

# 高靱性コンクリートで製作された柱部材の振動台実験と動的特性

東北学院大学 学生会員 ○伊澤 可奈  
 東北学院大学 正会員 李 相勲  
 デーロスジャパン 正会員 林 承燦  
 デーロスジャパン 森井直治

## 1. はじめに

繊維補強セメント複合材料等を用いる高靱性コンクリートは、荷重を受け破壊するまでのエネルギー吸収率が大きい為、コンクリートの欠点とされるぜい性破壊を起こさない事が、その強みである。このような高靱性複合材料は最近土木構造物の耐震補強・補修材として、その活躍が期待されている。道路橋示法書・同解説の耐震設計編<sup>1)</sup>には、橋の耐震設計で目標とする耐震性能として、耐震設計上の安全性、供用性、修復性の3段階のレベルが設定されている。その中で耐震性能3は「地震による損傷が橋として致命的とならない性能」と定義され、落橋に対する安全性を確保する事のみが要求されている。すなわち、地震時に上部構造の落下による人命の被害が避けられれば構造物そのものは放棄し、新たに立て直してもよいとなっている。本研究では、高靱性モルタルを使って橋脚を想定した逆T字形柱供試体を製作し、その基本的力学性能を調べた。また、地震動を入力した振動実験を行い耐震性能3の観点から、その結果をまとめ報告する。

## 2. 圧縮試験および引張試験<sup>1,2)</sup>

本研究では、ポリマーセメントモルタル(以下 PCM)、流し込み高靱性繊維補強コンクリート複合材料(以下流 HP)、吹き付け高靱性繊維補強コンクリート複合材料(以下 DFR)、超強度高靱性繊維補強コンクリート複合材料(以下高 HP)の4種類の材料を使用した。各材料の配合を表-1に示す。また、材料ごと圧縮強度を調べるために、高さ10cm、直径5cmの円柱供試体を3体(高 HPのみ2体)にし圧縮試験を行った。試験は荷重5kN(高 HPのみ10kN)毎に記録し、破壊に至るまで測定を行い、結果か

ら応力とひずみの関係(図-1)を示した。

圧縮試験における最大荷重時のひずみは PCM が0.0065、流 HP が0.0060、DFR が0.0065、高 HP が0.0042程度の値を示した。

また、高靱性繊維補強コンクリート複合材料は、引張力を受けても脆性的に破壊せず、変形(あるいはひずみ)の増大に伴って、引張荷重(あるいは引張応力)が増加する「ひずみ硬化特性」と、複数の細かいひび割れが分散して生じる「複数ひび割れ特性」を示す。ここでは PCM、流 HP、DFR、高 HP、の4つの材料に対してそれぞれ3体ずつダンベル型平板供試体を作成し行った。

引張試験から得られた応力-ひずみ関係曲線(図-2)から、終局ひずみは PCM0.02%、流 HP 5.2%、DFR1.4%、高 HP10.6%となっている事が分かる。終局ひずみを比

表-1 使用材料の配合表(kg/m<sup>3</sup>)

| ・PCM             |       |                       |                |
|------------------|-------|-----------------------|----------------|
| 粉体               | 水     | —                     | 繊維             |
| 1830             | 290   | —                     | 0.5(Vol%)      |
| ・流 HP            |       |                       |                |
| 粉体               | 水     | エマルジョン<br>(アクリル系ポリマー) | 繊維<br>(PVA+PE) |
| 1507             | 286   | 34.7                  | 2.0(Vol%)      |
| ・DFRCC(DFR)      |       |                       |                |
| 粉体               | 水     | 高性能 AE 減水剤            | 繊維<br>(PVA+PE) |
| 1630             | 301.6 | 0.4075                | 1.7(Vol%)      |
| ・高強度 HPRCC(高 HP) |       |                       |                |
| 粉体               | 水     | 高性能 AE 減水剤            | 繊維(PE)         |
| 1760             | 345   | 12.6                  | 2.0(Vol%)      |

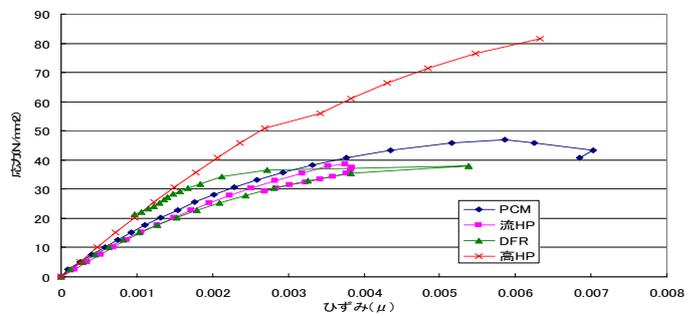


図-1 応力-ひずみ関係曲線

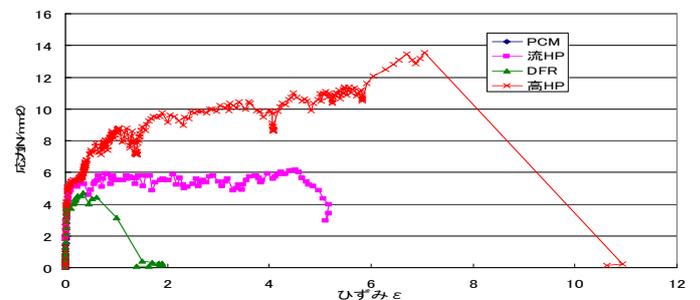


図-2 応力-ひずみ関係曲線

キーワード 高靱性繊維補強コンクリート複合材料、ひずみ硬化特性、複数ひび割れ特性

連絡先 〒985-8537 宮城県多賀城市中央 1-13-1 東北学院大学工学部環境土木工学科 TEL(022)368-7213

較すると高 HP は DFR の 7.6 倍、流 HP の 2 倍となり、最も靱性の大きい材料であることを表している。

### 3. 振動実験

振動実験においては、PCM、流 HP、DFR、高 HP の各材料を用いて作成した 4 つの供試体に対し兵庫県南部地震の地震動(100% level)を与えることで振動実験を行った。供試体は図-3 に示すように橋脚を想定した逆 T 字型であり、柱の断面は 50 mm×60 mm で高さ(H)は PCM のみ 900 mm、他 1400 mm である。供試体頭頂部と基礎に加速度計を、供試体基部の側面にひずみゲージを設置し、供試体上部におもりを 1 個(7.051 kg)、2 個(12.621 kg)、3 個(18.021 kg)、4 個(22.741 kg)と増やしながら振動を与えた。おもり 4 回でも倒壊しない場合はそのまま 1 回実験を行った。各段階における供試体頭頂部(CH1)の振動波形を図-4 に、そのフーリエ・スペクトルを図-5 に示す。(高 HP の結果のみとする。) 図-4 の振動波形を見ると、4 回目と 5 回目では立ち上げを除けば、ほとんど揺れず振動台のみが逆位相状態で動いていた。これは基部が塑性ヒンジの状態である事を表しているからである。また、実験後毎におもりを撤去し、供試体頭頂部に加速度計を取り付け、棒付き鉄球で叩く事で固有周期の変化を調べた(表-2 参照)。PCM と DFR は固有周期にほとんど変化がないまま、倒壊されたのに対し、流 HP と高 HP は実験回数が増える固有周期が大きくなる事が分かる。

### 4. まとめ

本研究は繊維の含有量の異なる 4 つの材料を用いて圧縮試験、引張試験、振動実験を行いその成果を報告するものである。引張試験から、流 HP、高 HP の 2 つの材料は、大小の差はあるものの全体的に引張伸び率が大きく、振動実験からは、例えば高 HP において塑性ヒンジ状態でも倒壊しない事から本研究で用いた材料(流 HP、高 HP)は、耐震性能 3 に適する事と言える。

#### 参考文献

- 1) 林 承燦・森山 守・河合正則・内田祐市：HPFRCC で補強された RC 梁のひび割れ挙動, コンクリート工学年次論文集 第 29 巻 pp.1405-1410, 2007
- 2) 森山 守・林 承燦・内田祐市・六郷恵哲：複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料の引張性能と試験装置, コンクリート工学年次論文集 第 28 巻 pp.311-316, 2006

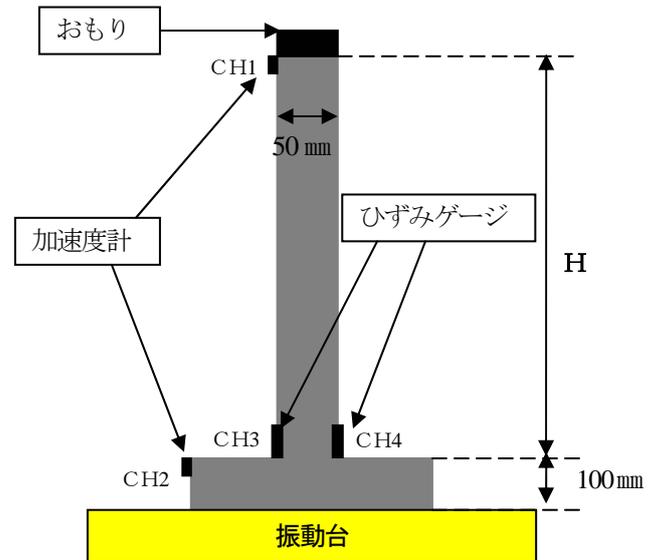


図-3 供試体および測定概要

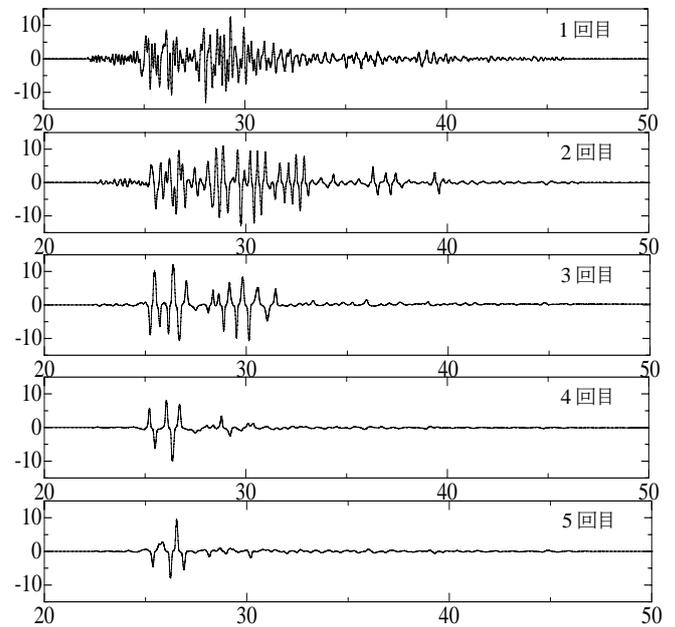


図-4 高 HP 供試体頭頂部の振動波形

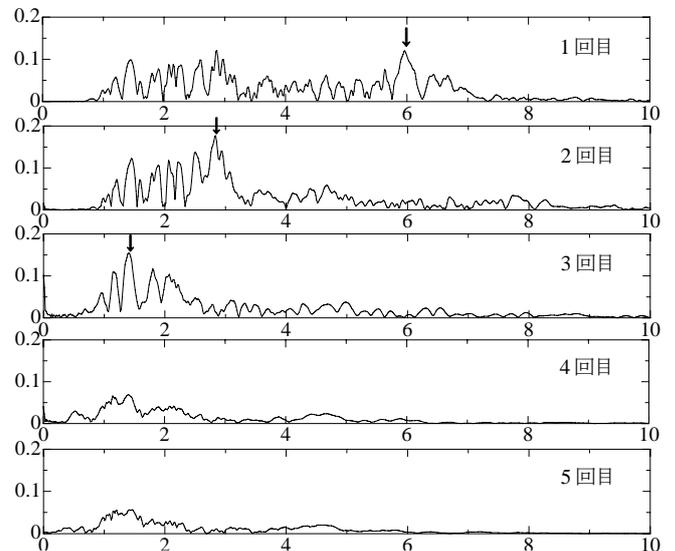


図-5 高 HP 供試体頭頂部のフーリエ・スペクトル

| 供試体名 | 実験前    | 1回目       | 2回目       | 3回目       | 4回目       | 5回目       |
|------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|      |        | おもり<br>1個 | おもり<br>2個 | おもり<br>3個 | おもり<br>4個 | おもり<br>4個 |
| PCM  | 0.0368 | 0.0344    | 0.0359    | 倒壊        | —         | —         |
| 流 HP | 0.1020 | 0.0977    | 0.1050    | 0.1432    | 0.1517    | 0.1731    |
| DFR  | 0.1022 | 0.0902    | 倒壊        | —         | —         | —         |
| 高 HP | 0.0733 | 0.0842    | 0.1294    | 0.2140    | 0.2796    | 0.3413    |

表-2 各供試体の固有周期の変化(おもり無し)