

I-A149 コンクリートの打設方向を考慮した孔明鋼板引抜試験

(株)横河ブリッジ 正員 永田 淳
 " 正員 明橋 克良
 日本道路公団 正員 渡辺 将之

1. まえがき

鋼とコンクリートを合成させる際に用いるずれ止め形式は、スタッドジベルが最も一般的に採用されてきた。しかし、スタッドジベルは疲労耐久性に対して欠点があることをレオンハルトらは指摘し、合成桁におけるずれ止め形式として疲労耐力のある孔明き鋼板ジベル(パーフォボンドプレート)を提案している^{1, 2)}。また、鋼・コンクリート複合ラーメン橋の剛結部(以下、単に剛結部という)においても、孔明き鋼板ジベルをずれ止めとして用いることにより、疲労強度特性および鋼桁製作・施工性の向上が期待できるものと考えられる。本文では、剛結部において孔明き鋼板ジベルを使用するにあたり、寸法および施工条件を実物と一致させた試験体について引抜試験を行った結果を報告するものである。

2. 問題点の抽出

文献 1), 2)では合成桁を対象としているため、剛結部で用いる場合、a) コンクリート打設方向とせん断力の作用方向が合成桁とは異なり、ブリージングによって発生するレイタンスの影響が懸念される、b) 剛結部内の施工性確保を考えると、孔明き鋼板ジベルを用いる場合の横方向(板厚方向)の必要鉄筋量を確保できない、c) 伝達する荷重強度が合成桁より大きいことから、単位長さ当りのせん断耐力をあげるため、より大きな孔径を必要とする(合成桁では孔径 $\phi 30 \sim 50$ 程度)、d) 剛結部の立体 F.E.M.解析のモデル化にあたり、孔明き鋼板ジベルのずれ剛性(バネ定数)を評価しなければならない、などの問題点が生じる。

そこで、剛結部ずれ止めの試設計をもとに孔径を決定し、鋼板厚とコンクリート打設方向を変えた、引抜試験を実施することとした。

3. 試験要領

試験体の一覧を表-1に、試験要領を図-1に示す。いずれの試験体も、横方向鉄筋は必要最小量とし、鋼板とコンクリートとの付着の影響を取り除くため、鋼板にはあらかじめグリースを塗布している。荷重荷重方法は文献 3)を参考にし、同一条件の試験体3体のうち1体を単調増加荷重法で、残りの2体については、漸増繰返し荷重法で行った。

4. 試験結果

荷重と相対ずれ量との関係および残留ずれ量との関係を抜粋して、図-2に示す。また、すべての試験体についての結果をまとめて表-2に示す。

4. 1 最大せん断耐力

レイタンスの影響は、 $t=19$ mmの試験体で若干見られるものの(Type-1B/1A=0.89)、22 mmの試験体では、ほとんど同じ耐力を示している(Type-2B/2A=1.01)。また、最大耐力に与える板厚の影響はほとんど無い。最大せん断耐力を圧縮強度で無次元化した場合、 $\tau_{max}/\sigma_c=0.86 \sim 1.05$ となり、レオンハルトらの提案する強度式²⁾ $\tau_{max}=1.3 \cdot \sigma_c$ と比較すると7~8割程度の強度である。これは、横方向の拘束鉄筋を最小量しか配置していないため、孔内のコンクリートが純粋な3軸圧縮応力状態を得られず、早期に塑性変形を起こしてせん断破壊が生じたものと考えられる。

4. 2 ずれ性状

レイタンスの影響がない Type-A のずれ剛性は、影響がある Type-B に比べて約 75%程度高くなる。しかし、他のずれ止め形式に比べ、ずれ剛性は非常に高い値を示している(スタッド $\phi 19$ mm-200kN/mm, D13 折り曲げ鉄筋-500kN/mm)。また、ずれ剛性を鋼板厚で除した値の平均値は、レイタンス有り無しごとでほぼ同じ値を示していることから、孔明き鋼板ジベルの剛性は、鋼板厚と線形関係にあるといえる。

表-1 試験体の一覧

試験体 No.	孔径	鋼板厚	コンクリート打設方向	レイタンスの影響	試験体個数
Type-1A	$\phi 70$ mm	19 mm	上	あり	3
Type-1B			下	なし	3
Type-2A		22 mm	上	あり	3
Type-2B			下	なし	3

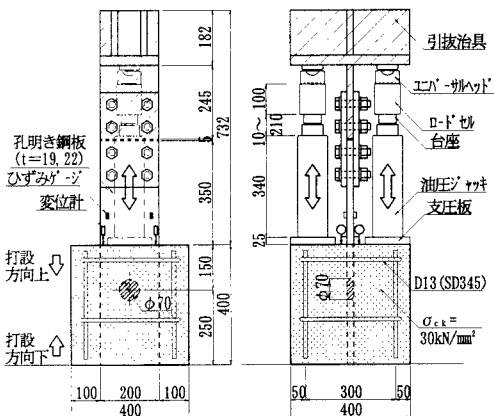


図-1 試験要領

Key Words: パーフォボンドプレート, レイタンス, 荷重-ずれ特性

連絡先: 千葉県船橋市山野町 2 7 番地 (株)横河ブリッジ Tel 047-435-6161 Fax 047-435-6242

表-2 孔明き鋼板引抜き試験結果

No.	孔径 d (mm)	板厚 t (mm)	打設 方向	最大せん断 荷重		最大 ずれ 量 (mm)	$Q_{max}/3$ 割線剛性		$Q-\delta_R$ 曲線の急変点						降伏せん断荷重				$\delta_{85\%}$ (mm)
				Q_{max} (kN)	τ_{max} / σ_c		K_{ST}^0 (kN/mm)	K_{ST}^0/t (kN/mm ²)	Q_{R1} (kN)	τ_{R1} / σ_c	δ_{Ry1} (mm)	Q_{R2} (kN)	τ_{R2} / σ_c	δ_{Ry2} (mm)	Q_{y1} (kN)	τ_{y1} / σ_c	Q_{y2} (kN)	τ_{y2} / σ_c	
1A	70	19	上(無)	252.2	0.99	1.002	3194	168	233.3	0.92	0.074	—	—	—	211.2	0.83	—	—	4.79
1B	70	19	下(有)	224.0	0.88	2.946	1803	95	177.9	0.70	0.506	85.3	0.33	0.032	161.2	0.63	96.9	0.38	6.42
2A	70	22	上(無)	239.5	0.94	0.759	3619	190	222.5	0.87	0.064	—	—	—	188.1	0.74	—	—	5.41
2B	70	22	下(有)	241.6	0.95	2.672	2062	109	196.0	0.77	0.370	98.0	0.38	0.038	182.0	0.71	113.8	0.45	7.94

注記：1) $\tau=Q/(2 \cdot A_d)$, 2) $A_d=\pi \cdot d^2/4=3848 \text{ mm}^2$, 3) σ_c は試験開始前後に行った圧縮強度試験の平均値とする($=33.1 \text{ N/mm}^2$)
 4) 打設方向上は孔内のコンクリートの圧縮応力作用位置にレイタンスは無く、打設方向下は有る。

相対ずれおよび残留ずれ特性とも、Type-A はバイリニア、Type-B はトリリニアの形を顕著に示している。ただし、Type-B は最初の急変点を過ぎても除荷後の剛性に変化はない。

4. 3 降伏せん断耐力

降伏せん断耐力の算出方法は、Type-A および B ごとにオフセット量を 0.05 mm、0.3 mm と決定し (δ_{Ry} の最小値程度)、荷重-相対ずれ曲線とオフセットした $Q_{max}/3$ 割線剛性との交点から求めている。この様にして算出した降伏せん断耐力は、板厚による影響をほとんど受けて、レイタンスの影響を顕著に受けるが、 $t=22 \text{ mm}$ の場合の耐力低下は、 $t=19 \text{ mm}$ に比べて小さい。Type-B は荷重-残留ずれ曲線の急変点が 2 箇所あり、相対ずれ曲線と同様にトリリニアの分布を呈している。また、初期の急変点は半分程度の値となるが残留ずれの増分は線形を保っている。

4. 4 ダクティリティ

最大荷重通過後、15%の耐力低下が生じるときのずれ量 $\delta_{85\%}$ は、すべての試験体で 4 mm 以上となることから、非常に高いダクティリティを有している。また、最大荷重通過後の載荷-除荷曲線部でも、高い剛性を確保していることから、横方向拘束筋を最小量しか配置していないにも関わらず、孔内コンクリートと周辺部のコンクリートとで十分高い摩擦合成を確保しているものと考えられる。

5. まとめ

本検討において、コンクリートの打設方向を考慮した場合の孔明き鋼板ジベルの基本特性について確認できた。今後、剛結部に孔明き鋼板ジベルを用いる際の許容応力度または終局強度の設定について検討を進めていきたい。

<参考文献>

- 1) F. Leonhardt et al: Zur Bemessung durchlaufender Verbundträger bei dynamischer Belastung, Bauingenieur, Vol. 62, Pp.311-324, 1987,
- 2) F. Leonhardt et al: Neues, vorteilhaftes Verbundmittel für Stahlverbund-Tragwerke mit hoher Dauerfestigkeit, BETON-UND STAHLBETONBAU, pp.325~331, 1987.12,
- 3) (社)日本鋼構造協会：頭付きスタッドの押し抜き試験方法（案）とスタッドに関する研究の現状，JSSC テクニカルレポート，No.35，1996.11

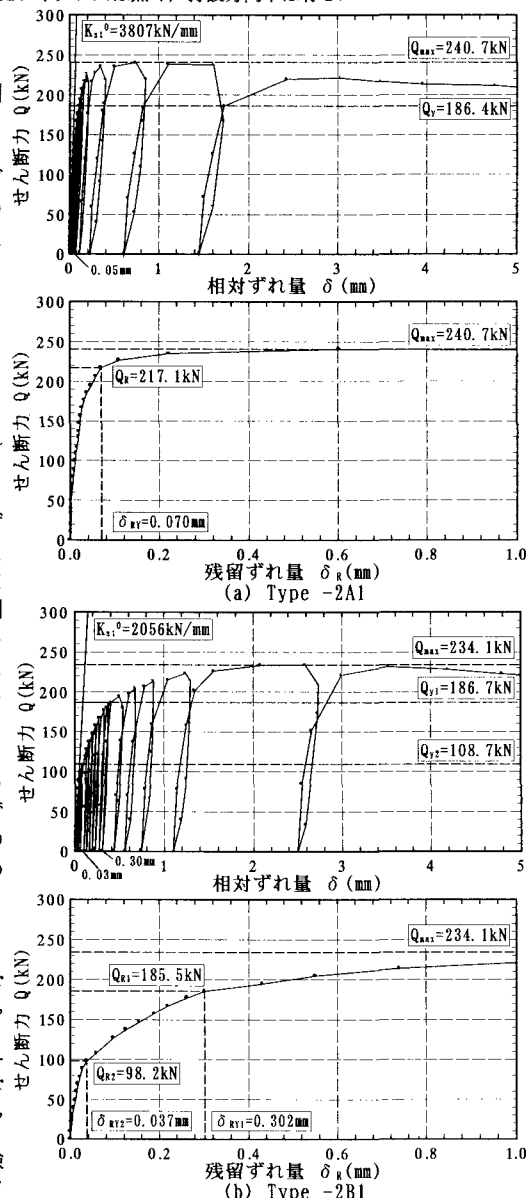


図-2 荷重-相対ずれおよび残留ずれ曲線