

竹筋再生コンクリートに関する基礎的研究

大阪市立大学 ○学生会員 松田 一樹 建設技術研究所 梅本 春菜  
大阪市立大学大学院 学生会員 池川 拓也 大阪市立大学大学院 正会員 鬼頭 宏明  
大阪市立大学大学院 正会員 角掛 久雄 大阪市立大学大学院 正会員 大内 一

1. はじめに

対象とする竹筋再生コンクリート部材とは、通常の鉄筋コンクリート部材に対し、引張補強材に替えて竹材を、普通コンクリートに替えて再生骨材コンクリートを用いる部材である。代替材料の竹材と再生コンクリートの活用は環境負荷低減と資源循環につながるものである。本論文では京都産の二種類の竹材に対し、64 体の一軸引張実験と、32 体の引抜き式付着試験を行い、得られた基本特性を比較・検討した結果を報告する。

2. 引張試験

2.1 引張試験概要

表 1 に実験パラメータを示す。末口は竹の上部で元口は竹の根元部分である。供試体数は表 1 の左列から右列への因子から  $2 \times 4 \times 4 \times 2 = 64$  体である。供試体は長さ 300mm の竹の両端につかみ部の補強として 80mm の同じ種類の竹片を貼り付けた。(図 1) 測定方法はひずみゲージ(検長 60mm)を節無には表側と裏側の 2 枚、節有には裏に 1 枚貼り付けてひずみを測定した。

2.2 引張試験結果

図 2 に鉄筋と竹材の応力ひずみ関係の代表例を示す。節無しでは、剛性は鉄筋よりも小さいが破壊時の応力は鉄筋の降伏時の応力と近い値となっている。さらに、竹は節の有無に関係なく鉄筋の降伏棚に見られるような塑性域がなく、弾性のままで破壊に至ることがわかった。次に、図 4 に得られた結果を示す。真竹と孟宗竹を比較すると、第一に引張強度については真竹の方が大きかった。第二に、破断ひずみについては真竹よりも孟宗竹の方が若干大きい、孟宗竹にはばらつきが見られた。最後に弾性係数については、真竹の方が大きい、孟宗竹の方がばらつきが小さかった。一方、節の有無を比較すると、引張強度、破断ひずみと弾性係数のほとんどが節有よりも節無の方が大きい値を得た。図 3 に示すような破壊形式の違いに強度が影響され、ばらつきが出てしまったと考えられる<sup>1)</sup>。

表 1 実験パラメータ

| 竹の種類 | 円周方向 | 高さ方向 |   | 節の有無 |
|------|------|------|---|------|
| 真竹   | A    | 末口   | 1 | 有    |
| 孟宗竹  | B    | ↑    | 2 |      |
|      | C    | ↓    | 3 | 無    |
|      | D    | 元口   | 4 |      |

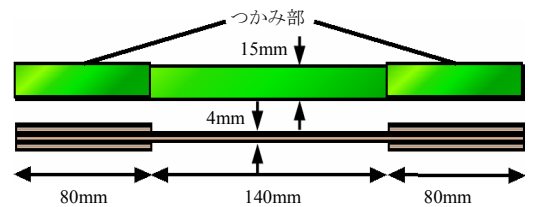


図 1 引張供試体

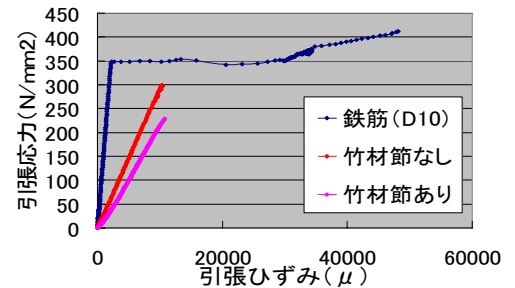


図 2 引張応力ひずみ曲線



図 3 破壊形式(上: 繊維破壊; 下: 節部破断)

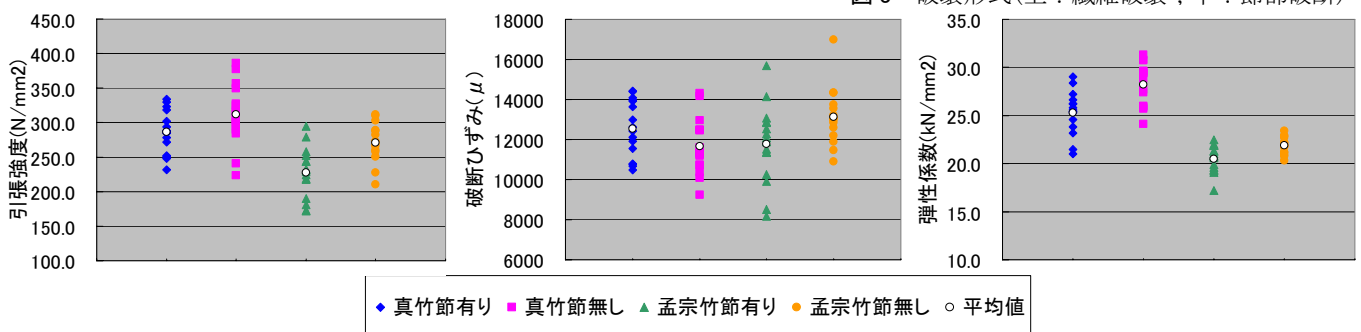


図 4 引張試験結果

キーワード 環境負荷低減, 引張, 付着, 竹, 再生コンクリート

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学工学部都市基盤工学 TEL/FAX:06-6605-2723

表2 付着試験パラメータ

| 実験材料    | 節     | コンクリート |               |
|---------|-------|--------|---------------|
|         |       | 種類     | $f_c(N/mm^2)$ |
| 鉄筋(D10) |       | 普通     | 33.8          |
| 孟宗竹     | 外節    | 再生     | 39            |
| 真竹      | 外節    | 再生     | 39            |
| 真竹      | 外節+内節 | 普通     | 29.2          |
|         | なし    | 再生     | 34.9          |

表3 配合表

|          | W/C(%) | 単位量 (kg/m3) |     |     |      |     |     | AE剤   | SP    |
|----------|--------|-------------|-----|-----|------|-----|-----|-------|-------|
|          |        | W           | C   | 普通  |      | 再生  |     |       |       |
|          |        |             |     | S   | G    | S   | G   |       |       |
| 普通コンクリート | 58     | 174         | 300 | 802 | 1026 |     |     | 0.009 |       |
| 再生コンクリート | 58     | 221         | 381 |     |      | 549 | 715 | 0.008 | 0.381 |

### 3. 付着試験

#### 3.1 付着試験概要

表2に試験パラメータを、表3にコンクリートの配合を示す。各供試体は鉄筋と竹材の付着特性を比較検討するために標準的な鉄筋の付着試験法とJSCE-G 503-1999<sup>2)</sup>に準拠して行った。使用する竹材の断面寸法は $A=60mm^2$ であり、比較参照用の鉄筋は断面積が最も近いものを選択してD10( $A=71.33mm^2$ )を使用した。図5に示すようにコンクリートは1辺100mmの立方体、鉄筋(竹材)とコンクリートの付着区間長 $L$ は60mm、また、非付着区間長は $L'=40mm$ とし、自由端の鉄筋(竹材)の突出長 $b$ は5mmとした。つかみ部には補強のために50mmの竹片を裏表に両面に接着剤で貼り付けた。図6に試験概要を示す。

#### 3.2 付着試験結果

図7に平均付着応力-ずれ関係の一例を示す。竹材はずれの増加に伴い強度が上昇し続けるが、鉄筋は極めて小さいずれ変形時に強度に至り、その後低下した。これは図8に示す破壊形式の違いに関連している。また、竹材の付着強度は鉄筋の2割程度であった。図9に普通と再生コンクリートの比較を示す。グラフ上の数値は平均値である。付着強度応力は圧縮強度と深く関係している。そこで普通コンクリートと再生コンクリートを比較するために平均付着応強度をコンクリート圧縮強度に基づいて既往の付着強度に関する算定式<sup>3)</sup>を参考に $f_c^{2/3}$ で正規化し比較する。再生コンクリートの方が普通コンクリートよりも強い強度が出るという結果になった。

### 4. まとめ

竹材の引張強度と鉄筋の降伏強度はほぼ同程度であり、弾性材料として使用する必要がある。また、弾性係数は真竹が $25000N/mm^2$ 、孟宗竹が $20000N/mm^2$ 程度と、コンクリートに近い値となった。なお、弾性係数は節の影響により低下する傾向にある。付着強度は鉄筋の場合に比較し20%程度であり、孟宗竹-再生コンクリートの場合はやや高くなるものの、竹材やコンクリートの種類の影響は少ないという結果となった。

【参考文献】1) 木村 文則：工芸用割竹の引張強度特性と推定指標に関する実験的研究，日本建築学会構造系論文集 第650号 2010年4月掲載予定 2) 土木学会：JSCE E-G 503-1999 引抜き試験による鉄筋とコンクリートの付着試験方法。コンクリート標準示方書(2007 制定)規程編 pp.199-202 3) 島弘・周礼良・岡村甫：マッシュパコンクリートに埋め込まれた異形鉄筋の付着応力-すべり-ひずみ関係，土木学会論文集 No.378, pp.165-174 1987年2月



図5 付着供試体

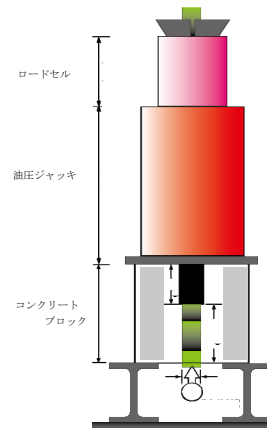


図6 付着試験概要

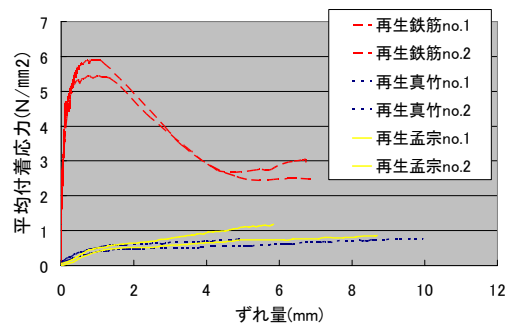


図7 平均付着応力-ずれ関係



図8 破壊形式(右:鉄筋コンクリート部支左:竹材節部支圧)

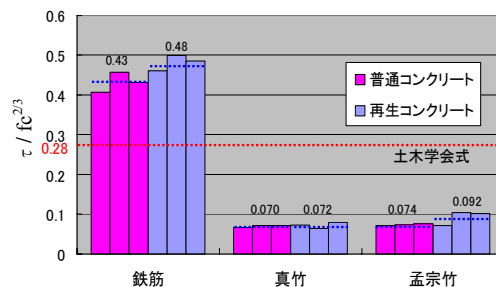


図9 正規化平均付着強度