

(I-67) 合成桁の接合部に孔を用いた新しいずれ止めの強度評価に関する一考察

早稲田大学大学院 学生員 中洲啓太 早稲田大学理工学部 正会員 依田照彦

1. はじめに

鋼とコンクリートの合成桁において、鋼ウェブの上部に孔を開け、コンクリート床版をその上から打設し、孔の中にコンクリートジベルを形成するタイプのずれ止めを利用すると、従来のスタッドを用いたずれ止めに対して、鋼上フランジが不要になり溶接の必要がないため施工が容易になるという利点を有する¹⁾。特に、ウェブに波形鋼板を使用した場合には、疲労強度が向上するというメリットが見られる。しかしながら、このずれ止めに関する基礎的データや研究成果は少なく、不明な点が多く残されている。ここでは、このずれ止めの各種強度の評価方法について考察する。

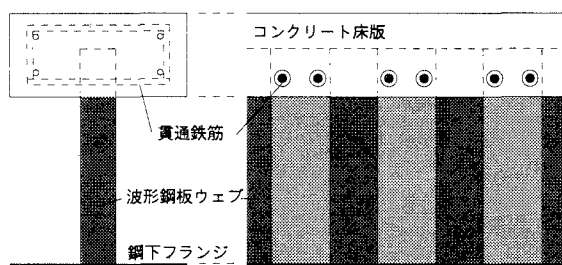


図1. 孔のずれ止めを用いた合成桁の例

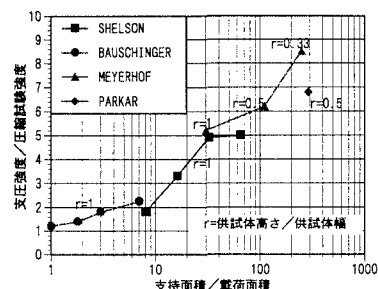


図2. コンクリートの支圧強度の実験結果²⁾

2. 強度評価に関する考察

①コンクリートジベルの割裂強度

コンクリート床版と鋼ウェブとが相対的にずれようとするとき、孔の中のコンクリートは鋼の孔の内面から支圧力を受ける(図3参照)。このため、孔の中のコンクリートは割裂破壊の状態になる。孔の中のコンクリートは、周辺の鋼およびコンクリートによって膨張を拘束されているため、孔の中のコンクリートの強度は、通常の圧縮試験強度に比べて大きくなる。ここでは孔の中のコンクリートの割裂強度を推測するために、コンクリートの支圧強度と関連づけて考える。支圧強度に関する実験としてはShelson 他の実験²⁾が知られており、図2より供試体断面積/載荷面積の値が大きくなると支圧強度が通常の圧縮試験強度の5倍以上になることがわかる。通常、孔を用いたずれ止めでは支圧面積とコンクリート床版全断面積の比は100~1000であり、孔の中のコンクリートの強度は圧縮試験強度の5倍以上とみることができる。よって、ジベル1つあたりのせん断強度は

$$V = D \times t \times 5f'_c \quad (1)$$

と考えることができる。ここに、 D は孔の直径、 t は鋼ウェブの板厚、 f'_c はコンクリートの圧縮強度である。

②コンクリートジベルのせん断強度

コンクリートジベルのせん断強度とは、孔の中のコンクリートが鋼ウェブ側面に沿ってせん断破壊することを想定したときの強度である(図4参照)。既存の実験によると、このせん断面でのコンクリートのせん断強度は通常のせん断強度よりも大きくなっている。このせん断面のせん断強度として、塑性降伏状態を想定し、 $\tau_{cy} = f'_c / \sqrt{3}$ を用いると、ジベル1つあたりのせん断強度は次式のようにになる。

キーワード ずれ止め、合成桁、接合構造

連絡先 (〒169-8555 新宿区大久保 3-4-1・TEL 03-3209-3211・FAX 03-3200-2567)

$$V = 2 \times \frac{\pi D^2}{4} \times \frac{f'_c}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

③孔と孔の間の鋼板のせん断強度

図5のように孔の中心線に沿って鋼板がせん断破壊する場合の強度である。鋼の破壊時までコンクリートが健全であると仮定すれば、コンクリートのせん断力負担を勘案して、せん断強度は次式により計算される。

$$V = A_s \times \tau_{sy} \times \frac{A_s + A_c}{A_s} \quad (3)$$

ここに、 A_s は孔の間の鋼板部分の総面積、 A_c はコンクリート部分の面積 ($A_c = D \times t$)、 τ_{sy} は鋼のせん断強度 ($\tau_{sy} = \sigma_{sy} / \sqrt{3}$)、 σ_{sy} は鋼の保証降伏点応力である。

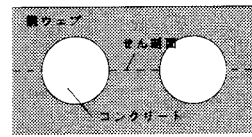
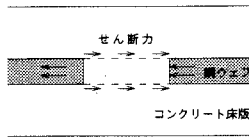
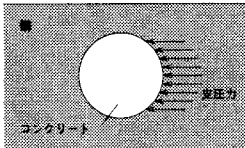


図3．割裂強度

図4．コンクリートジベルのせん断強度

図5．孔の間の鋼のせん断強度

④孔の大きさについて

孔が大きくなると支圧面積が大きくなり、孔の中のコンクリートの圧縮応力は図2のように低下する。したがって、孔の面積が小さいときはコンクリートジベルのせん断破壊、大きくなると割裂破壊が起こると考えられる。孔の大きさの上限は、圧縮試験強度の5倍以上の支圧強度を確保するために図2より支圧面積／全面積は100以上であることが必要である。この値は、このずれ止めと実験供試体との条件の違いを考慮してやや安全側としている。孔の大きさの下限については、鋼側面に沿ったせん断伝達というコンクリートジベル本来の機能を発揮させるため、孔と孔の間の鋼のせん断ではなく、コンクリートジベルのせん断によって破壊するように決定するのが望ましい。

⑤貫通鉄筋について

以上の考察は、貫通鉄筋を用いていない場合のものであるが、この孔を用いたずれ止めでは、孔に貫通鉄筋を通して孔の周りのコンクリートの安定とずれの防止を図る必要がある。貫通鉄筋の存在により、支圧力による横方向の引張力の分担、軸方向のせん断強度の増大に寄与する。したがって、以上に述べた各条件に対して貫通鉄筋の存在は安全側の評価を与える。特に、軸方向のせん断強度に対する影響は大きいと考えられ、貫通鉄筋（直径d）の効果を加味すると式（2）は次のように表される。

$$V = 2 \times \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \times \frac{f'_c}{\sqrt{3}} + \frac{\pi d^2}{4} \times \tau_{sy} \quad (4)$$

3. 今後の課題

ここでは、既往の文献を参考に安全側の評価式を誘導したが、このずれ止めの設計法を確立していくためには、より詳細な実験や解析が必要となる。さらに、このずれ止めを用いた桁では、コンクリート床版と鋼ウェブとの接合部の首振り現象やウェブ直上のコンクリートの応力集中といった問題もあり、これらについても検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) Fritz Leonhardt et al: Neues, vorteilhaftes Verbundmittel für Stahlverbund-Tragwerke mit hoher Dauerfestigkeit, Beton und Stahlbetonbau, 12/1887.
- 2) William Shelton: Bearing Capacity of Concrete, Journal of The American Concrete Institute, vol. 29, No. 5, 1957.