように載荷した。この計算モデルを用いて、部材破断時の動的応答を弾性時刻歴応答解析により算定した。

まず、着目する破断部材の破断位置の節点を分離

キーワード 鋼トラス橋, 部材破断, リダンダンシー解析, 立ち上がり時間, 衝撃係数

連絡先 〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科 TEL052-789-4620

し、破断前の断面力を外力として作用させ、破断前の健全状態を再現した。次に破断前の健全状態における断面力と大きさの等しい外力を逆方向に載荷することで破断を再現した。外力を逆方向に載荷する際に、立ち上がり時間を変化させて解析を行った。

3. 断面力による衝撃係数

部材破断後の動的応答値が最も終局状態に近づく部材（以下、着目部材と称する）に着目して、衝撃係数を算出した。着目部材は、引張部材に関しては降伏応力と破断後に生じる応力との比が、また、圧縮部材は座屈応力と破断後に生じる応力との比が最も大きいものを抽出した。図-3 に着目部材と、その値を示す。破断部材の位置によって、着目部材の位置が異なること、また、下弦材 2 の場合を除いて、着目部材は破断部材の周辺に位置することが分かる。

本研究における衝撃係数は、部材破断時の急激な力の解放に伴う衝撃により生じる発生断面力の最大応答値と部材破断後の静的釣り合い状態における発生断面力の値との比率として算出した。図-4 に、部材破断時の衝撃による発生断面力の衝撃係数と立ち上がり時間の関係を示す。ただし立ち上がり時間は部材の固有周期で無次元化して示している。破断位置によって衝撃係数の値はそれぞれ異なることが分かる。下弦材を破断させた場合、現在の衝撃係数の値と比較してかなり小さな値となった。また、3本の引張斜材の比較では、死荷重載荷時に軸力が最大になる斜材1を破断想定部材とした場合に、衝撃係数は最大となった。

本研究で想定した破断部材の結果では、立ち上がり時間を考慮しない場合で評価を行うと、衝撃係数は最大で1.477となり、現在採用されている1.854よりも小さい値となった。また、部材破断時には破断が発生してから、部材が軸力を受け持たなくなるまでに要する立ち上がり時間が存在すると考えられるため、立ち上がり時間を考慮すると衝撃係数の値はさらに小さくなると推測される。このことから、橋梁の構造全体を1自由度系振動モデルと仮定して衝撃係数を算出している現在の衝撃係数の値はかなり安全側の値となっているものと考えられる。

4. まとめ

本研究による検討から、現在採用されている衝撃係数の値 1.854 では部材破断時の衝撃を過大に評価

している可能性があることがわかった。また、立ち上がり時間が動的応答に与える影響が大きいことがわかった。

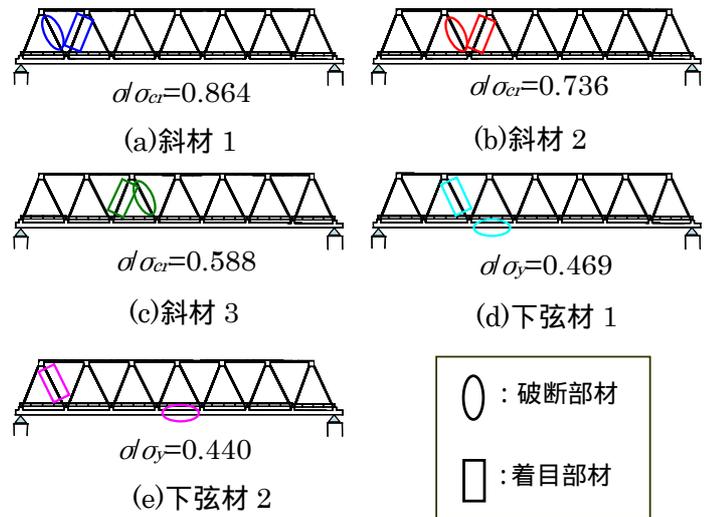


図-3 各破断位置における着目部材

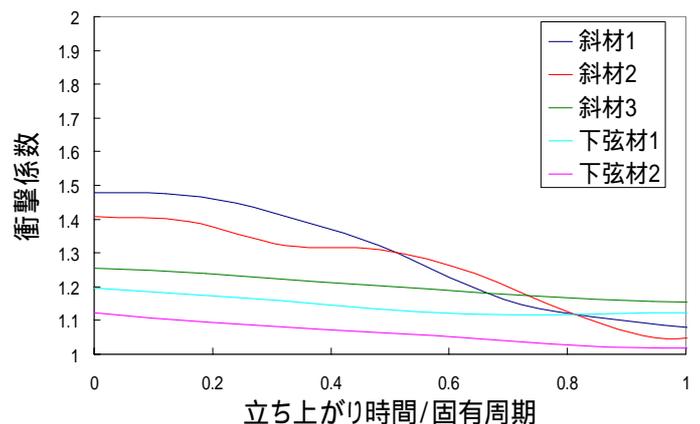


図-4 衝撃係数と立ち上がり時間の関係

謝辞

本研究は日本鉄鋼連盟先導研究助成を受けて行ったものである。関係各位に感謝いたします。

参考文献

[1]永谷秀樹 他(2009): 我が国の鋼トラス橋を対象としたリダンダンシー解析の検討,土木学会論文集 A, pp410-425 .
 [2]本多一成 他(2009): リダンダンシー解析における鋼トラス橋の部材破断時の衝撃係数に関する一考察,土木学会第 64 回年次学術講演会講演報告集, 部門 I, pp.225-226 .