

波形鋼板ウェブPC橋の外ケーブル定着を考慮した断面における接合方法のせん断耐力の研究

ドーピー建設工業 (株) 西日本プロジェクトチーム 正会員 ○武部 行男
 日本道路公団 中部支社 構造技術課 忽那 幸浩
 ドーピー建設工業 (株) 技術センター 正会員 立神 久雄
 ドーピー建設工業 (株) 技術センター 正会員 蛭名 貴之

1. はじめに

第二東名高速道路の豊田東ジャンクション (以下豊田東JCT)・Cランプ第2橋は、従来のプレストレストコンクリート (以下PC) 箱桁橋のウェブを波形鋼板に置き換えた波形鋼板ウェブPC橋を採用している。この構造形式において最も重要な部分の1つが上・下床版と波形鋼板との接合部で、豊田東JCT・Cランプ第2橋では、ツインパーフォボンドリブ接合 (以下Twin-PBL) およびシングルパーフォボンドリブ接合 (以下PBL) とスタッドジベルとを併用させた構造を採用した (図-1 参照)。

上床版側は、せん断力と首振りモーメントに抵抗させるためTwin-PBLを、下床版側は、スタッドのみではブリージングによる耐力低下が懸念されるためPBLとの併用とした。また、張り出し架設時の外ケーブルを上床版とウェブのハンチ部に定着させる構造としたため、ウェブに若干のコンクリート部を設けた断面形状となっている (図-2 参照)。このため、Twin-PBLのリブ部における縁端距離の影響による、せん断耐力の低下が懸念された。

本研究では、これらの接合方法におけるせん断耐荷挙動を把握するため、押抜き実験 (図-3 参照) を行った。実験は、①Twin-PBLの耐力とコンクリートのかぶりの関係 (図-4 参照)、②鉄筋を組んでから波形鋼板をセットできるようにPBLの孔をフラスコ形状 (図-5 参照) にした場合のせん断耐力、③PBLの孔をU形状 (図-6 参照) にした場合のせん断耐力に着目して実施し、同時に土木学会式¹⁾との比較検討を行った。

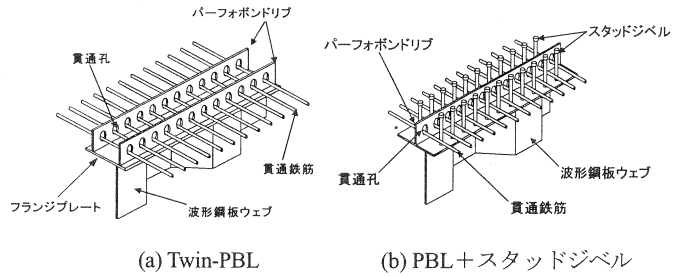


図-1 豊田東JCT・Cランプ第2橋の接合方法

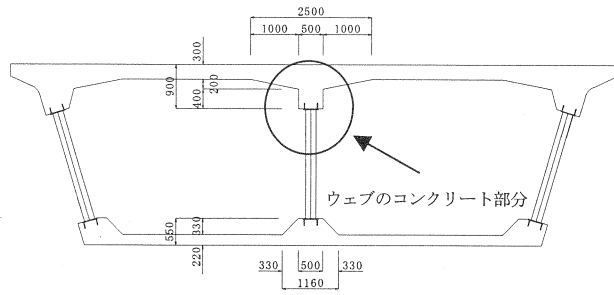


図-2 豊田東JCT・Cランプ第2橋の標準断面

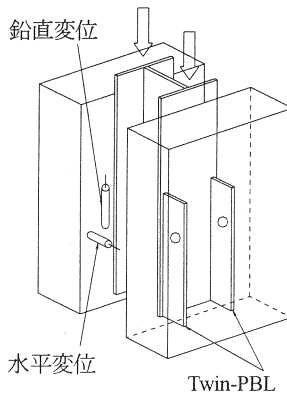


図-3 押抜き実験概要図

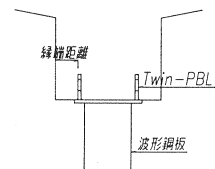


図-4 Twin-PBL とかぶりの関係

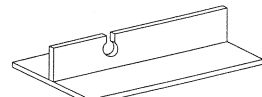


図-5 フラスコ形状の概要図

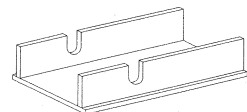


図-6 U形状の概要図

2. 実験概要

2. 1 試験体の種類

試験体の種類を表-1 に、試験体詳細図を図-7 にそれぞれ示す。

表-1 試験体の種類

試験体の種類	Aタイプ	Bタイプ	Cタイプ	Dタイプ	Eタイプ
試験体の形状	長方形	長方形	台形	標準	標準
ずれ止めの概要図					
ずれ止めの種類	Twin-PBL	Twin-PBL	Twin-PBL	Twin-PBL(U)	PBL(フラスコ)
リップのかぶり(mm)	107	207	—	—	—
孔径φ(mm)	φ55	φ55	φ55	半径r=55/2	φ55
貫通鉄筋	D16	D16	D16	D16	D16
打設方向	正	正	正	正	逆

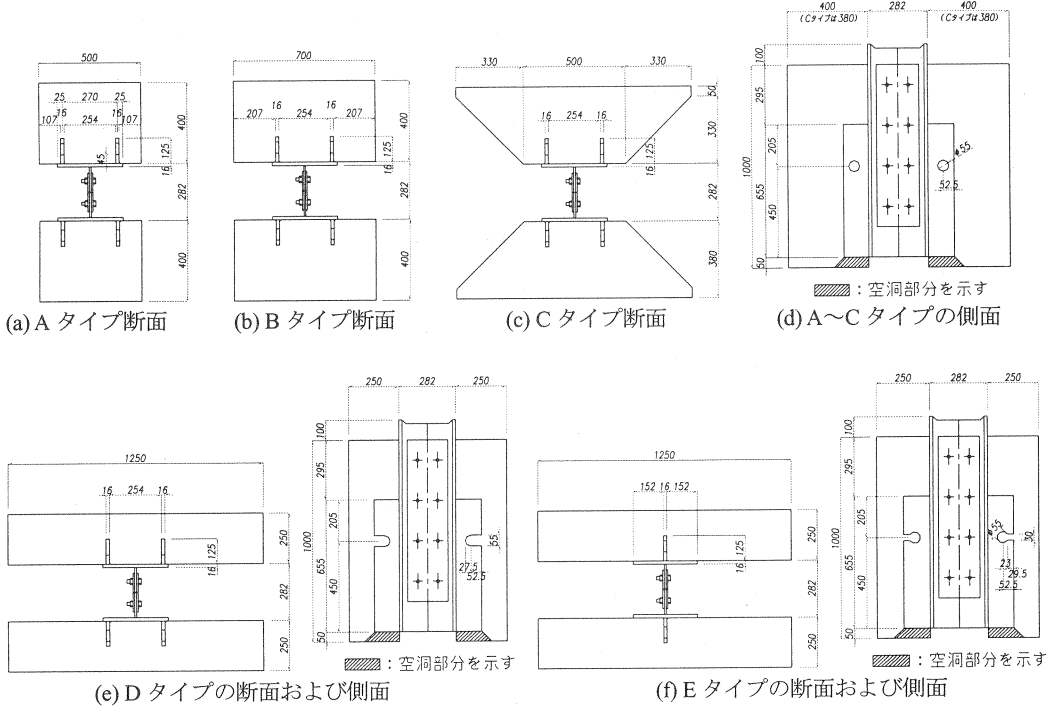


図-7 試験体詳細図

表-1 に示すとおり、試験体は、Aタイプ～Eタイプの5種類で各3体制作し、貫通鉄筋は、すべてD16を配置した。Aタイプ～Dタイプまでは、上床版コンクリートと波形鋼板の接合を想定し、Eタイプのみ下床版コンクリートと波形鋼板の接合を考慮したため、コンクリートの打設方向を逆打ちとした。

また、AタイプおよびBタイプはPBLのリップの縁端距離に着目し、リップの縁端距離が、せん断耐力に及ぼす影響を把握することを目的とした。Cタイプは、ハンチを設けたことによるせん断耐力への影響を把握すること、Dタイプは、PBLの孔をU形にしたことによるせん断耐力への影響を把握すること、Eタイプは、PBLの孔をフラスコ形にしたことによるせん断耐力への影響を把握することを目的とした。

ここで、D タイプの PBL の孔を U 形に変更した理由は、貫通鉄筋を貫通させることなく、上から落とし込めることを可能とさせ、施工の省力化を考慮した形状としている。ただし、首振りモーメントに抵抗できないと考えられるため、別途検討が必要であると思われる。E タイプも PBL の孔を円形からフラスコ形に変更した理由は、下床版の鉄筋が組み終わってから波形鋼板を上から落とし込めることで、施工の省力化を図ろうと考えたためである。

表-2 コンクリートの材料特性

	Aタイプ	Bタイプ	Cタイプ	Dタイプ	Eタイプ
設計基準強度 (N/mm ²)	40				
圧縮強度 (N/mm ²)	52.6	52.1	50.8	51.0	54.8
ヤング係数 (N/mm ²)	3.02E+04	2.91E+04	3.01E+04	2.91E+04	3.09E+04

図-7 より、Twin-PBL および PBL のリブの下端部 (図中の斜線部分) は、実験時にコンクリートの抵抗がないように、あらかじめ空洞にした。また、A~D タイプに用いた Twin-PBL のリブ高さ h (=125mm) とリブ間隔 b (=270mm) の関係は、 $b/h=2.16$ で統一させることとした。試験体に用いたリブ厚 ($t=16mm$)、リブ高さ ($h=125mm$)、リブ間隔 ($b=270mm$) については、実橋を想定し決定した。試験体に使用した材料特性は、鋼部材が SS400、鉄筋は SD345、コンクリートは表-2 に示す。

2. 2 押抜き実験の概要

押抜き実験の状況を写真-1 に示す。写真-1 から押抜き実験は、左右の荷重のバラツキも把握するために 1000kN のロードセルを 2 台、50mm の鉛直変位計を 4 台、25mm の水平変位計を 4 台設置して実施した。また、試験体設置時の浮力調整を図るため、試験体設置前に石膏を敷いてから実験を行った。A~E タイプすべての試験体のフランジプレートとコンクリートの付着を切り、せん断耐力に付着の影響を与えないよう配慮した。

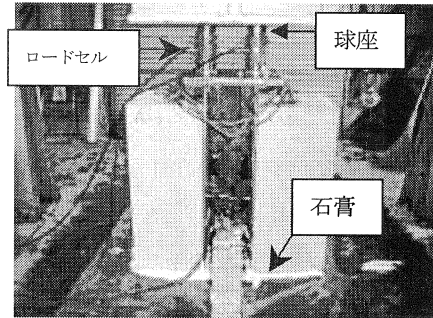


写真-1 押抜き実験の状況

3. 実験結果

3. 1 P-δ 曲線

A~C タイプの荷重-変位曲線を図-8 に示す。図中の荷重は、左右の合計値を示し、鉛直変位量は、4 箇所 の平均値を示す。図-8 より Twin-PBL のリブの縁端距離が小さい A タイプのみ、最大せん断耐力が小さいことがわかる。この要因は、破壊時の試験体の状況 (写真-2 参照) から、Twin-PBL のリブの縁端距離が少なかったためと考えられる。

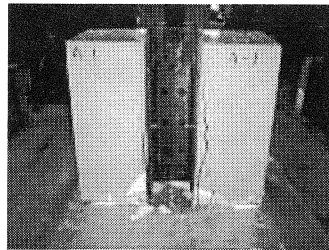


写真-2 A タイプの破壊状況

D タイプの荷重-変位曲線を図-9、荷重-水平変位の関係を図-10 にそれぞれ示す。また、破壊時の状況を写真-3 に示すが、この状況写真からわかるようにフランジプレートが座屈してしまい、試験を途中で中断する結果となった。この原因は、PBL の孔を U 形としたため水平方向の拘束機能を有していないと考えられる。

次に、E タイプの荷重-変位曲線を図-11 に示すが、D タイプのようなフランジプレートの座屈現象は起きず、ずれせん断により破壊した。今回の押抜き実験からは、水平方向の拘束機能を有していたと考えられる。

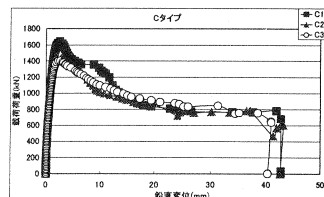
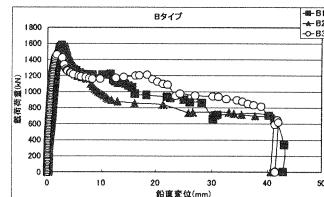
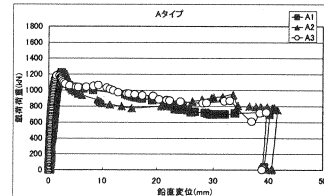


図-8 A~C タイプの P-δ 曲線

3. 2 実験結果と土木学会式の比較

各試験体の実験結果と土木学会式との比較を表-3に示す。

表-3 実験結果と土木学会式の比較

試験体の種類	圧縮強度 (N/mm ²)	鉄筋引張強度 (N/mm ²)	PBL枚数 (全体)	土木学会式	実験値	実験平均	比率	
				①		②	②/①	
Aタイプ	A1	52.6	490	1151.2	1220.4	1174.0	1.02	
	A2				1121.0			
	A3				1180.8			
Bタイプ	B1	52.1		4	1143.1	1580.7	1494.2	1.31
	B2					1441.4		
	B3					1460.4		
Cタイプ	C1	50.8		4	1122.2	1640.2	1501.5	1.34
	C2					1461.7		
	C3					1402.5		
Dタイプ	D1	51.0	2	1125.4	1787.4	1766.8	1.57	
	D2				1787.4			
	D3				1725.6			
Eタイプ	E1	54.8	2	593.3	920.5	986.0	1.66	
	E2				1041.5			
	E3				996.0			
E'タイプ (注1)	E1	54.8	2	754.1	920.5	986.0	1.31	
	E2				1041.5			
	E3				996.0			

注1) E'は、土木学会式の孔の断面積をフラスコの断面積に置き換えて算出したものである。

表-3の実験結果と土木学会式の比率から、Aタイプ、Bタイプ、Cタイプの中で、PBLの縁端距離が少ないAタイプの比率が一番小さい結果となった。この結果から、PBLの縁端距離が、せん断耐力に影響を与えることがわかった。しかしながら、縁端距離とせん断耐力との関係を定量的に評価することまでには至らなかった。

Dタイプに関しては、実験途中でフランジプレートが座屈してしまい実験値の値をそのまま、せん断耐力とは判断できないと思われる。

Eタイプに関しては、土木学会式の値を算出するときの孔の面積をφ55で求めたものと比較すると、約1.6倍の耐力を有していた。これは、孔をフラスコ形としたことにより、面積が大きくなった影響によるものと考えられる。参考までに孔をフラスコ形の面積(図-12参照)で求めたものとの比較では、約1.3倍程度の耐力を有していた。

4. まとめ

本実験結果より以下のことがわかった。

- ①BおよびCタイプに比べ、AタイプのようにPBLの縁端距離が少ない場合は、せん断耐力が低下することがわかった。また、土木学会式との比較では、ほぼ等しい結果となったが、実設計で本接合形式を用いる場合、BおよびCタイプのように約1.3倍程度の耐力を有するとすれば、土木学会式を低減する必要がある。
- ②Dタイプのように孔の形状をU形にした場合は、水平方向の拘束機能を有していないことがわかった。このため実際の橋梁に用いた場合は、首振りモーメントに対する抵抗性がないと思われる。
- ③Eタイプのように孔の形状をフラスコ形にした場合は、水平方向の拘束機能および十分なせん断耐力も有していることがわかった。

今後は、PBLの孔をフラスコ形にした接合方法のせん断挙動について追求していきたい。

参考文献

- 1) 土木学会 新形式の鋼・コンクリート複合橋梁調査研究小委員会孔あき鋼板ジベルWG：孔あき鋼板ジベル設計マニュアル(案) 2001.11

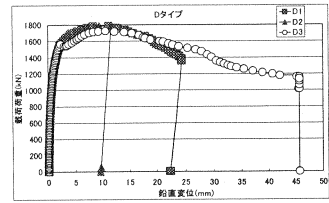


図-9 DタイプのP-δ曲線

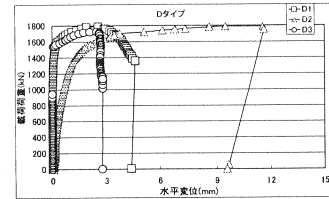


図-10 Dタイプの水平変位

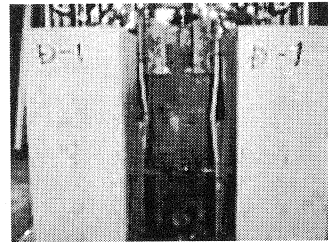


写真-3 Dタイプの破壊状況

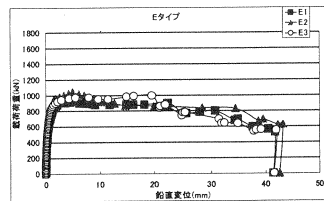


図-11 EタイプのP-δ曲線



図-12 フラスコ形の面積