

1. はじめに

木曾川大橋トラス斜材の破断事故（図 1 参照）や米国ミネアポリスの橋梁倒壊事故を契機として、損傷・劣化した鋼橋に対する備えが急務であるとの観点から、全国的に緊急点検と並行して、損傷・破断部への補修・補強が実施され、予防保全に対する検討が進められているのは周知のとおりである。鋼トラス橋斜材の破断部に対する補修・補強法として、現状では、当て板補強法が適用され施工されているが、鋼橋の延命化・長寿命化の観点からより合理的・恒久的な工法の開発が望まれている。また、同時に、このような事故を未然に防ぐための要素技術の開発が不可欠であると考えられている。

橋梁のリスクを低減する手法として、リスクベース工学に基づくフェールセーフ設計の適用が考えられる¹⁾。鋼アーチ橋の架設設計法にフェールセーフ設計を用いた事例が報告されているが、本報では、鋼トラス橋斜材の破断の事例を対象としてフェールセーフ設計と等価と考えられるリダンダンシー解析²⁾を実施し、同形式の鋼トラス橋でも、B活荷重対応前後道路橋示方書に基づく設計・解析では、後述する破壊危険部材の数や位置が異なることに注意する必要があることを明らかにするものである。



図 1 斜材の破断

2. 鋼トラス橋のリダンダンシー解析

米国では、リダンダンシー解析で使用される用語³⁾を次のように定義している³⁾。ある部材が破断すると、引き続き隣接部材が破断して全体の崩壊に繋がる場合、その部材を Fracture Critical Member（破壊危険部材：FCM）と呼び、構造系の安全性の指標として用いられている。また、FCM を有する橋梁を Fracture Critical Bridge（破壊危険橋梁：FCB）と呼び、その橋梁が FCB か否かを判断するために、実施される解析がリダンダンシー解析であり、その評価結果から、構造系の安全性が検証されている。

木曾川大橋（上り線：1963 年，下り線：1966 年に建設された橋梁であり、当時の道路橋示方書では、B活荷重に対応するものでないため、その後、その対応が計られたものである）の断面諸量は公開されていないため、その詳細なデータを知ることはできない。そこで、比較的形状寸法が類似した公開されているデータに基づき解析を実施する方が望ましいと考え、橋梁の形式、スパン、断面諸元などが類似する、設計計算例⁴⁾で取り扱われている鋼トラス橋を対象として、リダンダンシー解析を実施し、木曾川大橋の解析例²⁾と比較することとした。

木曾川大橋の構造図・载荷条件を図 2 に、解析された結果²⁾を図 3 に引用する。ここで、図中の数値は、対象とする斜材破断後の軸力を衝撃係数 1.854 を加味した値を材料の降伏点で除した値の絶対値である。着目部位が破断すると、多くの部材が降伏応力を越え、大きな値となっていることが示された。したがって、破断した斜材は FCM であり、木曾川大橋は FCB であると言える。

本鋼トラス橋の構造図と载荷状況を図 4 に示す。ここで、断面諸量については省略する⁴⁾。なお、すべてのトラス材のヤング係数は 200GPa として取り扱った。载荷条件は、木曾川大橋の解析例を参考にして、破断した着目部材が最大の断面力となるように B活荷重を固定载荷した。つぎに、解析結果を図 5，図 6 に示す。それぞれ、衝撃係数を 0，1.854 とした場合の結果である。図 2 の場合と同様に、使用材料 SM400 の降伏点 240MPa で除した値の絶対値を示している。衝撃係数が 0 の場合、1 を超える部材、すなわち、降伏点を超える部材は見られなかったが、衝撃係数を 1.854 とした場合、1 ヶ所（着目部材の隣接斜材）で 1 を超える部材が存在し、降伏点を超える値となった。したがって、着目部材は木曾川大橋の事例と同様に FCM であり、本橋は FCB であると言えることができる。

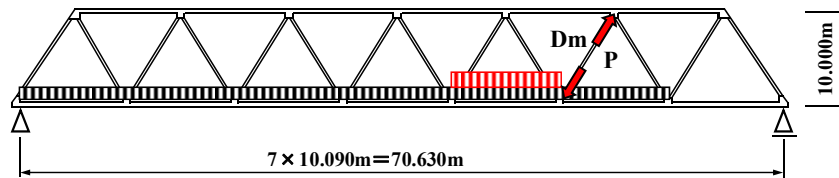


図2 木曽川大橋の解析事例（構造と荷重状況）

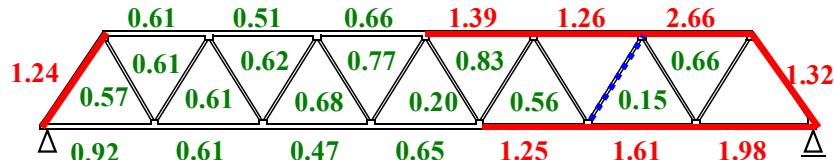


図3 木曽川大橋の解析結果（軸力を材料の降伏点で除した値の絶対値）²⁾

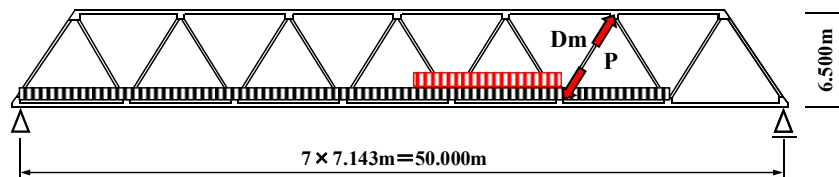


図4 木曽川大橋と類似する鋼トラス橋の構造と解析における荷重状況

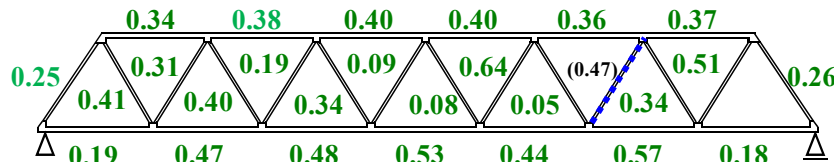


図5 解析結果（衝撃係数0）

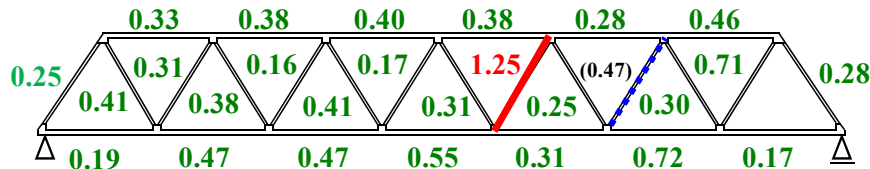


図6 解析結果（衝撃係数1.854）

図5に示すように、衝撃係数を加味しない場合、本解析例では、FCMとはならない。図6のように衝撃係数を加味すると、降伏点を超える部材が存在し、本橋はFCBとなるが、図3と比較すると、降伏点を超える部材の数、その部位に大きな違いがある。本橋の着目部材の伸び剛性に対する木曽川大橋の着目部材の伸び剛性の比をとると、0.85となり、木曽川大橋の部材断面が現行の示方書で設計されたものよりも小さいことが予想される。そのため、上記のような違いが生じたものと考えられ、構造系によってFCM、FCBとなるか予想が困難となる可能性があり、注意する必要がある。

3. おわりに

本研究では、木曽川大橋と類似するモデル橋を対象として、リダンダンシー解析を実施した。米国や土木学会で提唱されている衝撃係数1.854を加味した解析を実施すると、破断部材はFCMであり、対象結果はFCBであることが判明した。しかし、破断後に降伏点を超える部材の数や位置は一致しておらず、逆に言うと、個々の橋梁でリダンダンシー解析を実施しなければならないことが判明した。今回は対象をトラス橋としたが、今後、種々の構造形式の橋梁にも、リダンダンシー、換言すれば、フェールセーフ設計を実施すべきと考える。特に、メンテナンスの観点から重要と考えられる少数主桁橋（例えば2主桁橋）のフェールセーフ設計はどのように実施すべきか、検討したい。

参考文献 省略。