

PC コンポ橋の主けた一床版結合面のせん断伝達に関する実験的研究

(社) PC 建設業協会 正会員 ○阿部 浩幸
 (社) PC 建設業協会 正会員 武知 勉
 (社) PC 建設業協会 正会員 中島 禎

1. はじめに

PC コンポ橋のずれ止め鉄筋量は、平成 14 年道路橋示方書・同解説Ⅲコンクリート橋編¹⁾ (11.3 けたと床版の結合) (以下、道示Ⅲ) に記載されている「ずれ止め鉄筋の鉄筋量は、けたと床版の結合面の面積の 0.2% 以上とするものとする。」に準じて設計している。図-1 に示すように、旧来の合成けた橋では上フランジ幅が狭いため問題となっていなかったが、これを上フランジ幅の大きな PC コンポ橋に適用した場合、けたより多数突出したジベル鉄筋が架設作業を煩雑し、大きな障害となっている。道示Ⅲには、0.2% の鉄筋量の理由として「結合面におけるせん断応力が小さい場合には、ずれ止めを配置しなくてもコンクリートのせん断強度で抵抗できる場合もあるが、破壊に対する安全度を確保するために最小ずれ止め鉄筋を配置することとした。」と記述している。接合面積が大きくなっている PC コンポ橋は、旧 PC 合成けた橋に比べ結合面のコンクリートせん断抵抗力は増加していると考えられ、PC コンポ橋において一般的な水平せん断力から算出される最小鉄筋量は 0.1% 程度であること、AASHTO LRFD²⁾ では 0.12% と規定してあることなど、0.2% の鉄筋量の理論的な根拠はないと考えられる。

以上のことから、施工性の改善を目的に、現行の規準にとられない新たな結合構造を提案し、検討を行った。提案した構造形式についてせん断力伝達試験を行い、それらの結果と結合面に 0.2% の鉄筋量を配置したものと比較検討を行ったので、それをここに報告する。

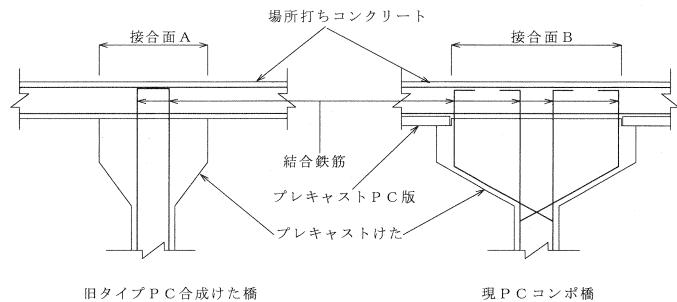


図-1 従来タイプPC合成けた橋とPCコンポ橋の比較

2. 提案する構造形式

今回の提案において検討した 4 形式の結合構造の断面と側面の概要を図-2 に示す。以下に各タイプの特徴と設計的な考え方を記述する。

鉄筋+凸型シアコッター形式は、鉄筋量を結合面積の 0.1% とし、主けたコンクリートを床版側に突出させた凸型のせん断キーを設けた構造である。せん断耐力は土木学会コンクリート標準示方書に示されるせん断耐力式を適用した。本形式は、主けた上面に突出する鉄筋本数を減少させることができるが、主けた打設時に凸型シアコッターを設けるための型枠が必要である。

鉄筋+凹型シアコッター形式は、床版コンクリートを主けた側に突出させた凹型のせん断キーを設けた構造である。せん断耐力の算出は凸型シアコッターと同様であるが、コンクリート強度は床版側コンクリートの強度を用いるため、せん断キーの面積は前形式よりも大きくなる。また、主けた上面に凹型の型枠が必要である。

パーフォボンドリブ形式は、波形鋼板ウェブ橋などに適用されているパーフォボンドリブを主けた側、床版側の両方に適用した構造である。主けた上面に鉄筋は突出せず、パーフォボンドリブが連続的に配置されている。パーフォボンドリブのせん断耐力は、土木学会で提案されているせん断耐力式を適用する。またコ

ンクリート接合面のせん断耐力は、パーフォボンドリブの引き抜き耐力を等価な鉄筋量と置き換えて、土木学会コンクリート標準示方書に示されるせん断耐力式を適用した。

スタッドジベル形式は、主けた上面に埋設されたベースプレートの上下にスタッドジベルを設け、主けた側、床版側共にスタッドジベルによる接合を適用した構造である。主けた側スタッドとベースプレートは主けたコンクリート打設時に埋設するが、床版側スタッドは主けた架設後に溶植できるため、架設時には主けた上面に突出物が全くない状態が可能である。スタッドの配置量は、鉄筋による結合構造と同様の結合面積の0.2%とした。

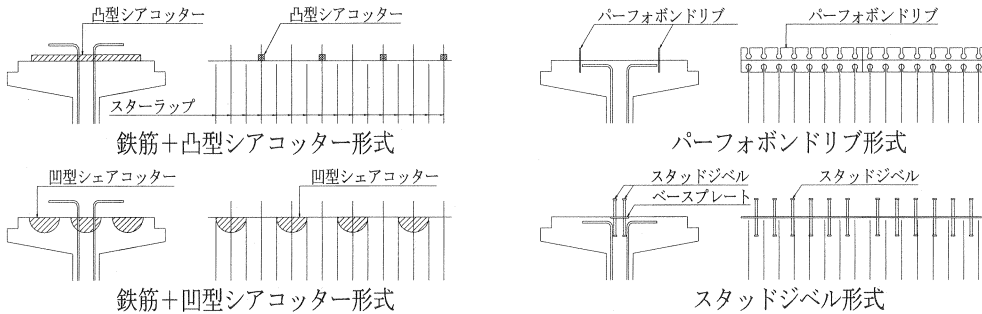


図-2 提案する結合構造形式の概要

3. 実験概要

3.1 試験体および実験要因

実験要因を表-1に示す。実験要因は、結合面の構造形式と仕上げ方法とした。構造形式として、道示Ⅲに記載されている従来の設計手法であるジベル鉄筋量0.2%を配置したType-1、主桁側に幅50mm高さ30mmの凸型シアコッターを設けてジベル鉄筋量0.1%を配置したType-2、主桁側にφ125mm半球状の凹型シアコッターを設けてジベル鉄筋量0.1%を配置したType-3、フラスコ型パーフォボンドリブにD13を配置したType-4、鉄筋量0.2%相当のφ19mmスタッドジベルを配置したType-5、および、ジベル鉄筋量0.1%を配置したType-6の6タイプとした。また、結合面の仕上げ方法は、コンクリート打設2時間後にほうき目仕上げするものと金ゴテ仕上げするものの2タイプとした。これは、実製作の際の結合面仕上げ状況は、ほぼこの2タイプの間にあると考えられることから選択した。第1段階として、ほうき目仕上げ試験体の実験を行い、その内、Type-3およびType-4を除く

表-1 実験要因

供試体名	構造形式	ジベル鋼材	仕上げ方法	
			ほうき目	金ゴテ
Type-1	鉄筋ジベル(鉄筋量0.2%)	D10-8本	○	○
Type-2	凸型シアコッター	D10-4本	○	○
Type-3	凹型シアコッター	〃	○	-
Type-4	パーフォボンドリブ	-	○	-
Type-5	スタッドジベル	φ19-2本	○	○
Type-6	鉄筋ジベル(鉄筋量0.1%)	D10-4本	○	○

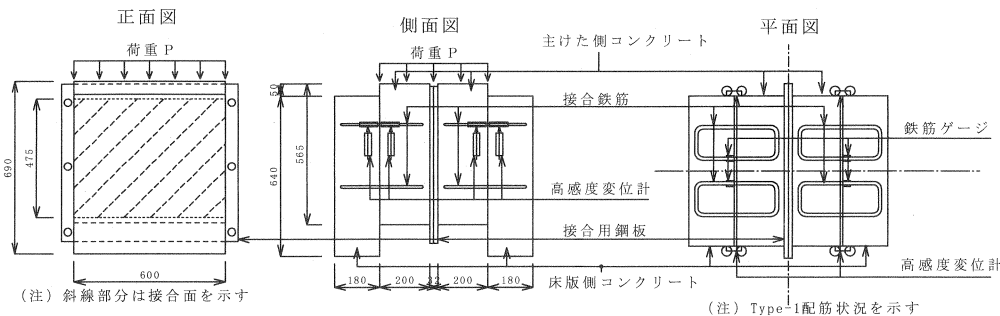


図-3 試験体形状および計測位置図

結果の良かった他タイプについて金ゴテ仕上げ試験体の実験を行った。

試験体は主桁部と床版部からなり、床版側コンクリートおよび主桁側コンクリートは、結合面が水平となるような打設を行った。床版コンクリートは、主桁側コンクリート打設後の材齢7日で打設した。試験体は、図-2に示すような幅600mm高さ475mmの結合面を有する2部材を主桁側に取り付けた接合用鋼版同士をボルトにて固定して、一体とした形状とした。よって、1試験体に2面の接合面を有していることとなる。載荷試験は、床版側コンクリートの強度発現を確認後行った。

各試験体の結合面の状況(ほうき目仕上げ)を写真-1に示す。

3.2 実験方法と使用材料

コンクリート部材の部材のせん断強度を求める方法として、間接一面せん断試験、ルーマニア法による試験、直接一面せん断試験、二面せん断試験等があるが、ここでは頭付きスタッドの押し抜きせん断試験³⁾などに用いられ、比較的試験体の製作および載荷が容易でかつ結合面積が大きく確保

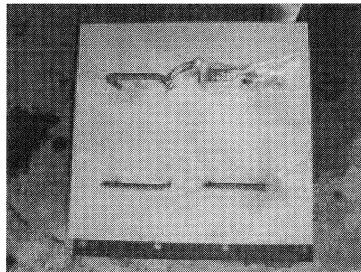
できる二面せん断試験を採用した。実験は、図-3に示すように主桁側部材を加力することで結合面にせん断力を与える方法で行った。試験時の強度を表-2に、ジベル鉄筋およびスタッドジベルの材料試験結果を表-3、表-4に示す。

4. 実験結果と考察

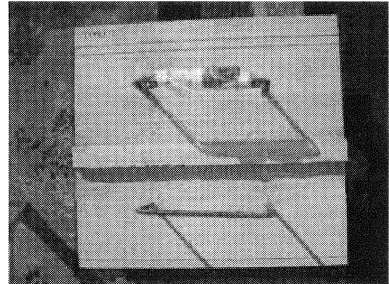
表-5に各タイプの最大耐力と標準タイプであるType-1(0.2%ジベル鉄筋量)との比率を示す。ほうき目仕上げの場合、Type-1の耐力を上回ったものは

表-5 実験結果一覧

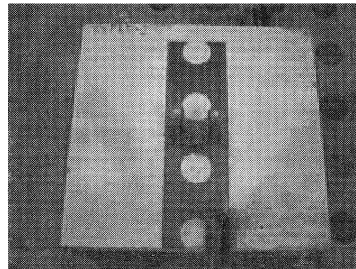
	ほうき目仕上げ		金ゴテ仕上げ	
	最大耐力	type1に対する比	最大耐力	type1に対する比
type1	1330	1.00	431	1.00
type2	1689	1.27	1321	3.06
type3	1039	0.78	—	—
type4	1158	0.87	—	—
type5	918	0.69	691	1.60
type6	529	0.40	368	0.85



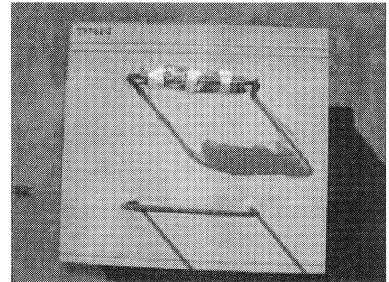
Type-1 鉄筋ジベル (鉄筋量 0.2%)



Type-2 凸型シアコッター



Type-5 スタッドジベル



Type-6 鉄筋ジベル (鉄筋量 0.1%)

写真-1 結合面(ほうき目仕上げ)の状況

表-2 コンクリート材料試験結果

名称	ほうき目仕上げ		金ゴテ仕上げ	
	圧縮強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)	圧縮強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)
主桁部	60.1	33.4	69.4	35.8
床版部	38.8	28.9	35.3	29.1

表-3 ジベル鉄筋試験結果

Type-1,2,6 D10異形鉄筋

呼び名	降伏応力 σ_y (N/mm ²)	弾性係数 E_s (GPa)	仕上げ	Type.
D-10	340	184	ほうき目	Type-1
	361	180		Type-2,6
	349	184	金ゴテ	Type-1-6

表-4 スタッドジベル材料成績表

Type-5 スタッドジベル

呼び名	項目	機械的性質		
		耐力	引張強さ	伸び
φ-19	規格	235以上	400~550	20以上
	平均値	312	460	32.7

Type-2 のみであった。シアコッターを使用した Type-2 (コッター断面積=300cm²) と Type-3 (コッター断面積=490cm²) を比較した場合、Type-2 の耐力が大きい。その理由として、シアコッターの形状の違いに起因しているのではないと思われる。図-4 (a) に荷重とずれ変位の関係を示す。初期に一旦荷重が低下した後荷重が保持される性状が Type-3 を除くタイプに見られる。その荷重は標準タイプである Type-1 に比べ Type-2, Type-4 および Type-5 の方が大きな値を示している。このことより、以上の3タイプは、0.2%の鉄筋量と同等以上の破壊時安全性を有していると判断できる。ここで、ジベル鉄筋を用いない Type-4 と Type-5 を比較した場合、最大耐力は Type-4 の方が上回っているが、Type-4 は初期に一旦荷重が低下した後最大耐力を迎えており、初期ピーク時荷重は 974kN と Type-5 と大きな差異がない。Type-5 の床版側スタッドは、主桁側コンクリート打設後に溶接することから、Type-4 に比べ施工性が上回っていると判断した。

次に、金コテ仕上げ試験結果の場合、Type-1 の耐力を上回ったものは Type-2 および Type-5 であった。図-3 (b) に示す荷重-ずれ変位の関係から、Type-2 および Type-5 は初期の荷重低下後の保持荷重も Type-1 を上回っていることがわかる。

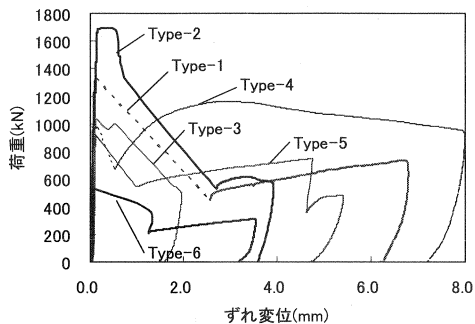
Type-2 および Type-5 のほうき目仕上げと金コテ仕上げの最大耐力の差は、それぞれ 368kN および 227kN と Type-1 の差の 899kN に比べ小さい。Type-2 と Type-6 の違いはシアコッターであり、最大耐力の差がコッター部のせん断抵抗力であると考えられる。その差は、ほうき目仕上げで 1,160kN、金コテ仕上げで 953kN と近い値であった。これらのことより、両タイプとも仕上げの状態による影響を受け難い結合形式であることを示している。以上のことから、Type-2 については提案した結合構造で、Type-5 についてはスタッドジベルを結合面積の 0.2% より大きな比率となる寸法のものを使用することにより、標準タイプである Type-1 と同等以上のせん断性能を確保できると考えられる。

5. まとめ

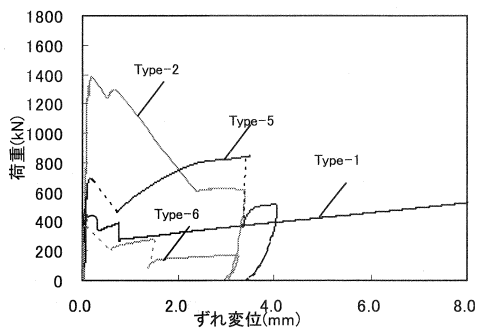
今回の実験より、PC コンボ橋の主桁と床版の結合構造として、凸型シアコッターと 0.1% のジベル鉄筋を用いるタイプおよびスタッドジベルを用いるタイプが 0.2% のジベル鉄筋を用いる結合構造に変わるものとして可能性のあることが明らかになった。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅲコンクリート橋編，平成 14 年 3 月。
- 2) American Association of State Highway and Transportation Officials：AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 1998
- 3) 合成構造小委員会：頭付きスタッド押しぬき試験方法 (案) とスタッドに関する研究の現状，平成 8 年 11 月



(a) ほうき目仕上げ



(b) 金コテ仕上げ

図-4 荷重-ずれ変位関係