

セグメントとRC 躯体接合部を想定したフランジを有する孔あき鋼板ジベルの実大引張せん断実験

清水建設株式会社 正会員 ○仲山賢司 吉武謙二 波多野正邦 フェロー会員 興石正己
 首都高速道路株式会社 正会員 武藤圭祐 副島直史
 清水・東急特定建設工事共同企業体 正会員 小川卓

1. はじめに

著者らはトンネルの切り開き部などを対象として、異形鉄筋を用いた接合構造などを開発してきた¹⁾。ここでは、RC 躯体と鋼製セグメントの接続部にフランジを有する孔あき鋼板ジベルを用い、鋼製セグメントを巻き込まない、より簡易に省スペースで施工可能な接合工法を提案した(図1)。接合部は、図2のような複合応力状態になるため、せん断、引張軸力、曲げモーメントのそれぞれについて実験を行い、設計手法を提案した²⁾。本報では、提案設計手法による実大試験体を用いた実構造物の応力状況を再現した実験を実施し、構造安全性を検証した。

2. 実験概要

試験体の形状寸法を図3に示す。鋼製セグメントの主桁をモデル化した厚さ 100mm の鋼材に孔あき鋼板を溶接し躯体部を製作した。事前実験の結果²⁾ から孔あき鋼板の厚さは 19mm とし、鋼板先端部にフランジ(幅 60mm, 厚さ 19mm)を設置した。孔あき鋼板は、径 70mm の孔を 1 段目に 3 箇所、2 段目に 2 箇所設け、各孔には貫通鉄筋(D19)を配置した。貫通鉄筋は定着板を用いて定着した。

試験体は主桁下面で荷重フレームにボルトで固定した。試験体上面は荷重治具をボルト接合し 1MN ジャッキにて引張力を作用させた(写真1)。躯体部底面から 240mm の位置に 3MN ジャッキ 2 台によりテフロン支承を介して水平力を作用させることにより、実構造物の応力状態を再現した。また、3MN ジャッキ 2 台の合計荷重を 6MN ジャッキにて反力として作用させた。計測項目は各ジャッキの荷重や主桁と躯体部の相対変位量、貫通鉄筋やフランジのひずみなどである。荷重は表1に示す各段階で、引張力を保持した状態で水平力を所定の荷重まで加えた後、除荷をする方法とした。作用荷重が設計耐力に達した後は、引張力 411kN を保持し水平力を漸増させた。設計耐力は、孔あき鋼板の最外縁の孔に発生するせん断力が、設計せん断耐

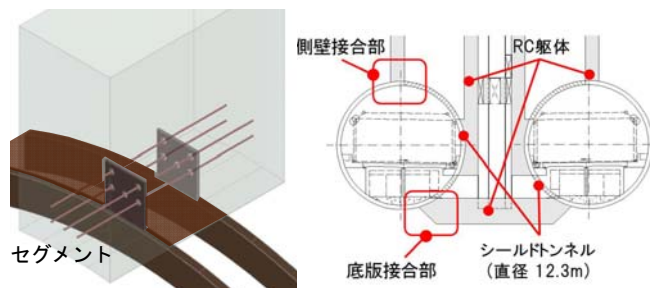


図1 セグメントと RC 躯体接合部

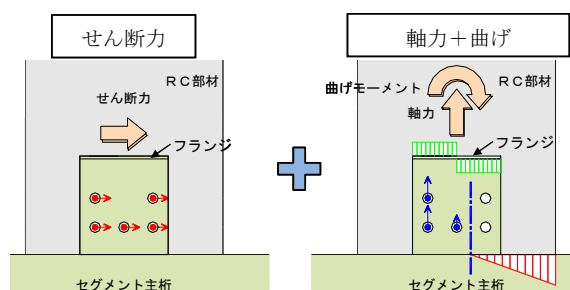


図2 接合部における応力状態

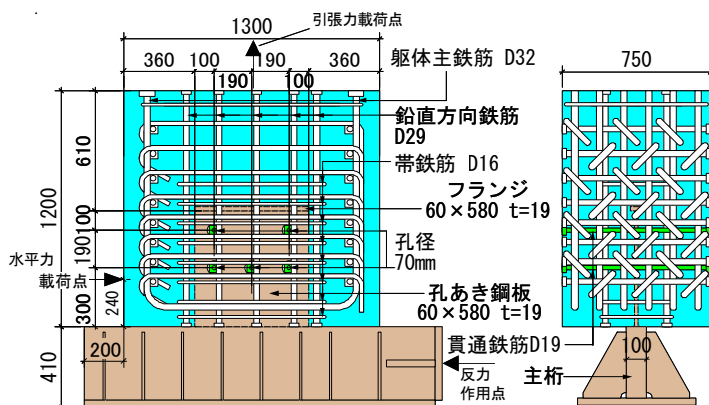


図3 引張せん断試験体(左:正面図, 右:側面図)



写真1 引張せん断試験荷重装置

キーワード 孔あき鋼板ジベル, 複合構造, 鋼製セグメント接続部, 引張せん断, ずれ止め
 連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1 TEL 03-3561-3897

表 1 载荷段階と実験結果

载荷段階	作用荷重	引張力 (kN)	水平力 (kN)	水平変位 (mm)	水平残留変位 (mm)
第1	0.5×設計荷重	80	201	0.02	0.02
第2	設計荷重	160	402	0.14	0.10
第3	許容荷重	242	607	0.45	0.25
第4	1.7×設計荷重	272	683	0.61	0.30
第5	1.7×許容荷重	411	1032	1.40	0.55
第6	設計耐力	411	1600	3.37	1.94

表 2 材料試験結果

鋼材仕様	適用箇所	降伏点 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
SM490Y (t=19)	孔あき鋼板 フランジ部	378	192	533
SD345 (D16)	せん断補強筋	363	183	509
SD345 (D19)	貫通鉄筋	387	183	590
SD345 (D29)	鉛直方向鉄筋	382	184	583
SD345 (D32)	躯体主鉄筋	374	178	567

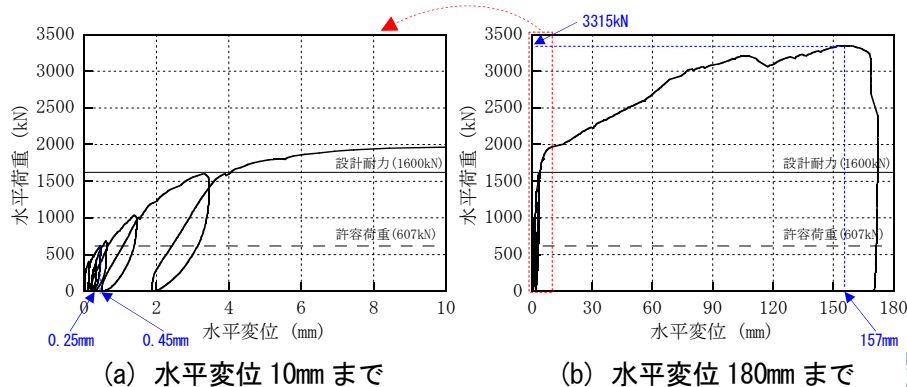


図 4 水平荷重—水平変位関係

力²⁾と等しくなる時の作用荷重である。許容荷重は、設計耐力の 0.4 倍(安全率 2.5)とした。また設計荷重は、実構造物の構造解析において、接続部に発生する断面力である。試験時のコンクリートは圧縮強度 32 N/mm²、割裂引張強度は 2.6 N/mm²、弾性係数は 30 kN/mm²であった。鋼材の材料試験結果を表 2 に示す。

3. 実験結果

水平作用荷重と水平方向変位の関係を図 4 に、最大荷重時でのひび割れ発生状況を写真 2 に示す。許容荷重時、設計耐力時にはひび割れは観察されなかった。1,575kN で孔あき鋼板 1 段目の孔間で鋼材が降伏し、荷重—変位関係の勾配が緩くなり延性的な挙動を示した。1,950kN 程度で载荷点から水平方向のひび割れが発生した(写真 2 の青線)。水平変位が 110mm から貫通鉄筋の破断音と推測される音が数度生じ、水平変位 157mm で、最大荷重 3,351kN となった。最大荷重は設計耐力の 2 倍程度であった。試験終了後の孔付近のはつり調査後の状況を写真 3 に示す。载荷により孔自体が変形し、貫通鉄筋や孔あき鋼板の破断も確認できる。

許容荷重 607kN における水平変位は 0.45mm、残留水平変位は 0.25mm であり、止水構造等の機能面への影響も小さい。孔あき鋼板周りの補強鉄筋である鉛直鉄筋や帯鉄筋のひずみ、フランジのひずみは、設計耐力時でいずれも 1000 μ 以内と弾性領域以内であり、構



写真 2 ひび割れ状況



写真 3 孔あき鋼板破壊状況

造の健全性が確認できた。

4. まとめ

フランジを有する孔あき鋼板を用いた鋼製セグメントと RC 躯体の簡易な接合工法を提案し、実構造物の応力状態を再現した実大引張せん断試験を実施した。その結果、得られた結果を以下に示す。

- ①提案した接合部構造は設計耐力の 2 倍程度の耐荷性能と高い靱性能を有し、設計耐力時には補強鋼材も弾性域であることから良好な構造安定性を有する。
- ②許容荷重時の水平変位は 0.45mm、残留変位は 0.25mm であり、ひび割れも発生しておらず、止水構造など機能面への影響は小さい。

【参考文献】

- 1) 森健太郎, 高梨智之, 井上啓明, 吉武謙二: 鋼材と RC との複合構造物の太径鉄筋を用いた接合部の直接せん断実験, 土木学会第 59 回年次学術講演会講演概要集 V-341, pp. 679-680, 2004.
- 2) 吉武謙二, 奥石正巳, 仲山賢司, 副島直史: フランジを有する孔あき鋼板ジベルを用いた鋼製セグメントと RC 躯体接合工法に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 38, 2016.