

# 非合成連続多主桁橋の冗長性評価に対する スラブアンカーの非線形特性の影響

Effect of nonlinear characteristics of slab anchor on redundancy of a non-composite multi-girder bridge

竹田翼\*

Tsubasa TAKEDA

\*構造強度学研究室（指導教員：斉木功 准教授）

非合成桁橋は、床版-主桁間が非合成であっても数値モデル上では剛結と仮定されることが多い。しかし、部材の損傷によって大きな変形が生じる場合に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、スラブアンカーの非線形特性を考慮した非合成連続多主桁橋の非線形有限要素解析を行い、スラブアンカーの非線形特性が橋梁全体の挙動に与える影響を検討した。その結果、損傷によって大きな変形が生じる場合にはスラブアンカーの非線形特性を考慮したモデル化をする必要があることがわかった。

**Key Words:** non-composite multi-girder bridge, slab anchor, finite element analysis

## 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に近い挙動を示すという報告<sup>1)</sup>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、冗長性評価において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合成を仮定することができるとは限らない。そこで本研究では、スラブアンカーの非線形特性を考慮した非合成連続多主桁橋の有限要素解析を行い、スラブアンカーの非線形特性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

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橋梁（橋長183.2m、主桁高2.3m、主桁間隔2.35m）を解析対象とした。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」、スラブアンカーに非線形ばね要素を用いたモデルを「不完全合成モデル」と呼ぶこととする。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、von Misesの降伏関数を用い、降伏後は硬化係数が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<sup>2)</sup>を参考に図-2に示すトリリニア型とした。スラブアンカーの状態について、降伏に達する前までを「弾性」、降伏に達してから最大荷重に達する前までを「降伏」、最大荷重に達した後を「最大せん断力」と呼ぶこととする。

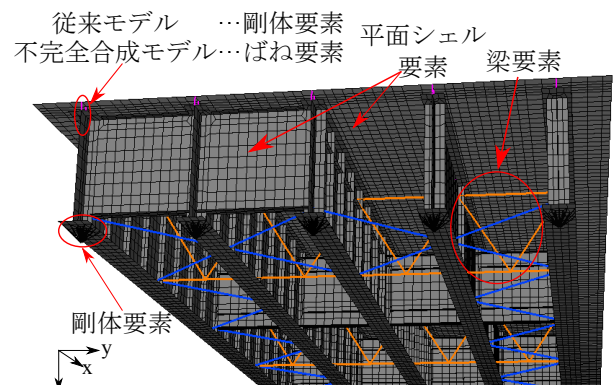


図-1 有限要素モデル

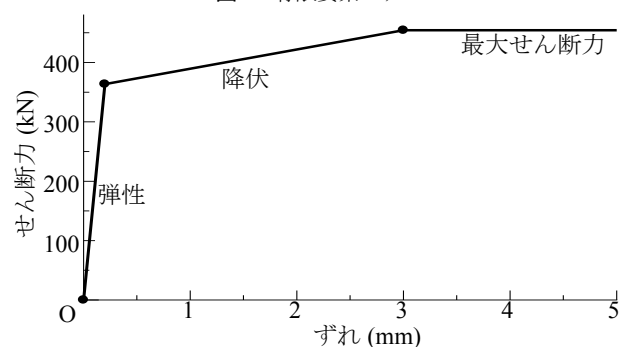


図-2 スラブアンカーのせん断力-ずれ関係

## (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外力は $D+f\cdot L$ とする。

## 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た。その後 $f=5.6$ のときに損傷部付近においてスラブアンカーが最大せん断力に達した。このときの第4径間におけるスラブアンカーの状態を図-4に示す。スラブアンカーは損傷部付近とその隣の桁において最大せん断力に達しており、降伏に達した範囲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。 $f=1.8$ 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側とS3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。 $f=5.0$ 程度まで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、その後従来モデルで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たと考えられる。

## 4. まとめ

- 主桁に損傷が生じた場合は、荷重が小さい段階から損傷部以外でもスラブアンカーに大きなせん断力が作用している。
- 主桁の応力分布に対するスラブアンカーの非線形特性の影響が生じ始めるのはスラブアンカーが最大せん断力に達したあたりからであり、その影響の大きさは荷重が増加するにつれて大きくなる。

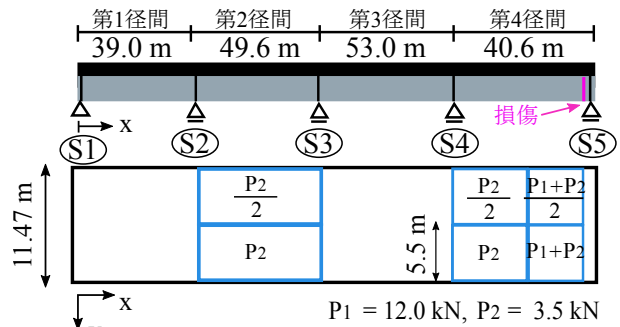


図-3 荷重載荷と損傷位置

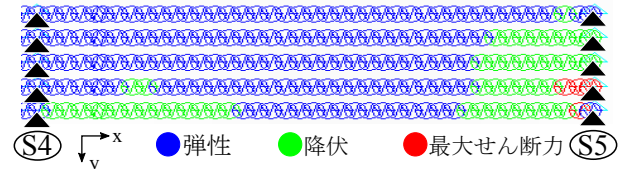


図-4 第4径間における $f=5.6$ 時のスラブアンカーの状態

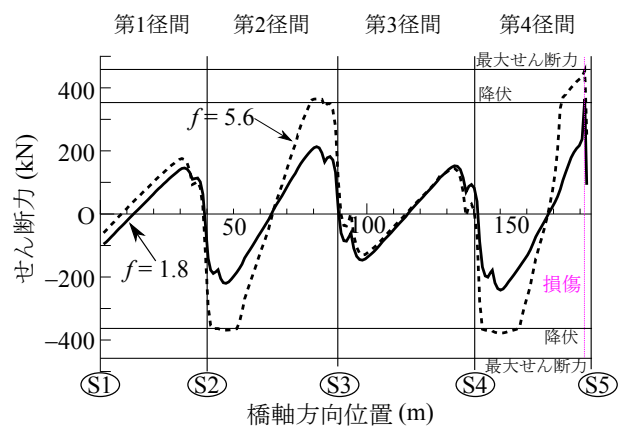


図-5 スラブアンカーに作用する橋軸方向せん断力 - 橋軸方向位置の関係

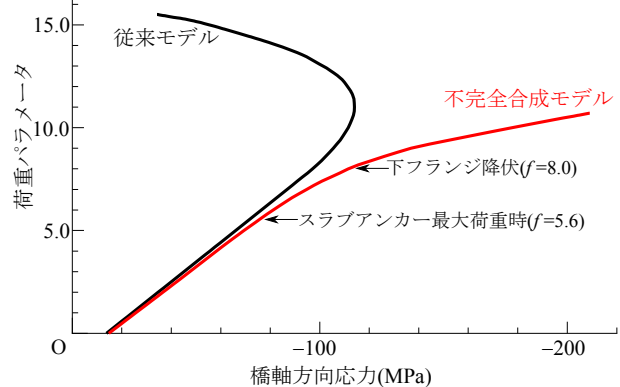


図-6 主桁上フランジにおける荷重 - 橋軸方向応力の関係

## 参考文献

- 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,
- 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, pp.1161-1168, 2001.3

(2017年2月7日提出)