

[2023] ずれ止めに高力ボルト緊張による摩擦力を考慮した  
プレキャスト床版使用合成桁に関する研究

○正会員 出光 隆 (九州工業大学工学部)  
正会員 山崎竹博 (九州産業大学工学部)  
正会員 渡辺 明 (九州工業大学工学部)  
永井 篤 (九州工業大学大学院)

1. まえがき

昭和40年以前に架設された橋梁のうち、コンクリート床版のひびわれ損傷が進み、打ち替えざるを得なくなっているものが急増している。その原因としては、予想を上まわる交通量の増大・車両の大型化に加えて、当時のコンクリート床版が塩害、疲労等に対して十分に耐久的ではなかったこと等が考えられる。それらの補修工事に当たっては、交通の流れを止めることが困難な場合が多く、一方の路線を解放したまま、他方を補修することになる。したがって、高品質の材料を用いた工期短縮型の作業性良好な工法が望まれる。この現状に即した工法として、工場で作られたプレキャスト床版を主桁上に並べ、縦締めして用いる方法が考えられているが、合成桁の場合、鋼桁とコンクリートとの接合面に大きなせん断力が生じるため、何らかの方法でせん断力を確保しなければならない。筆者らは、その一方法として、両者を高力ボルトで接合する方法について基礎的実験を行ってきた。ここに、これまで得られた結果をまとめて報告する。

2. 供試体および試験方法

2.1 供試体

図-1に合成桁供試体の断面形状・寸法を、図-2に用いたプレキャスト床版断面をそれぞれ示す。鋼桁と床版との間には、両者の一体化を良好にするため、早強性膨張モルタルを注入した。

供試体は2種類に大別され、シリーズIでは、ボルト緊張により接合面に生じる摩擦力のみで、せん断力に抵抗させることを目的として、ボルトの回りに厚さ9mmのウレタンを巻いてモルタルとの付着を完全に切った。シリーズIIでは、ボルト自身のジベルとしての働きを期待して、ボルト表面にアンボンドPC鋼材用の塩化ビニール皮膜を施した。各シリーズとも、接合面に働く摩擦力を変化させるため、ボルト間隔を30、40及び50cmと3種類変えた。高力ボルトには、F10t-M20を用いた。緊張力は、シリーズIでは12tf、シリーズIIでは15tfとした。各シリーズとも、ボルト緊張力は、トルクメータおよびボルトに貼布したひずみゲージによって測定した。また、試験時までにボルト緊張力が低下した場合は、再びトルクメータを用いて、それぞれ所定の値まで締め直した。

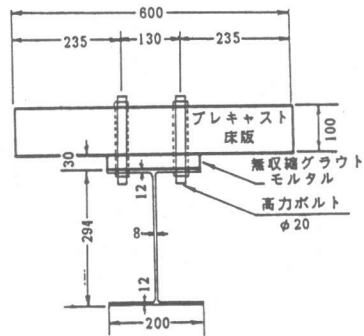


図-1 合成桁の断面寸法

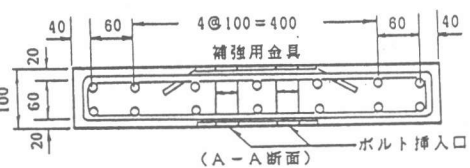


図-2 コンクリート床版断面詳細図

## 2. 2 曲げ試験方法

静的曲げ試験装置の概略を図-3に示す。スパン300cm、左右せん断スパン130cmの2点荷重とした。測定項目は鋼・コンクリートのひずみ、桁のたわみ、鋼・コンクリート間のずれ量および高力ボルトのひずみ等である。ずれ量は、鋼桁に変位計、プレキャスト床版に接合金具をそれぞれ取り付け測定した。

シリーズIでは疲労試験も実施した。その要領は静的曲げ試験と同様であるが、繰返し荷重としては一定値0.5~15.0tfを荷重した。

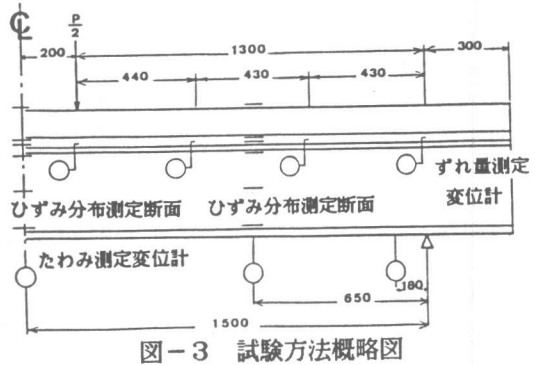


図-3 試験方法概略図

## 3. 結果および考察

### 3. 1 ボルト緊張力の経時変化<sup>1)</sup>

床版厚18cmのプレキャスト床版を非合成桁実橋に用いてボルト締めした場合の、ボルト緊張力の経時変化を初期緊張力(18tf)との比で表し図-4に示す。クリープ・乾燥収縮による減少は、180日で平均約20%、400日で約30%程度低下し、以後ほとんど変化していない。

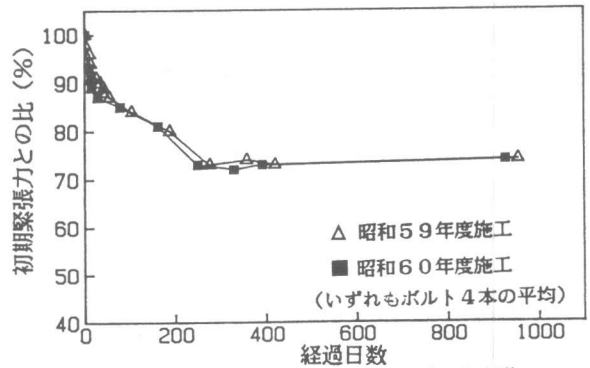


図-4 ボルト緊張力の経時変化

したがって、通常の厚さのプレキャストコンクリート床版をボルト締めして主桁と接合する場合は、初期緊張力の約70%が有効緊張力として残留するものと考えてよい。

### 3. 2 荷重とずれ量の関係

荷重とずれ量(せん断スパン中央での値)との関係の一例をシリーズI、IIのボルト間隔50cmについて、それぞれ図-5、図-6に示す。シリーズIの付着切りの場合とアンボンド処理したシリーズIIの場合のいずれも、すべりが生じた後の荷重では、前荷重より大きな荷重ですべりが生じ、これが繰り返され、すべりが生じる度に次のすべり荷重は増加した。なお、すべりはいずれも注入したモルタルと鋼材との間で生じた。

### 3. 3 ボルト1本当りのせん断耐力

図-5、図-6に示した荷重とずれ量の関係から、ボルト1本当りに作用するせん断力を、不完全合成桁理論によって求めた。計算値とずれ量との関係をシリーズI、IIについてそれぞれ図-7、図-8に示す。それらの値は、ずれ量によるせん断力の低下分が差し引かれている。シリーズIではボルト1本当りのせん断力が約7tfに達すると大きなすべりが生じ、その後、荷重を続けても、せん断力はそれ以上大きくならなかった。図-7から、ボルト1本当りの摩擦によるせん断耐力として、6.9~7.6tfの値が得られる。ボルト緊張力は12tfであるから、摩擦係数は0.58~0.65程度になる。一方、シリーズIIの場合も、同様なすべり性状を示し、ボルト1本当りのせん断力は9.1~10.1tfとなった。ボルト緊張力は15tfであ

るから摩擦係数は0.61~0.67となる。両シリーズのボルト間隔30、40cmの場合も、それぞれ50cm場合とほとんど同様な値が得られた。

シリーズIとIIとでは、若干IIの方が大きな値を示しているが、その差は小さく、ボルトのジベルとしての効果はほとんど認められなかった。ちなみに、同じ条件で、アンボンド処理をして、一面せん断試験を実施してみたところ、ずれ量0.5mm以上になってやっとボルトのジベルとしての効果が発揮され、最終的にはせん断耐力は摩擦のみの場合の1.7倍に達した。<sup>2)</sup>したがって、通常許される範囲のすべり量では、ボルト自身のジベルとしての効果を期待することは難しいものと考えられる。

図-7では、せん断力が約7tfに達した時(図-5で荷重が27tfに達した時)約0.2mmのすべりが生じ、せん断力は5.6tfにまで低下した。その後、除荷して荷重を0まで戻すと桁は元の状態には戻らず、接合面には負のせん断力約2.6tfが残留した。次に、再び載荷し、前のすべり荷重27tfに達したとき、接合面には5.6tfのせん断力しか作用していなかった。2度目の大きなすべりは荷重が37tfに達したとき生じている。このことから負のせん断力はあたかもプレストレス力のように作用して、せん断耐力を増加させることが分かる。

図-9に、鋼桁下縁応力とずれ量との関係の一例を示す。すべりによって、鋼桁の負担する曲げモーメントが増加し、それによる引張応力が加わるため、すべりが生じるたびに、同一荷重に対し、鋼桁の引張応力は少しずつ増加して行った。また、その増加分は、除荷した場合、引張応力として残留した。

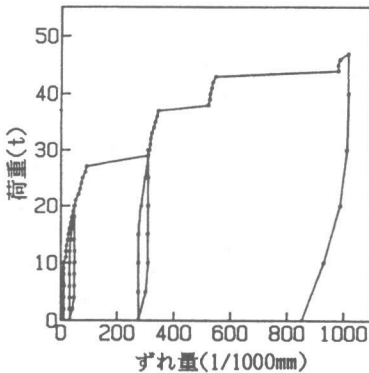


図-5 荷重とずれ量の関係  
シリーズII・ボルト間隔50cm

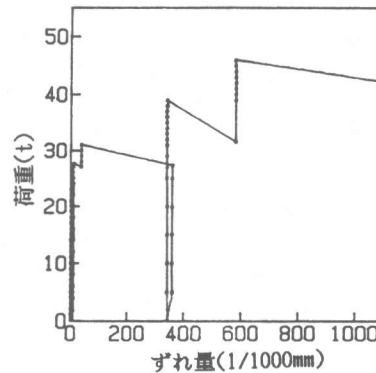


図-6 荷重とずれ量の関係  
シリーズI・ボルト間隔50cm

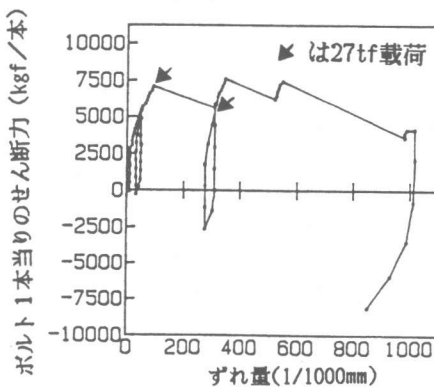


図-7 ボルト1本当りのせん断力と  
ずれ量の関係 シリーズI

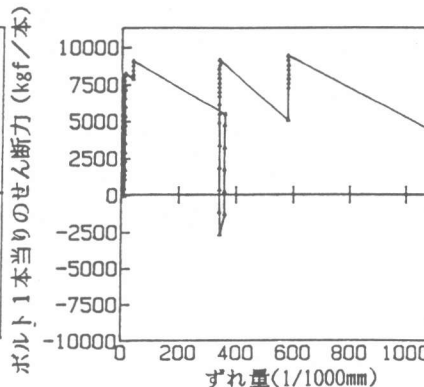


図-8 ボルト1本当りのせん断力と  
ずれ量の関係 シリーズII

### 3.4 疲労試験結果

図-10に、繰返し回数1~200万回までの、ボルト1本当りのせん断力とずれ量との関係を示す。ボルト1本当りに作用する繰返しせん断力は、ボルト間隔50cmの場合、静的なせん断耐力の約60%、ボルト間隔40、30cmの場合、それぞれ約50%、35%となった。荷重の繰返しと共に、徐々に残留ずれ量は増えるが、ボルト間隔30cmの場合、繰返し回数10万回までにずれ量の増加は収まり、以後、増加しなかった。いずれの場合も、繰返し回数200万回後の残留ずれ量は、スタッドの許容せん断力を算定する場合の規 準値0.08mmより小さくなっている。また、静的曲げ試験でみられた0.2mm以上の急激なすべりは生じなかった。ボルト間隔50cmの残留ずれ量が規準値に近いことから、せん断疲労耐力は静的せん断耐力の約60%程度と考えると良いようである。

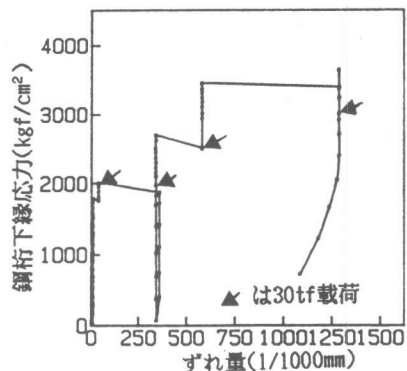


図-9 鋼桁下縁応力とずれ量の関係

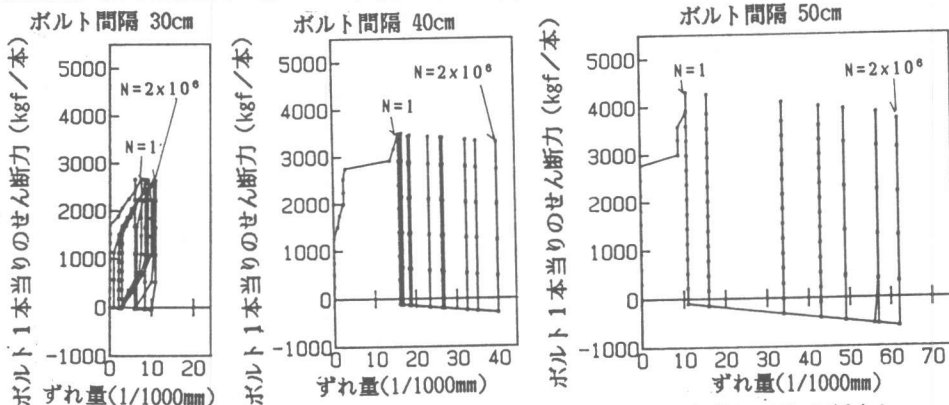


図-10 繰返し回数1~200万回までのボルト1本当りのせん断力と  
ずれ量との関係・シリーズI

### 4. まとめ

本研究で得られた結果をまとめると以下の通りである。

- (1) コンクリート床版と鋼桁をボルト接合する場合、両者間に働く摩擦力をせん断抵抗力として期待できる。その際、目地モルタルと鋼桁との摩擦係数は0.6~0.7程度となる。
- (2) ボルト緊張力はクリープ等により減少するが、有効緊張力は初期値の約70%となる。
- (3) アンボンド処理したボルトのジベルとしての働きは期待できない程度に小さい。
- (4) ボルト1本当りのせん断疲労耐力は静的耐力の約60%程度である。
- (5) ボルト接合した合成桁では、すべりが生じると、接合面には負のせん断力が残留し、あたかもPC部材におけるプレストレス力と同様に、正のせん断力に抵抗する。

- 1) 渡辺 明、出光 隆、山崎竹博、針貝武紀：プレキャストPC版を用いた急速打ち替え床版の合成作用について、合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集、1986、pp. 271~274
- 2) 山崎竹博：高力ボルトで接合した鋼・コンクリート間のせん断性状、土木学会西部支部研究発表会講演概要集、1987、pp. 598~599