

矢作川橋の主桁側斜材定着部における孔あき鋼板ジベルの耐荷力確認実験

日本道路公団 中部支社 豊田工事事務所 正会員 垂水 祐二

日本道路公団 中部支社 建設第二部 正会員 忽那 幸浩

日本道路公団 中部支社 豊田工事事務所 佐々木 伸行

大成建設株式会社 土木本部 土木設計部 正会員 大島 邦裕

オリエンタル・大成・川田共同企業体 辻村 隆

1. まえがき

波形鋼板ウェブ PC 斜張橋である第二東名高速道路矢作川橋の主桁側斜材定着部は、鋼製定着梁、鉛直の鋼製壁（シャイベ）及びコンクリート床版等により構成される複合構造である。このうち、シャイベとコンクリート床版の接合部においては、下床版側では水平せん断力に加えて鉛直引抜き力が作用し、一方、上床版側では極めて大きな水平せん断力と共に鉛直押込み力が作用する。本橋の詳細設計において、この接合部構造には孔あき鋼板ジベル（Perfobond Leisten、以下 PBL と呼称）が最適と判断された。しかしながら、本橋のような設計基準強度 60N/mm<sup>2</sup> もの高強度コンクリートに対する PBL の研究がなされていないことや、せん断力のみでなく、引抜き力や押込み力が同時に作用する場合、また、大きなせん断力に対して過密なジベル配置あるいは大口径ジベルを配置した場合に、土木学会「複合構造物の性能照査指針（案）」に示される耐力算出式（以下、指針式と呼称）等の既往の PBL 耐力評価式に対する適用性が懸念されたことから、これらのパラメータを基に要素実験を行い、PBL の耐力評価を行った。

2. 実験概要

試験体は、図-1 に示すとおり、0.65×1.20×1.60m のコンクリートを、図.2 に示すような孔径および配置が異なる孔あき鋼板で接合する形状とした。CASE1 は孔径 70mm を 2 段配置した構造である。CASE2 は孔径 120mm の大口径ジベル構造である。両ケースとも指針式に基づいて水平せん断耐力を算出し、実橋で所要性能が得られるようにジベル諸元を設定した。引抜きに対しては、基本的にジベル孔のかぶりを、従来より大きくする対処策を試みた。但し、CASE3 はジベル孔のかぶりと耐力の相関を把握するために CASE2 よりジベルのかぶりを 90mm 浅くした構造である。CASE4 は孔径 70mm を孔間隔 125mm と密配置した鋼板を 2 枚並列した構造である。荷重条件は CASE1～CASE3 ついては矢作川橋斜材定着体の下床版側接合部を対象として水平せん断力と鉛直引抜き力が作用させた。CASE4 は上床版側接合部を対象とし、水平せん断力と鉛直押込み力を作用させた。

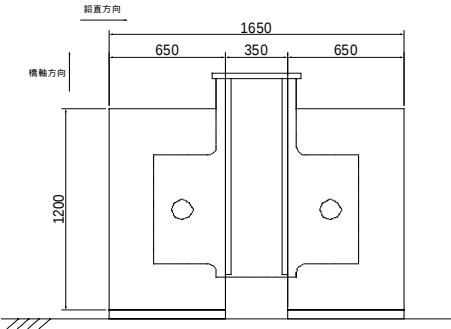


図.1 試験体概要図

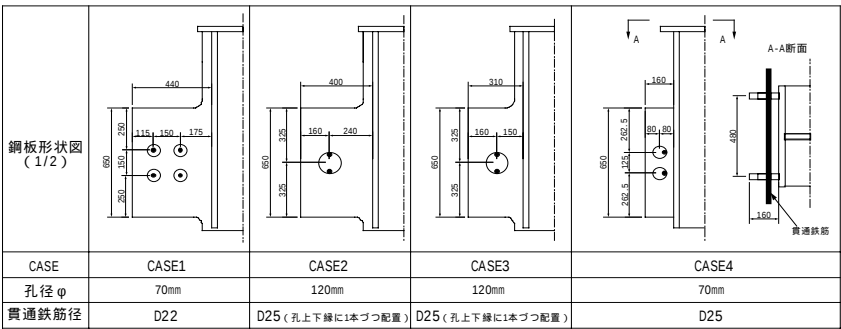


図.2 各 CASE の孔あき鋼板形状

表.1 各試験体特性値および荷重条件

| 実験ケース     | 孔径(mm) | 貫通鉄筋径 | 孔数 | σ <sub>ck</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | σ <sub>sk</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | 荷重条件        |
|-----------|--------|-------|----|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------|
| CASE1-1   | 70     | D22   | 4  | 69                                   | 582                                  | 水平せん断力のみ    |
| CASE1-2   | 70     | D22   | 4  | 68                                   | 582                                  | 水平せん断力+引抜き力 |
| CASE2-1   | 120    | D25×2 | 1  | 72                                   | 556                                  | 水平せん断力のみ    |
| CASE2-2-1 | 120    | D25×2 | 1  | 82                                   | 556                                  | 水平せん断力+引抜き力 |
| CASE2-2-2 | 120    | D25×2 | 1  | 61                                   | 538                                  | 水平せん断力+引抜き力 |
| CASE2-2-3 | 120    | D25×2 | 1  | 62                                   | 538                                  | 水平せん断力+引抜き力 |
| CASE3     | 120    | D25×2 | 1  | 82                                   | 556                                  | 水平せん断力+引抜き力 |
| CASE4-1   | 70     | D25   | 4  | 82                                   | 556                                  | 水平せん断力のみ    |
| CASE4-2   | 70     | D25   | 4  | 84                                   | 556                                  | 水平せん断力+押込み力 |

キーワード：孔あき鋼板ジベル，矢作川橋、高強度コンクリート、斜材定着部、引抜き力、ジベル形状  
連絡先：〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦 2-18-19 日本道路公団 中部支社 T E L 052-222-1594  
：〒163-0601 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設（株）土木設計部 T E L 03-5381-5297

3. 実験結果

図.3～図.5 に各ケースの P-δ 曲線を示す。縦軸は水平せん断力と鉛直力の合力を示し、横軸はコンクリートと鋼板の相対変位を示す。また、表.2 に各ケースの実耐力と指針式により算出した耐力比較を示す。図.3 に示す CASE1 では弾性域では P-δ 曲線の履歴が相似しているが、塑性域に移行するに従い相異が生じ、耐力差も認められた。荷重の低下は、CASE1-1 では貫通鉄筋の破断、CASE1-2 では表面コンクリートのひび割れにより生じた。また、両ケースともかぶりの浅い側のジベル孔のひずみが大きく、ジベル孔の荷重分担が不均一であることが分かった。図.4 に示す CASE2 および CASE3 でも、P-δ 曲線の履歴は CASE2-1～CASE2-2-3 では弾性域において相似の関係であった。しかし、CASE3 ではかなり小さな載荷でコンクリートの表面の破壊が生じた。ジベル孔のかぶり深さの影響が顕著に現れたものと考えられる。指針式ではコンクリートの圧縮強度と耐力の関係は 1 次関数で表され、圧縮強度の増加に比例して耐力増加が期待されるが、図.4 の結果が示すように 61～82N/mm<sup>2</sup> のコンクリート圧縮強度差に対するジベルの耐力差は認められなかった。圧縮強度比の変動ほどせん断強度比および引張強度比の変動は大きくならないことが影響したと考えられる。図.6 に CASE4 の実験結果を示す。CASE4-1 と比較して、CASE4-2 では耐力と靱性の向上が認められる。この主因は、両ケースとも破壊形式はジベル周辺のコンクリートのせん断破壊であったが、鉛直押し込み力が斜め方向の主引張応力を緩和し、格段にせん断耐力が高くなったためと考えられる。

表.2 に示すように実耐力と指針式により算出したジベル耐力を比較すると、全体に実耐力が低くなる傾向となった。CASE.1 では各孔の荷重分担が異なり、耐力は 1 孔当たり耐力の倍数とならないことによると考えられる。CASE2 では大口径ジベル構造の耐力を指針式により算出すると耐力を過大評価する可能性があるためと推察される。また、圧縮強度が高くなった場合にも指針式では耐力を過大評価する傾向があると考えられる。CASE3 では、ジベル孔のかぶり深さが耐力に影響すると考えられる。CASE4 では、孔間隔を密にすると耐力の低下が認められ、押し込み力が作用するとジベル耐力が向上することが分かった。

4. まとめ

ジベルを二段配置した構造では、かぶりの浅い側のジベルの荷重分担率が大きくなる。  
PBL の耐力にはジベルのかぶり深さが影響すると考えられる。  
大口径ジベルやジベル孔を過密配置する場合、指針式では耐力を過大評価する可能性がある。  
60N/mm<sup>2</sup> を超える高強度コンクリートでは、ジベル耐力の圧縮強度との比例は期待できない場合がある。  
謝辞：本実験の実施にあたり、早稲田大学の依田照彦教授から多大なるご指導を頂きました。ここに御礼申し上げます。

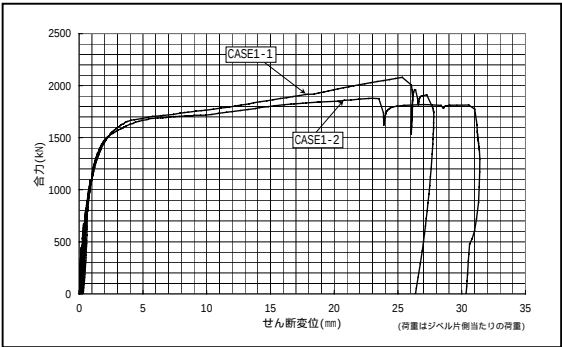


図.3 CASE1 の P-δ 曲線

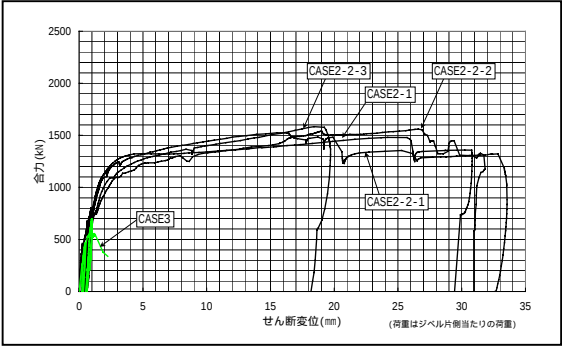


図.4 CASE2 および CASE3 の P-δ 曲線

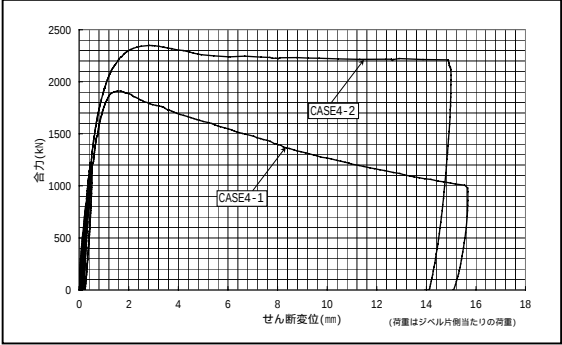


図.5 CASE4 の P-δ 曲線

表.2 実耐力と指針式による算出耐力との比

| 実験ケース     | ジベル1孔当たりの耐力(kN) |      |         |
|-----------|-----------------|------|---------|
|           | 実耐力             | 指針式  | 実耐力/指針式 |
| CASE1-1   | 520             | 753  | 0.77    |
| CASE1-2   | 470             | 746  | 0.70    |
| CASE2-1   | 1481            | 2308 | 0.72    |
| CASE2-2-1 | 1530            | 2498 | 0.69    |
| CASE2-2-2 | 1542            | 2064 | 0.83    |
| CASE2-2-3 | 1588            | 2084 | 0.85    |
| CASE3     | 773             | 2498 | 0.35    |
| CASE4-1   | 587             | 922  | 0.57    |
| CASE4-2   | 478             | 934  | 0.69    |