

報告

[1022] ボックスジベルを用いた鋼桁とプレキャスト床版との合成効果について

正会員 ○松下博通 (九州共立大学工学部)
 別府英生 (ピー・エス・コンクリート)
 西山文生 (ピー・エス・コンクリート)
 鈴木広一 (ピー・エス・コンクリート)

1. まえがき

近年、交通量の増大・車両の大型化による荷重増にともない既設の鋼道路橋においてコンクリート床版の劣化事例の増加が見受けられる。このような損傷劣化を受けたコンクリート床版の多くは部分的補修や鋼板接着工法による補強などが行われてきているものの、部分的補修や補強のみでは、長期的には、次第に損傷劣化が拡大するのが一般的であり、最終的には床版コンクリートの前面打ち替えを余儀なくされることも多い。

床版コンクリートの全面打ち替え工法としては、交通阻害を最小にし、迅速かつ安全に施工する方法として、プレキャストコンクリート床版による工法が多く採用されている。

プレキャスト床版を用いた場合の技術的問題点としては、プレキャストパネル相互の連結と鋼桁への結合方法である。このうち、パネル相互間の連結は接合部に凹凸をつけることやプレストレスを導入することによりある程度解決されているものの、鋼桁への結合方法については、ボルト締めやバネ締結法によっているのが現状であり、このため、不陸調整に多くの労を費やしているのが実情であろう。

この問題を解決すべく、本報告は、ネジ式によって不陸調整ができ、かつ鋼桁との結合を溶接により保持する新たな結合金具（ボックスジベル）を開発し、その性能および合成効果等について模型供試体により検討した結果を述べる。

2. ボックスジベルについて

試作したボックスジベルは、写真-1に示す形状のもので、あらかじめプレキャストコンクリート床版内に埋設固定された外筒部と鋼桁に溶接される内筒部とをネジ式により一体化するものである。

鋼桁とコンクリート床版の間のせん断力の伝達方法をボックスジベルとボルト締め結合法とを比較して図-1に示す。ボックスジベルを用いる場合、締結ボルトによる場合と比較して、せん断力の伝達が複雑になってくるため、それぞれの伝達過程での安全性を確保しなければならないものの、次



写真-1、試作ボックスジベル

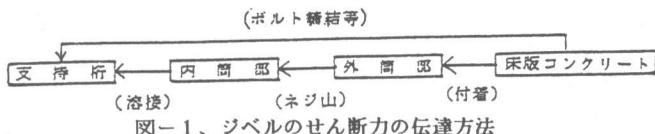


図-1、ジベルのせん断力の伝達方法

のような特徴を有しているため、その有効利用が期待できると考える。

① 内筒部と外筒部はネジ式により結合されるため、床版設置高さをネジ山の重なりの程度によって任意に選択保持できる。このため、支持鋼桁に多少の凹凸があっても、たやすく不陸調整ができる、施工が容易となる。

- ② 鋼桁の任意の位置で現場溶接でき、かつ床版のずれ止めおよび浮き上がりを防止する。
- ③ コンクリートに埋め込まれる外筒部は、その周囲を取り囲むように丸鋼を点溶接により結合し、床版コンクリートとの付着強度の増大を図っている。
- ④ ボックスジベルと鋼桁を接合するための溶接作業は、すべて内筒部の内側の上面から可能であり、施工性に優れている。

⑤ 鋼桁と床版との間には、モルタルの漏出を防止するためのテープを接着して後、無収縮モルタルを充填することにより、モルタルの付着によるせん断抵抗の増大が期待できる。このときの注入作業は、ボックスジベル側面に注入口を設けることにより、内筒部内側から施工できるため、施工が容易である。

3. 実験供試体および載荷方法

実験は、ボックスジベルによる鋼桁とプレキャスト床版との合成効果を調べる実験（実験Ⅰ）およびボックスジベルのせん断抵抗値の大きさを調べる実験（実験Ⅱ）の2通りとした。

実験Ⅰでは、（中立軸高さ）／（全高）の比が、実橋とほぼ同一になる図-2に示す断面のプレキャストコンクリート床版を用いた模型桁（長さ 940cm）を作製した。土木学会 PC合成床版工法設計施工指針（案）によれば、床版コンクリートの乾燥収縮および床版と鋼桁との温度差により生じるせん断力は、床版の自由端部において、スパンの1/10 の範囲のずれ止めで負担させなければならない。このため、プレキャストコンクリート床版は、桁の両端部には、ボックスジベルとスタッドジベルを併用した長さ 120cm のA床版を、その他の区間には、ボックスジベルのみを使用した長さ 100cm のB床版を配置した。それぞれの床版のジベルの配置を図-3に示す。また、床版設置後に、橋軸方向に 18 kgf/cm^2 のプレストレスを導入した。

桁の載荷方法は2点載荷による曲げせん断試験方法とした。測定項目は、載荷重による桁中央点たわみ量（変位計③による）、断面C～Gにおけるひずみ分布（図-4のようにコンクリート表面に貼付したワイヤストレーンゲージによる）、鋼桁と床版コンクリートの間のずれ量（変位計①、②による）およびボックスジベルの内部応力状態（内筒部内側に貼付したワイヤストレーンゲージによる）である。

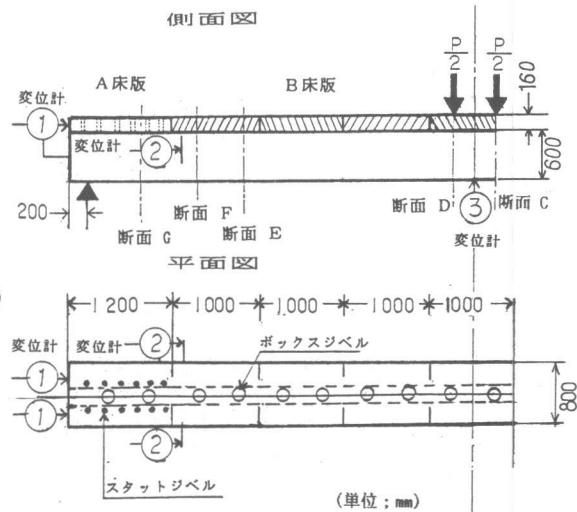


図-2、実験Ⅰの模型桁および試験方法

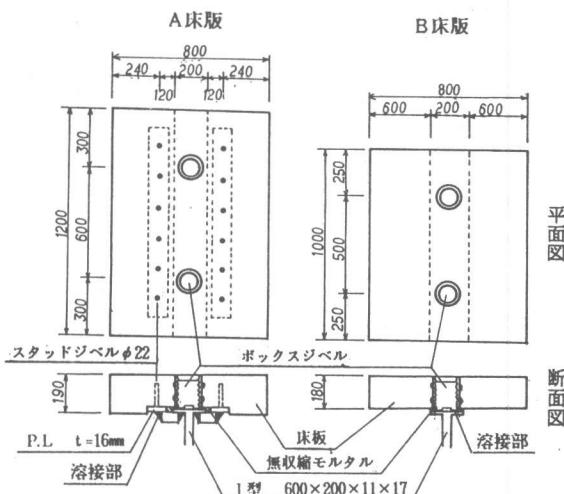


図-3、床版のジベルの配置と結合方法

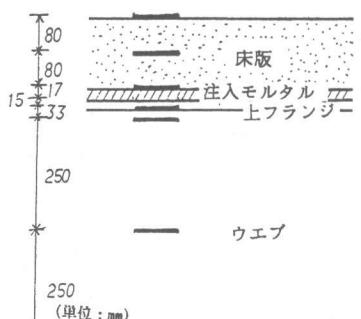


図-4、ワイヤストレーンゲージの貼付位置

実験Ⅱでは、図-5に示すような実験Ⅰと同様のプレキャストコンクリートのA床版とB床版を使用した実験用供試体を作製し、接合面にせん断力をセンターホールジャッキにて加え、せん断抵抗値を求めた。この時、B床版については、鋼桁と床版コンクリートの間に無収縮モルタル充填をするものとしないものの2種の供試体について実験し、モルタル充填効果についても検討した。測定項目は、せん断抵抗値および鋼桁と床版コンクリートの間のずれ量（変位計による）である。供試体作製に用いたコンクリートおよび注入モルタルの性質を表-1に示す。

4. 実験結果および考察

4. 1. 模型桁のひずみ分布

断面Cにおける荷重一ひずみ曲線の測定結果を図-6に示す。載荷重 $P = 25\text{tf}$ 付近で曲線にわずかな変化が認められるものの、 $P = 40\text{tf}$ 程度まではほぼ直線とみなされる。また、 $P = 40\text{tf}$ および $P = 50\text{tf}$ において、折点が認められる。この原因是、コンクリートおよび鋼桁のひずみ値が弾性域にあることから、鋼桁と床版の結合部にずれが生じたためと考

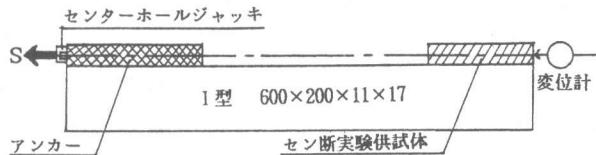


図-5、実験Ⅱの試験方法

表-1、使用材料の性質

	圧縮強度(kgf/cm^2)	弾性係数(kgf/cm^2)
コンクリート	477	3.35×10^5
充填モルタル	523	—

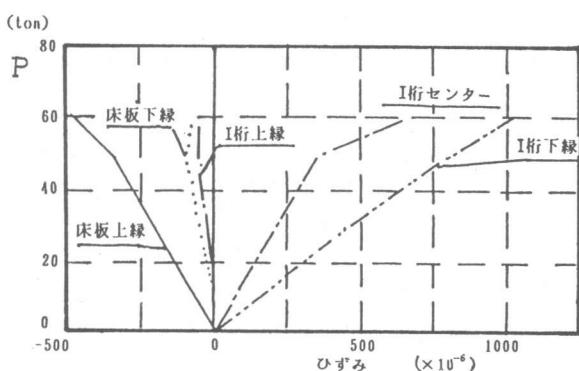


図-6、模型桁の荷重一ひずみ曲線の測定結果（断面C）

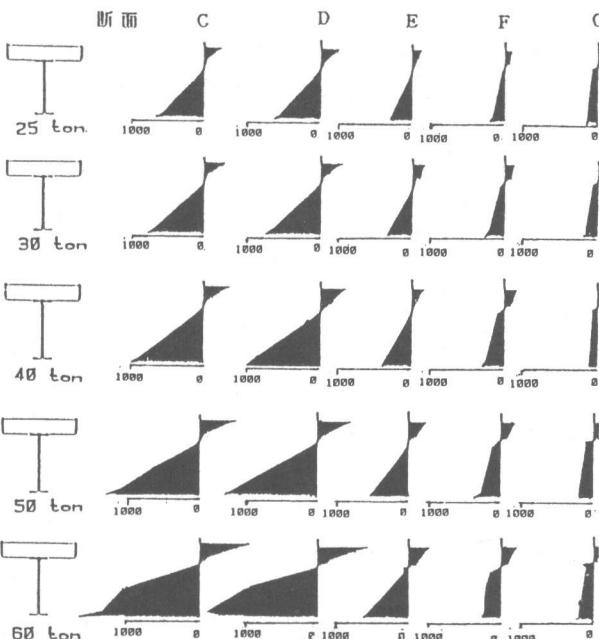


図-7、各荷重段階における断面ひずみ分布

えられる。図-7に各荷重段階における断面C～Gのひずみ分布を示す。P=25tfまでは各断面とも平面が保持されていたが、P=25tfからはF、G断面に、P=50tfにはE断面に、P=60tfにはC、D断面に、それぞれ鋼桁と床版コンクリートとの間のずれが認められ、平面保持が成立していない。このように、ずれの発生は部材端部から中央部に進行している。また、P=60tf以上では、鋼桁引張部に鋼材の降伏が認められた。従って、本模型桁の最終破壊荷重はP_u=82tfであったが、その破壊形式は、鋼材の降伏後の床版コンクリートの圧壊による曲げ破壊である。

今、鉛直載荷重P(tf)により、接合面に生じるせん断応力τ(kgf/cm²)は

$$\tau(\text{kgf/cm}^2) = 1000 \times P \cdot G_1 / 2 \cdot I \cdot b = 0.383 P \dots \dots \quad (1)$$

ここに、G₁：接合面より上部の床版コンクリートの中立軸に関する断面一次モーメント
(2.01×10⁴cm³)、

I：換算面二次モーメント(1.31×10⁸cm⁴)、

b：接合面の幅(20cm)

従って、鉛直載荷重P(tf)により、B床版1枚当たりの接合面に生じるせん断力S(tf)の大きさは、接合面積が20cm×100cmであるから、

$$S(\text{tf}) = 0.766 \times P(\text{tf}) \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2)$$

ひずみ分布の測定結果より、最初に接合面にわずかのずれの発生が認められたP=25tfの時、S=19tf、τ=9.6 kgf/cm²、最終の破壊荷重P=82tfの時、S=63tf、τ=31.4 kgf/cm²となる。これらの結果より、自由端部以外の部分をボックスジベルのみで結合した合成桁は、十分なずれせん断耐力を有しているといえよう。

4.2. 床版と鋼桁間の相対ずれ

実験Ⅰの鉛直載荷重によるA床版の接合部のずれ量(変位計①)およびB床版の接合のずれ量(変位計②)の測定結果を図-8に示す。この結果より、A床版端部では、P=70tf程度までずれ量は極めて小さく、ずれせん断耐力が大きい。また、B床版では、P=25tf付近から相対ずれを起こしているが、破壊時までのずれ量は1.5mmと、十分なせん断変形能力を有していることが認められる。

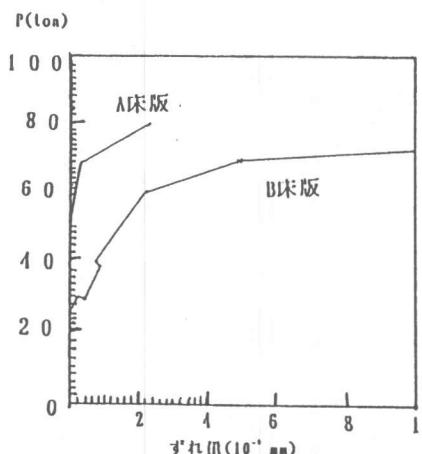


図-8、模型桁の床版と鋼桁間の
ずれ量の測定結果

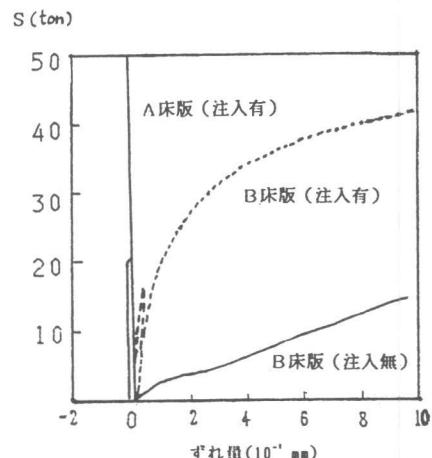


図-9、実験Ⅱによる床版と鋼桁間の
ずれ量の測定結果

実験Ⅱのせん断抵抗値試験より得られた、せん断力一ずれ量曲線を図-9に示す。スタッジベルとボックスジベルを併用配置し、床版と鋼桁間にモルタル材を充填したA床版では、ずれ量はほとんど認めらず、せん断抵抗値も大きく、合成桁の自由端部のずれ止めとしての機能を有している。また、ボックスジベルのみを使用したB床版では、モルタル充填をしなければ、載荷初期から大きなずれ量を示し、せん断剛性小さく、構造体には用いられないと考えられる。一方、モルタルを充填したB床版では、 $S = 20\text{tf}$ 程度からずれ量が大きく増大し、 $P = 48\text{tf}$ で接合面がずれせん断破壊した。この時のボックスジベルのせん断破壊面は内筒部下端部分であった。破壊直前の接合面のずれ量は 1.2mm 以上で、せん断変形能力が大と言える。

実験Ⅰと実験Ⅱの結果を比較すると、接合面のずれが生じはじめる荷重が、実験Ⅰで $P = 25\text{tf}$ 、実験Ⅱで $S = 20\text{tf}$ であり、(2)式の関係より、よく一致している。一方、ずれせん断破壊については、実験Ⅰでは、 $P = 82\text{tf}$ までにはせん断破壊は生じていないが、実験Ⅱでは $S = 48\text{tf}$ でずれせん断破壊を生じている。これは(2)式の関係とは一致しない。これは、自由端部にスタッジベルとボックスジベルを併用配置して十分なずれ止めを施せば、かなりの大きさのせん断応力を自由端部分で分担し、合成桁の接合面のせん断耐力が見掛け上増大することを示すものである。

4.3. 模型桁の中央点たわみ量

模型桁による荷重一中央点たわみ曲線の測定結果を図-10に示す。

測定結果より、 $P = 25\text{tf}$ 付近で、わずかにたわみ量が増大する傾向がみられるものの、 $P = 40\text{tf}$ 程度までの荷重一たわみ量曲線は、ほぼ直線で近似できる。このたわみの測定値は、全断面有効、せん断ずれがないとして、弾性計算より求めた桁のたわみの計算値とほぼ一致している。このことより、たとえ接合面にずれが生じるような荷重の大きさであっても、そのずれ量が小さいため、変形量の算定は初等はり理論によってよいと考えられる。

4.4. ボックスジベルの内部応力状態と改良点

改良点

せん断力を受けたボックスジベルの内筒部

に生じた応力分布の測定結果の一例を図-11に示す。 $P = 50\text{tf}$ 程度までは、応力度は許容応力度以内となっている。しかしながら、応力度の測定値は、ボックスジベル相互間で比較すると、かなりのばらつきを生じていた。このことは、ボックスジベルの内筒部から外筒部にネジ山を通じて力を伝達するとき、ネジ山の緩みの程度によっては、応力の伝達が滑らかに行われないことを、そして、局部的に応力度集中が発生することの可能性を示すものである。

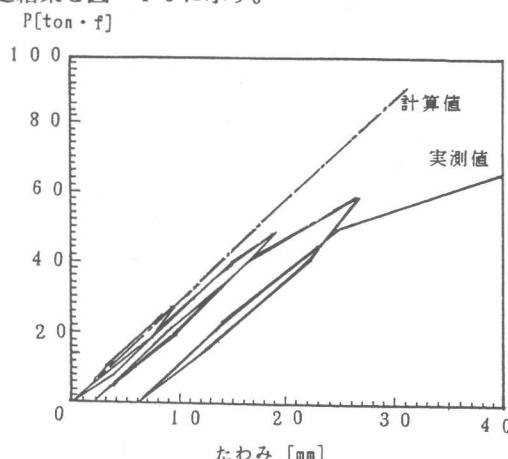


図-10、模型桁の中央点たわみ量の測定結果



写真-2、改良ボックスジベル

このほか、ボックスジベルは内筒部下端部分にグラウト注入口として切欠きを設けているため、内筒部と鋼桁との溶接作業は部分溶接になっており、作業性が悪い。これらのことから、ボックスジベルを次の点について改良する。
①施工時に、ネジ山の間にエポキシ樹脂を塗布し、ネジ山による応力の伝達を滑らかにする。
②モルタル注入口を写真-2のように溶接部より上方に設け、溶接作業を部分溶接から全面溶接できるようにする。

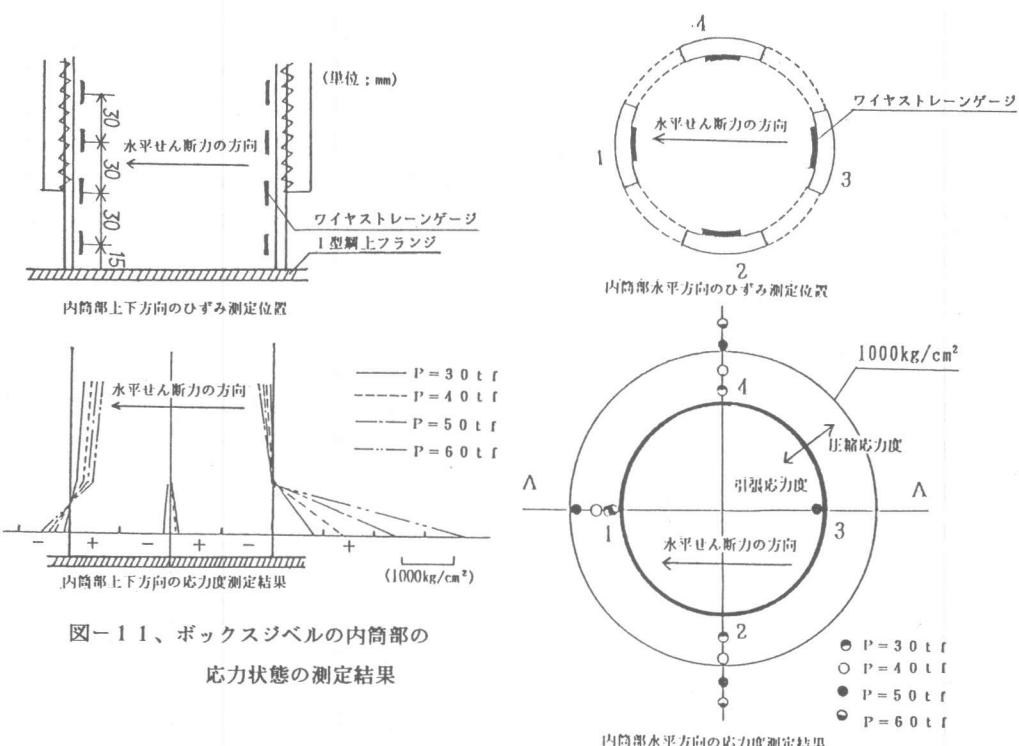


図-11、ボックスジベルの内筒部の
応力状態の測定結果

5.まとめ

本実験結果より、以下のような結論が得られる。

- ①ボックスジベルは、コンクリート床版と鋼桁間のずれ止めの効果を十分に有している。また、せん断変形能力は大きく、かつ不陸調整に有効である。
- ②ボックスジベルを用いた合成桁は、自由端部床版にスタッドジベルを併用することにより、十分なせん断剛性を有し、実用上の荷重に対しては、平面保持の法則に従う挙動を示し、初等はり理論によって、応力度やたわみ量の計算ができる。
- ③ボックスジベルを用いる場合、モルタル材の充填によりせん断剛性が高められるため、この充填作業は不可欠である。また、ネジ山には樹脂を塗布して施工するのがよい。

最後に、本実験を遂行するにあたり、九州共立大学土木工学科コンクリート研究室、(株)東京測量研究所福岡営業所の関係各位にご協力頂いた。感謝いたします。