

科学技術特別研究員制度

- 1 高靱性型セメント材料を用いた鋼・コンクリート合成構造に関する研究

Study on joints of steel members using high performance fiber reinforced cement composites and steel bars

(研究期間 平成 13～15 年度)

建築生産研究グループ

梁 一承

Dept. of Production Engineering

Yang Ilseung

The steel structure is excellent in the economy by shorting construction periods using prefabrication methods, which is excellent in strength and ductility in comparison with other structures. However, the big problem in steel joints is how to clear the allowable error of the production precision in the construction. So, we examine the elasto-plastic properties and construction methods of stub column joints using High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composite (HPFRCC) and steel bars.

【研究目的及び経過】既存フレームに間柱を設置する場合は、新設する間柱を既存フレームに精度良く設置することが不可欠であり、この点が施工上最も難しい。新設する間柱を上下に分割し、上下の間柱部分をそれぞれ既存フレームに精度良く接合した後、間柱の中央部を高靱性セメントにより現場充填すれば、鉄骨部材の製作精度を吸収することができるとともに、鉄骨部材同士の現場溶接も不要となる。そこで、接合要素には鉄骨部材の製作精度を吸収する役割を付与し、間柱としてのエネルギー吸収は間柱材端の鉄骨部材部分に塑性ヒンジを形成することにより確保することを目標とした試験体を製作した。

【研究内容】 図-1 には間柱試験体の詳細を示す。間柱試験体の断面寸法は 150×200mm であり、試験体の高さ中央の接合部分では主筋はD16のネジ鉄筋を4本とし、帯筋は使用していない。

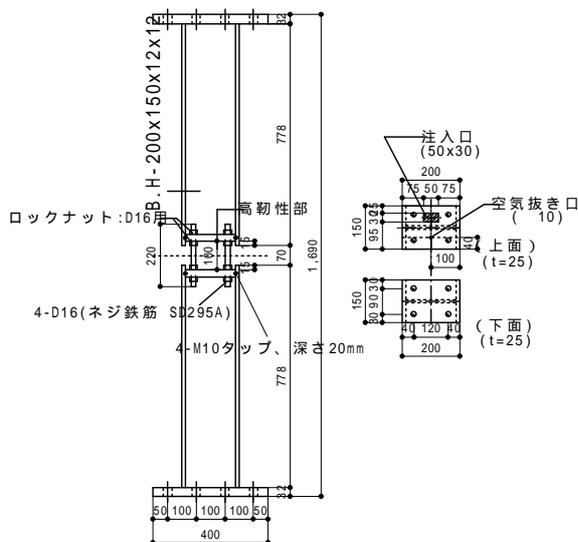


図-1 間柱試験体

高靱性セメント複合材料¹⁾はパン型ミキサーにより練混ぜ、試験体を縦にした状態で打設し、脱型後気中養生を行った。但し、No.B4 RPC100 に対しては横にした状態で打設した。一方、鉄骨部分にはH-200x150x12x12 (mm) を使い、高靱性セメント複合材料よりなる接合部分(高靱性部)より耐力が小さくなるように設計した。No.B1、No.B2、No.B4 試験体は部材の長さが 1.69m であるが、No.3 試験体は当初の計画では高靱性部を 300mm としていたものを 100mm に変更したため、部材の長さが 1.49m となっている。

間柱試験体の主なパラメータは表-1 に示すようにアスペクト比(H/B)と繊維種類である。No.B1 (PVA200) 試験体では、H/B が 1.0 であり、ポリビニルアルコール繊維(PVA: Poly-Vinyl Alcohol)を 1.7%投入した。No.B2 (RPC200) 試験体は、H/B が 1.0 であり、高靱性部に超高強度コンクリート²⁾(RPC: Reactive Powder Concrete)を用いた。No.B3 (PVA100) と No.B4 (RPC100) 試験体は、H/B が 0.5 であり、高靱性部にはそれぞれ PVA と RPC を使用した。PVA を投入した高靱性セメント複合材料は、間柱単体実験結果によりモルタル性能に改善が見られ、他の繊維より単価も安いというメリットがある。また、施工性においても接合部分には帯筋がないため無理なく打設が可能である。一方、RPC は単価が高いが、強度、耐久性、施工性などの点で優れている。表-2 および表-3 に材料の力学的特性を示す。

表-1 間柱試験体の一覧

| No. | L (mm) | H (mm) | H/B | 高靱性部の材料 |
|-----|--------|--------|-----|------------|
| B1 | 1,690 | 200 | 1.0 | PVA-HPFRCC |
| B2 | 1,690 | 200 | 1.0 | RPC |
| B3 | 1,490 | 100 | 0.5 | PVA-HPFRCC |
| B4 | 1,690 | 100 | 0.5 | RPC |

表-2 高靱性セメント等の材料特性

| No. | 繊維種類 (混入率%) | 圧縮強度 (MPa) | ヤング係数 (GPa) |
|-----|----------------|---------------|----------------|
| B1 | PVA(1.7) | 46.0 | 18.2 |
| B2 | RPC | 124.0 | 48.1 |
| B3 | PVA(1.7) | 40.5 | 18.5 |
| B4 | RPC | 128.6 | 48.2 |

表-3 鋼材の材料特性

| 材料 | 降伏応力 (MPa) | 引張強度 (MPa) | ヤング係数 (GPa) | 材質 |
|----|---------------|---------------|----------------|--------|
| 鋼材 | 285.8 | 422.4 | 210.8 | SN400B |
| 鉄筋 | 369.0 | 545.7 | 207.1 | SD295A |

【研究結果】 表-4 に示したように、PVA 繊維を用いた間柱はせん断スパン比 (H/B) による影響は少なく、せん断応力が $F_c/20$ より大きくなると接合要素の剛性低下や損傷の蓄積などが見られた。また、高靱性部での変形が部材全体の変形よりも大きく、せん断破断した。

一方、RPC を用いた間柱は鉄骨端部が塑性化し純鉄

骨の間柱と同等の性能を発揮し、1/15 rad で、鉄骨端部が破断した。一方、高靱性部は降伏しているものの破断までには至らなかった。PVA 繊維入りの試験体のようにせん断応力が $F_c/20$ より大きくなると接合要素の剛性低下や損傷蓄積などが確認された。それで、高靱性部を弾性領域内で使うためにはせん断応力が $F_c/20$ 以下になるよう、部材を設計する必要があると考えられる。また、写真 1 には破断状況を示した。

【参考文献】

- 1) 諏訪田晴彦, 福山洋, 磯雅人: 構造物の高靱性化に向けた高靱性繊維補強セメント複合材料の開発, コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.3, pp.133-138, 2001
- 2) 高幡 博, 菅野俊介ほか: 超高強度コンクリートの圧縮特性に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-2, pp.13-14, 2002

表-4 間柱試験体の実験結果

| 試験体 | 正側最大耐力 (負側) (kN) | 正側最大耐力時の 部材角 (負側) ($\times 10E-3$) | 初期剛性 (kN/mm) | 計算値 (kN) | | | 破壊形式 |
|-------------------|------------------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------------|
| | | | | Q _{my} | Q _{su} | Q _{steel} | |
| No.B1 (PVA200) | 165.24 (-157.15) | 17.50 (-15.02) | 8.26 | 235.0 | 188.6 | 151.6 | せん断 |
| No.B2 (RPC200) | 238.79 (-244.43) | 67.30 (-60.19) | 9.08 | 235.0 | 418.5 | 151.6 | 鉄骨破壊 ・局部座屈 |
| No.B3 (PVA100) | 205.20 (-200.55) | 17.58 (-14.79) | 12.95 | 470.0 | 288.9 | 172.9 | せん断 |
| No.B4 (RPC100) | 205.69 (-208.64) | 29.67 (-29.70) | 7.57 | 470.0 | 724.0 | 151.6 | 1/30Rad. で BOLT 破断 |

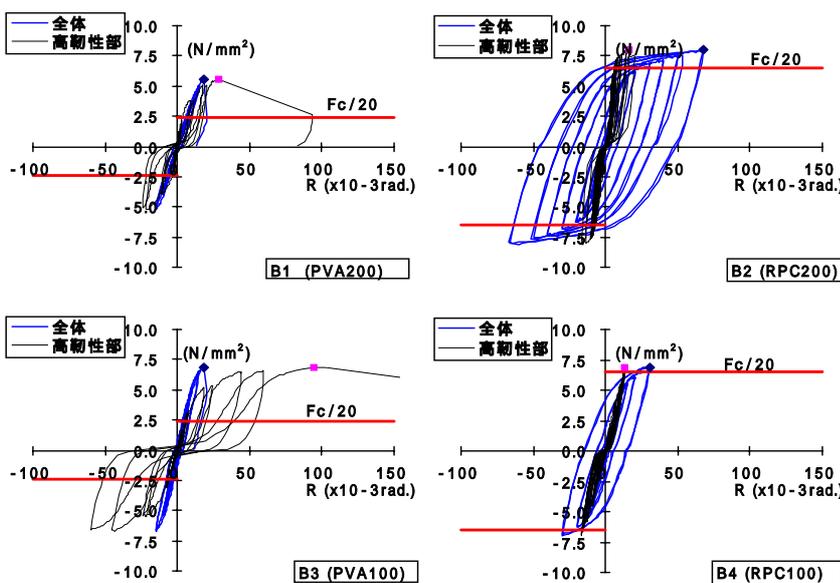


図-2 せん断力と変形角との関係



(a) B1 (PVA200)



(b) B2 (RPC200)

写真-1 破壊形状