

## せん断プレストレスの導入に関する一考察

長崎大学 工学部 学生会員 松本総史  
 長崎大学 工学部 正会員 原田哲夫  
 九州工業大学大学院 正会員 徳光 卓  
 九州工業大学 工学部 正会員 出光 隆

## 1. はじめに

高力ボルトによる摩擦接合法を用いた鋼・コンクリート合成桁の曲げ載荷実験中に、合成桁の接合面がせん断すべりを生じるまで載荷してから除荷し、さらに再度せん断すべりを生じるまで載荷すると、二度目以降のせん断すべり時の荷重は、前回のせん断すべり荷重を上回ることが確認されている。この現象は、せん断すべり時にすべりに抵抗する応力が接合面に残留し、その分すべり荷重を増加させたと考えることができる。この接合面に残留した応力をここでは「せん断プレストレス」と呼ぶことにする。せん断プレストレスをうまくコントロールできれば、積極的にせん断プレストレスの導入が行え、その適用範囲が大幅に拡大する。本論では、鋼・コンクリート合成桁について、せん断プレストレスの導入メカニズム、せん断プレストレスの分布等についての考察を行った。

## 2. せん断プレストレスの導入

コンクリート床版と鋼桁を非合成の状態（重ね梁、図-1（b））で曲げ荷重を載荷すれば、コンクリート床版下面部分は外側に、鋼桁上面部分は内側にずれるため、両者の間で相対変形が生じる。この状態で、両者を高力ボルトで合成させた後に荷重を除荷すれば、それぞれの変形は元に戻ろうとするが、高力ボルトによる摩擦接合のため、接合面では変形の戻りに抵抗する水平せん断応力が作用することになる。この水平せん断応力は、変形が完全には戻らないために残留する。残留水平せん断応力が、いわゆるせん断プレストレスである。せん断プレストレスを接合面に導入する方法は、上記以外にもいくつか考案されている。例えば、鋼桁部分に外ケーブル方式でP C鋼材をセットして緊張し、コンクリート床版と高力ボルトで接合した後、緊張力を解放してせん断プレストレスを導入する方法がある。以上、2通りの方法ともにプレベンディング方式と呼ばれている。

## 3. せん断プレストレスの導入メカニズム

通常のプレテンション方式によるプレストレスの導入と、合成桁におけるプレベンディング方式によるせん断プレストレスの導入について、力学的には図-1のように説明できる。すなわち、図-1（a）ではP C鋼材を緊張した状態と、コンクリートとP C鋼材が合成された状態で圧縮力を作用させた状態とを重ね合わせた状態が、プレテンション方式でのプレストレスの導入である。ちなみに、コンクリートの圧縮変形量に等しいP C鋼材の変形量に相当する緊張力のロスが生じる。

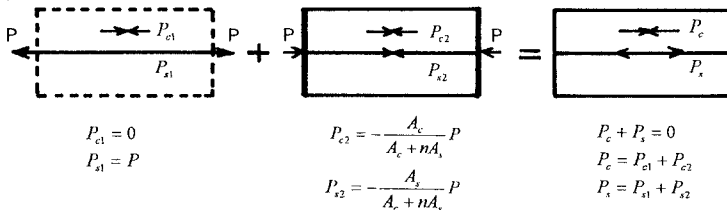


図-1（a）プレテンション方式によるプレストレスの導入

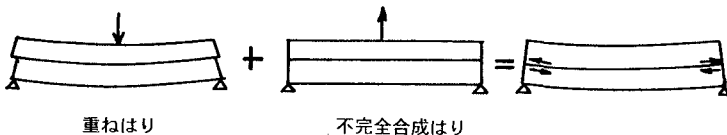


図-1（b）プレベンディング方式によるせん断プレストレスの導入

一方、図-1 (b) では非合成の状態では曲げ荷重を載荷した状態と、合成された状態で逆方向の曲げ荷重を載荷した状態を重ね合わせれば、せん断プレストレスが導入された状態となる。この場合、せん断プレストレスは、接合面に作用する水平せん断応力であるから、図-1 (a) の場合でのP C鋼材とコンクリートとの付着応力に相当し、プレテンション方式における伝達長(付着長)に相当する区間で分布することになる。また、せん断プレストレスは水平せん断応力であることから、それと共役なせん断応力が発生することになる。コンクリート床版と鋼桁でのせん断プレストレスは、合成桁左半分で考えた場合、図-2のような方向に作用する。このことは将来、荷重によって発生するせん断応力の方向とは逆向きのせん断応力を予め貯金しておくという従来からのP Cの基本的な考え方とも合致する。

#### 4. せん断プレストレスの導入解析

##### (1) 不完全合成桁理論による解析

高力ボルトで接合された合成はりコンクリート床版および鋼桁間がせん断ばねで連結されている不完全合成桁とみなせば、コンクリート床版および鋼桁の図心位置に作用する軸力Nは、大きさが等しく互いに逆向きに作用する。変形の適合条件を用いて、軸力Nに関する微分方程式(1)が誘導できる。接合面に作用する単位長さあたりの水平せん断力Tは、式(2)で与えられる。なお、プレベンディング方式によって導入されたせん断プレストレスは、図-1のような重ね合わせの原理によって求めることができる。

$$\frac{d^2 N}{dx^2} - \omega^2 N + \Omega M_0 = 0 \quad (1)$$

$$T = \frac{dN}{dx} \quad (2)$$

##### (2) 有限要素法による解析

図-3のように、コンクリート床版および鋼桁をはり要素とし、さらに両者の間をせん断力を伝達できるようにはり要素で連結した要素モデルを考えた。この要素モデルの自由度は12となる。

##### (3) 解析結果

図-4は、鋼桁に偏心軸圧縮力を作用させてせん断プレストレスを導入した場合のせん断プレストレスの分布(T分布)である。桁端部でせん断プレストレスは最大値をとり、桁中央部では0となっている。ただし、ここではせん断ばねが一様に分布した状態を仮定している。

せん断プレストレスは、プレテンション方式での伝達長に相当する区間、すなわち桁端部付近で作用し、その区間では軸力は変化するが、それ以外の区間ではせん断プレストレスは作用せず、図-5のように桁中央部分では、軸力Nは一定となる。

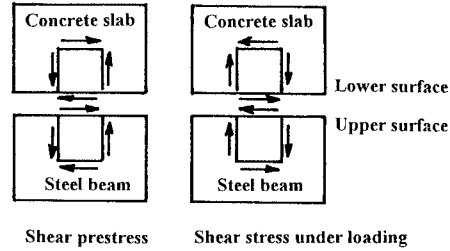


図-2 せん断プレストレスの作用方向

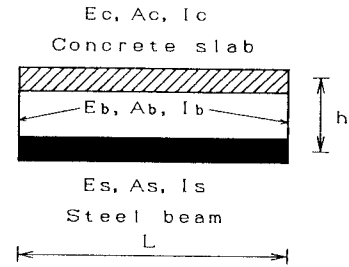


図-3 有限要素モデル

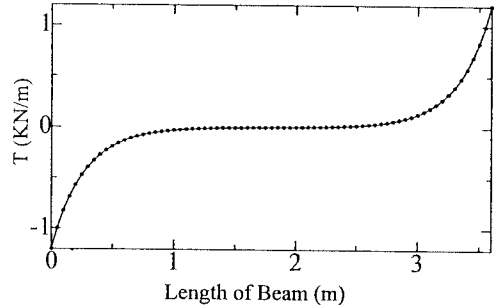


図-4 せん断プレストレスの分布

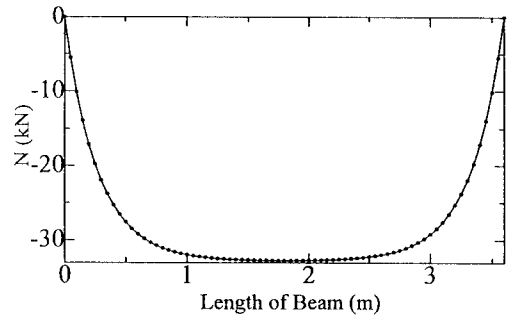


図-5 鋼桁の軸力分布