

非線形ばね要素を用いた連続非合成多主桁橋のリダンダンシー評価に関する

数値的検討

東北大学工学部	○学生会員	竹田 翼
東北大学大学院工学研究科	正会員	斉木 功
熊本高等専門学校専攻科	正会員	岩坪 要
東北大学大学院工学研究科	学生会員	熊谷 宏之
東北大学大学院工学研究科	正会員	岩熊 哲夫

1. はじめに

床版と主桁のずれ止めにスラブアンカーを用いた非合成桁橋は、数値モデル上では剛結と仮定されることが多い。これは、活荷重レベルでは非合成桁橋であっても合成桁橋としての挙動を示すという報告¹⁾を根拠としている。しかしこの仮定は活荷重レベルに限られたものであり、リダンダンシー解析で仮定されるような損傷により大きな変形が生じる場合はこの仮定を用いることができないとは限らない。そこで本研究では、非線形ばね要素を用いてスラブアンカーをモデル化した連続非合成多主桁橋の非線形有限要素解析を行うことにより、床版と主桁の結合のモデル化が橋梁全体の挙動に与える影響を検討した。

2. 解析手法

(1) 解析モデル

本研究で解析対象とした橋梁は宮城県内で供用されている4径間連続5主桁桁橋と同規模のもの（橋長183.2m、主桁高2.3m、主桁間隔2.35m）である。解析に用いた有限要素モデルを図-1に示す。主桁・横桁・補剛材・RC床版のコンクリート部は平面シェル要素、横構・対傾構・RC床版内の鉄筋は梁要素でモデル化した。床版と主桁を剛結したモデルを「従来モデル」、スラブアンカーの変形を考慮したモデルを「不完全合成モデル」と呼ぶこととする。不完全合成モデルではスラブアンカーを非線形ばね要素を用いてモデル化した。数値解析では材料非線形性および幾何学的非線形性を考慮した。

主桁・横桁は弾塑性体とし、Young率200GPa、Poisson比0.3、降伏条件はvon Misesの降伏関数を用い、降伏後は接線係数がYoung率の 10^{-2} 倍となる等方硬化則を用いた。横構・対傾構・補剛材は弾性体とし、Young率200GPa、Poisson比0.3とした。コンクリートは弾塑性体とし、Young率10.5GPa、Poisson比

0.17、Drucker-Pragerの降伏関数を用いた。スラブアンカーがある箇所の鉛直方向は剛結し、水平2方向のせん断力-ずれ関係は実験結果²⁾を参考に図-2に示すトリニア型とした。せん断力によりスラブアンカーが降伏する点を「降伏点」、最大荷重に達した点を「最大荷重点」とし、最大荷重点以降は3次勾配がゼロとなるようにモデル化した。

(2) 損傷および荷重載荷

損傷は端支点部の手前側の外桁において、全断面におよぶ損傷を想定し、ウェブおよび上下フランジの要素を除去した。損傷部に作用するせん断力が最大となるように、図-3に示すようにB活荷重を載荷した。非線形解析を行うにあたり、死荷重(D)を加えた後、L荷重(L)を漸増させて解析を行う。このときL荷重(L)の倍率を表す荷重パラメータ f を定義し、解析モデルに作用させる力は $D+f \cdot L$ とする。

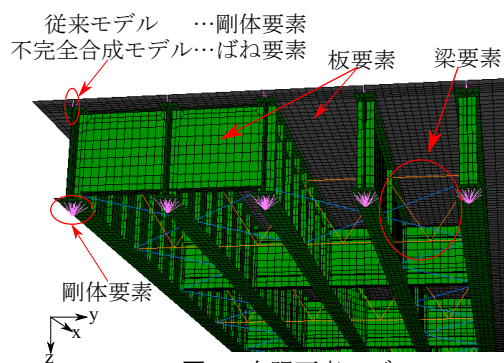


図-1 有限要素モデル

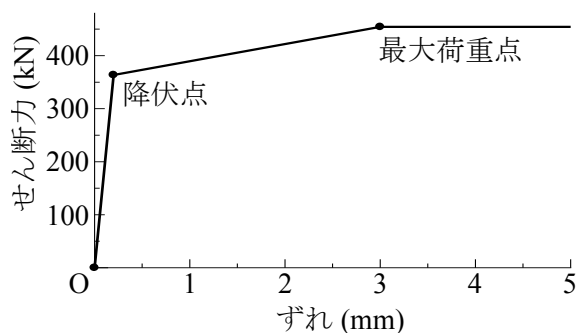


図-2 スラブアンカーのせん断力-ずれ関係

Key Words: 連続非合成多主桁橋、スラブアンカー、非線形ばね要素、非線形有限要素解析、リダンダンシー

〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻構造強度学研究室

3. 解析結果

(1) スラブアンカーの挙動

スラブアンカーは $f=1.8$ のときに損傷部付近においてはじめて降伏に達し、その後損傷部付近と第4径間S5側で降伏域が広がった。 $f=5.6$ のときに損傷部付近においてスラブアンカーが最大荷重に達した。このときの第4径間におけるスラブアンカーの状態（弾性域・降伏・最大荷重時）を図-4に示す。スラブアンカーは損傷部付近とその隣の主桁において最大荷重に達している、降伏域は全ての主桁に広がっていることがわかる。

$f=1.8, 5.6$ のときの外桁のスラブアンカーに作用する橋軸方向せん断力と橋軸方向位置の関係を図-5に示す。ここで、正のせん断力が作用しているということは床版が橋軸正の方向にずれが生じていることを表している。 $f=1.8$ のときは損傷部付近のみ降伏に達しているが、第2径間S2側や第4径間S4側においても降伏に対して70%ほどの比較的大きなせん断力が作用していることがわかる。

(2) 主桁に対するスラブアンカーの影響

従来モデルと不完全合成モデルの第4径間中央付近の主桁上フランジにおける荷重パラメータと橋軸方向応力の関係を図-6に示す。はじめは従来モデルと不完全合成モデルの圧縮応力は概ね等しいといえるが、スラブアンカーがはじめに最大荷重に達したあたりから差は広がっていることがわかる。また、その後従来モデルは上フランジの圧縮応力が減少していることがわかる。従来モデルは圧縮が主に床版によって受け持たれるが、引張によって下フランジの塑性化が進展し、中立軸が鉛直上向きに移動することによって上フランジに生じる圧縮応力が減少したと考えられる。一方、不完全合成モデルは床版と主桁の間にずれが生じ、中立軸が鉛直下向きに移動することによって上フランジで圧縮応力が増加し続けると考えられる。

4. まとめ

損傷により変形が大きくなる場合は、床版と主桁の結合に配慮したモデル化が必要である。

参考文献

- 1) 三木千壽, 山田真幸, 長江進, 西浩嗣: 既設非合成連続桁橋の活荷重応答の実態とその評価, 土木学会論文集, No. 647/1-51, 281-294, 2000. 4
- 2) 山田真幸, サトーンペンボン, 三木千壽, 市川篤司, 入部孝夫: RC床版と鋼フランジ間の付着とスラブアンカーによるせん断抵抗の評価, 構造工学論文集, Vol.47A, 2001.3

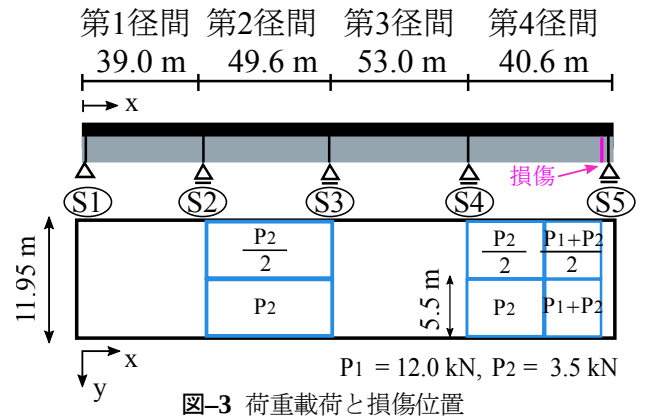


図-3 荷重載荷と損傷位置

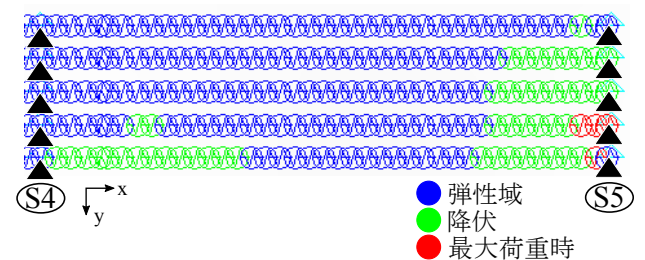


図-4 第4径間における $f=5.6$ 時のスラブアンカーの状態

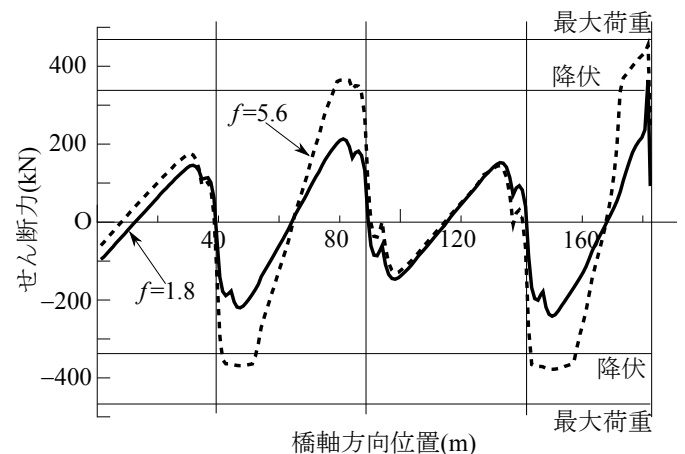


図-5 スラブアンカーに作用する橋軸方向せん断力と橋軸方向位置の関係

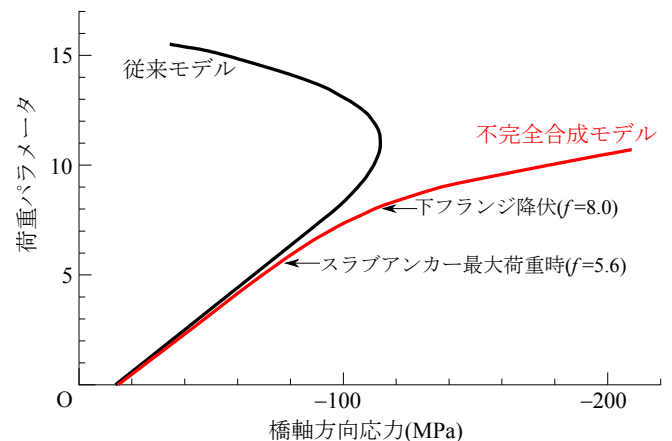


図-6 主桁上フランジにおける荷重パラメータと橋軸方向応力の関係