

阪神高速道路公団
阪神高速道路公団
㈱ピー・エス
オリエンタル建設㈱
大阪工業大学
大阪工業大学

正会員 井口 斉
正会員 小林 寛
正会員 ○張 建東
正会員 正司 明夫
正会員 小林 和夫
正会員 栗田 章光

1. はじめに

波形鋼板ウェブ橋においては、波形鋼板とコンクリート床版の接合方法として、波形鋼板を床版に直接埋め込む方式、鋼フランジにスタッドを溶植する方式などが採用されている。一方、既往の研究¹⁾によれば、パーフォボンドリブ（孔あき鋼板ジベル）は接合部のせん断力伝達に優れているとの報告がなされている。

中野高架橋では、上床版接合部にパーフォボンドリブ+スタッドジベル併用方式を採用している。本実験はC T形鋼を用いたパーフォボンドリブ接合の適用性を検討する目的で押抜きせん断実験を行い、パーフォボンドリブおよびスタッドの水平ずれせん断耐力、破壊性状を調べるとともにせん断耐力評価式を検討する。

2. 実験概要

供試体は表－1に示すようにスタッドのみ、パーフォボンドリブのみ、パーフォボンドリブ+スタッド併用方式の3種類、計9体である。供試体の概要を図－1に示す。本実験は中野高架橋の上床版接合部を想定したものであり、使用材料、鉄筋配置およびC T形鋼の寸法等は実橋と同様である。また、供試体の製作についても、実際の床版コンクリート打設状況を反映し、片側ブロックずつを打設した後、添接板を介してボルト締めして一体化した。なお、鋼板の埋込み部分にはグリースを塗布し、コンクリートとの付着を無くすようにした。また、C T形鋼リブ下面のコンクリートが押し抜き試験時に抵抗しないよう、あらかじめ発泡材を埋込み、抵抗部分のコンクリートを削除した。

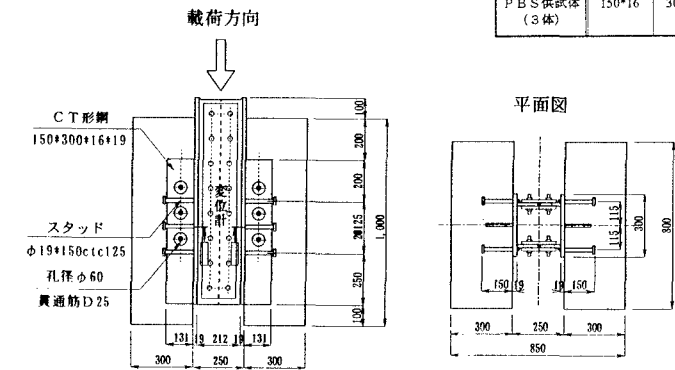
パーフォボンドリブの終局水平せん断耐力については、孔径がφ40以上になると、レオンハルトらが提案した計算式は実験結果を過大評価することが指摘されている²⁾。そこで、既往の実験研究を参考にレオンハルト式に低減係数0.7を考慮した式を、

$$Q_{pu} = 2(\pi \phi^2) / 4 \times 1.14 \sigma_{ck} \times 0.7 \dots\dots\dots (式-1)$$

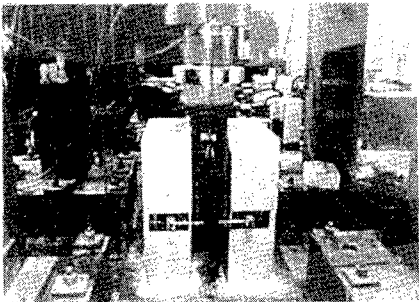
式－1（孔一個あたり）に示す。設計せん断荷重は終局耐力に対し安全率3とする³⁾。一方、スタッドの設計せん断力⁴⁾は道路橋示方書鋼橋編により算出し、終局せん断耐力は設計せん断力の3倍と設定した。

表－1 供試体の概要

	C T形鋼		孔開き	貫通鉄筋	スタッド	備 考
	リブ (mm)	フランジ (mm)				
S 供試体 (3体)	—	300*19	—	—	φ 19c1c125	スタッドのみ (スタッド：計12本)
P B 供試体 (3体)	150*16	300*19	φ 60c1c125	D25c1c125	—	パーフォボンドリブのみ (貫通孔：計6個)
P B S 供試体 (3体)	150*16	300*19	φ 60c1c125	D25c1c125	φ 19c1c125	パーフォボンドリブ+スタッド併用 (S 供試体－P B 供試体)



図－1 供試体の形状（P B S 供試体）



写真－1 載荷状況

載荷方法は荷重制御による繰り返し載荷とした。載荷荷重は設計せん断荷重の 1/2 Pa、1 Pa、2 Pa、3 Pa (Pa:設計せん断荷重) とし、それぞれの荷重まで一回ずつ単方向繰り返し載荷した後、破壊まで漸増載荷を行った。なお、コンクリートと鋼フランジの相対ずれ変位は両側に配置した 4 本の変位計で計測した。

3. 結果および考察

3. 1 ひび割れ性状： 全供試体とも、設計せん断荷重の 3 倍までひび割れの発生は観察されなかった。S 供試体は最大荷重に達した直後にスタッドが破断し、荷重が急激に低下した。一方、PB、PBS 供試体は最大荷重近傍で貫通孔位置からひび割れが発生し、最終的にひび割れが供試体側面に貫通した。

3. 2 荷重－ずれ変位関係： せん断荷重－ずれ変位の関係を図－2 に示す。いずれの供試体も設計荷重レベルでは、相対ずれ変位がほとんど発生していない。S 供試体では、荷重が 1200KN 前後で、荷重－ずれ変位の勾配が急激に緩やかになり、最大荷重の直後に荷重が急激に低下した。それに対し、PB、PBS 供試体では、最大荷重以降においても荷重の急激な低下がなく、貫通横鉄筋が最大荷重以降に接合部のじん性向上に有効であることが明らかになった。PBS 供試体ではずれ変位が 20mm 以後、スタッドが全部破断し、最終的に PB と PBS 供試体の荷重－変位曲線はほぼ同様となった。

各供試体とも同じ供試体を 3 体ずつ載荷したが、それらに大きなばらつきは見られなかった。3 種類の供試体とも最大荷重に達する時の変位量が同程度であるため、PBS 供試体の降伏荷重および最大荷重ともに S 供試体と PB 供試体の和とほぼ一致している。したがって、スタッドとパーフォボンドリブを併用した場合の設計せん断耐力はそれぞれの耐力の和で算出することが可能である。

文献 4 に基づいて整理した実験結果と上記の設計計算値との比較を表－2 に示す。各供試体とも最大荷重は計算上の終局荷重の 1.6～1.8 倍であり、材料強度のばらつきや供試体下面の拘束効果などを考慮し、妥当な安全率¹⁾と思われる。以上の結果により、上記の終局せん断耐力式は本実験結果をほぼ適切に評価していることが確認された。一方、降伏荷重は設計せん断荷重の 2.5～3.2 倍であり、安全率は終局荷重に対するものより大きくなっている。今後、終局せん断荷重に対する設計せん断荷重の安全率については、さらに実験等により検討する余地がある。

表－2 実験結果と設計計算値との比較

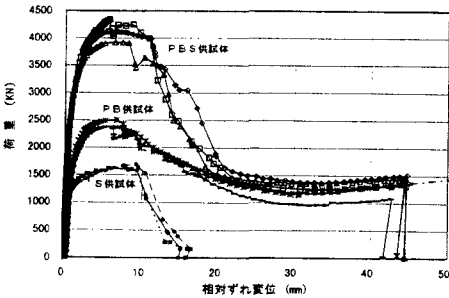
	実験結果			設計計算値		実験値／計算値		
	最大荷重 Q _{max} (KN)	降伏荷重 Q _y (KN)	ずれ定数 K _{st} ²⁾ (KN/mm)	設計荷重 Q _a (KN)	終局荷重 Q _u (KN)	Q _y / Q _a	Q _{max} / Q _a	Q _{max} / Q _u
S 供試体	1660	978	5018	301	904	3.25	5.51	1.84
PB 供試体	2421	1273	2788	494	1481	2.58	4.90	1.63
PBS 供試体	4126	2110	7457	795	2385	2.65	5.19	1.73

注) 供試体 3 体の実験結果を平均した。計算値は実際のコンクリート圧縮強度 (54.7N/mm²) を用いて算出した。

4. まとめ

- 1) 各供試体とも、設計荷重レベルではひび割れが生じず、ずれ変位もほとんど発生しない。スタッド、パーフォボンドリブおよび両者併用方式は、いずれもずれ止めとして十分なせん断伝達性能を有する。
- 2) CT 形鋼を用いたパーフォボンドリブ接合は、スタッド方式に比較して、最大荷重以降の下 降勾配が緩やかになり、貫通鉄筋の配置により接合部の終局時のじん性が向上する。
- 3) 本論文で採用した水平せん断力計算式は実験結果を適切に評価している。また、スタッドとパーフォボンドリブを併用した場合のせん断耐力は、それぞれの耐力の和で算出することが可能である。

[参考文献] 1) Fritz Leonhardt, Wolfhart Andra, Hans-Peter Andra und Wolfgang Harre: Neues, Vorteilhaftes Verbundmittel für Stahlverbund Tragwerke mit hoher Dauerfestigkeit, BETON-UND STAHLBETONBAU, 1987
2) 蛭名, 高橋, 上平, 柳下: パーフォボンドリブのせん断耐力に関する基礎的研究、第 8 回プレストレスコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, 1998. 10 3) 依田、中洲: 鋼板孔を用いたずれ止めの設計法に関する一考察、第 4 回復合構造の活用に関するシンポジウム講演論文集, 1999. 11 4) 社団法人日本鋼構造協会: 頭付きスタッドの押し抜きせん断試験方法とスタッドに関する研究の現状, 1996. 11



図－2 荷重－ずれ変位関係