

再生ペット材料を用いた型枠の開発  
(その2: 引張・曲げ実験結果)

正会員 ○阿部 未和\*<sup>1</sup> 正会員 深澤 協三\*<sup>1</sup>  
 正会員 京島 弘之\*<sup>2</sup> 会員外 滝澤 亮\*<sup>2</sup>  
 会員外 山王丸 雅彦\*<sup>3</sup> 正会員 立花 正彦\*<sup>4</sup>

1. はじめに

本編では、引張実験及び曲げ実験結果について示す。

2. 引張実験

1) 破壊性状: 素材試験体の最終破壊状況を写真1に示す。素材試験体は塑性変形が大きく、白く変色しながら伸びと絞りが生じた後破断した。RP 型枠試験体の破壊状況を写真2に示す。RP 型枠試験体では、破壊性状は各タイプとも共通で、素材試験結果とは異なり脆性的に破断する。破断面に粗ってササクレ状の割れが生じた。ササクレの先端は鋭利に割れており、特に改質剤の無いタイプは鋭利さの度合いが大きい。

2) 荷重～変形: RP 型枠試験体の歪～応力曲線を図1に示す。RP 型枠試験体の歪は標点間の変位を標点間距離で除して求めた(応力の算定には RP 型枠試験体の断面積は設計図面による)。RP 型枠試験体では改質剤入りの A・B タイプが  $\sigma=10\sim 33\text{N/mm}^2$  間で線形的な挙動を示し、以降剛性の低下が生じる。改質剤入りの C・D タイプでは  $\sigma=5\text{N/mm}^2$  以降破断までほぼ線形的な挙動を示す。

3) ヤング係数・引張強さ: 素材試験体の引張実験結果を表1に示す。また、図2に素材試験体及び RP 型枠各タイプ別のヤング係数(E)値を示す。なお、RP 型枠試験体は  $\sigma=10\sim 20\text{N/mm}^2$  間の割線剛性に基つき算出した。RP 型枠試験体の E は改質剤入りで  $2413\sim 2760\text{N/mm}^2$ 、改質剤無しで  $2270\text{N/mm}^2$  である。素材試験体の E は改質剤入りで  $2270\text{N/mm}^2$  で、RP 型枠試験体では E の増大が認められる。また、RP 型枠同志では改質材によるヤング係数の低下が見られる。しかし、RP 型枠の脆性的な破壊が緩和されることから施工時の安全性を考えると改質剤入りのタイプが有効であると考えられる。図3に RP 型枠各タイプ別引張強さ  $\sigma_u$  を示す。RP 型枠試験体の  $\sigma_u$  は、 $27.2\sim 43.7\text{N/mm}^2$  範囲であり  $C>B>A>D$  タイプの順に高い。D タイプは試験体間のばらつきが大きく、D タイプを除くと改質剤の無いタイプほど引張強さが大きい。素材試験体と RP 型枠試験体の  $\sigma_u$  を比較すると RP 型枠試験体では2割弱強度が低い。また、引張破壊時伸びは素材試験体では 420%に達するのに対し RP 型枠試験体では破断伸び 2%である。RP 型枠試験体ではリブにより加力直交方向の歪が拘束により、見かけのヤング率が高くなる。またリブによる拘束のため、RP 型枠では1軸耐力に達する以前に破断するために引張強さが低くかつ伸びの少ない脆性的な破断が生じると考えられる。

表1. 素材試験体の引張実験結果 (改質剤有り)

|                            |      |
|----------------------------|------|
| 引張強さ(N/mm <sup>2</sup> )   | 49.0 |
| 引張破断伸び(%)                  | 420  |
| 引張降伏強さ(N/mm <sup>2</sup> ) | 43.9 |
| 引張降伏伸び(%)                  | 10   |
| 引張弾性率(N/mm <sup>2</sup> )  | 2270 |
| ポアソン比                      | 0.37 |

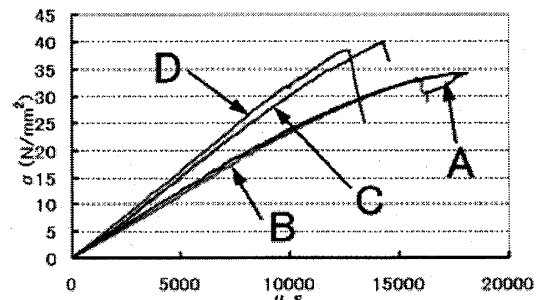


図1. 応力～歪曲線

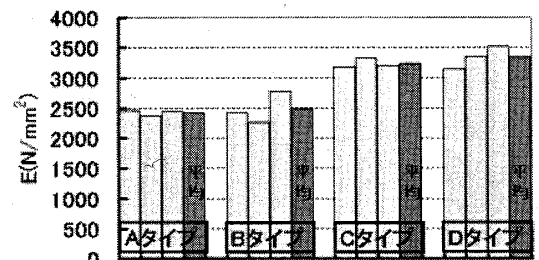


図2. ヤング係数

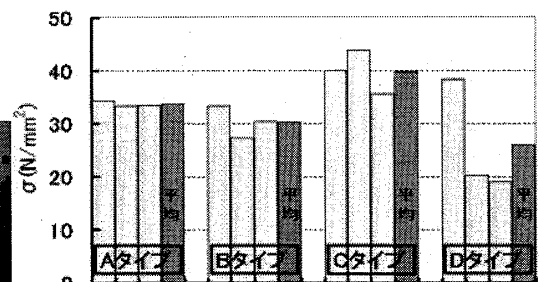


図3. 引張強さ

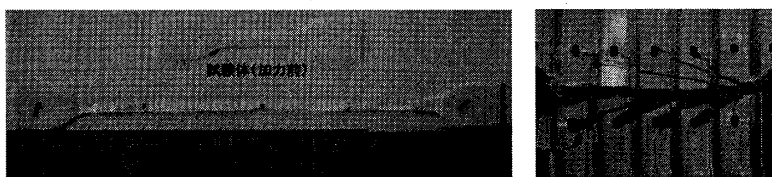


写真1. 引張破壊状況(素材試験体) 写真2. 引張破壊状況(RP試験体)

Development of form made of recycled PET material  
(part2 result of tensional and bending loading tests)

ABE Miwa  
KYOSHIMA Hiroyuk  
SANNOMARU Masahiko

FUKAZAWA Kyouzou  
TAKIZAWA Akira  
TACHIBANA Masahiko

にリブの谷の板部分にしわがより耐力上昇が鈍った。  
L=600mm ではたわみが 50mm 付近で試験体に音(パリパリという)が発生し、リブの谷の板部分にしわがより始めた。L=300mm ではたわみが 15mm 付近で音と板部分のしわの発生が認められた。

2) **荷重～変形**：各試験体タイプの荷重～変形曲線の比較を図4に示す。縦軸は載荷荷重(2点に作用させた荷重の和)を示し、横軸は試験体中央で測定したたわみ量(試験体の両端で測定した変位の平均)を示す。型枠のタイプに関わらず L=600mm ではたわみが 20mm 付近で剛性低下が始まり、50mm 付近でさらに剛性低下した。L=300mm ではたわみが 5mm 付近で剛性低下が始まり、15mm 付近でさらに剛性低下した。初期剛性及び最大耐力はD>C>B>Aの順であった。

3) **曲げ剛性**：試験体タイプと曲げ剛性(EI)の関係を図5に示す。曲げ剛性の算定は、初期剛性より試験体が2点集中荷重を受ける単純ばりとしてEIを計算した。EIはD>C>B>Aの順であった。改質剤入りでは $5.23 \times 10^4 \text{ kN/mm}^2 \sim 5.98 \times 10^4 \text{ kN/mm}^2$ 、改質剤無しでは $6.54 \times 10^4 \text{ kN/mm}^2 \sim 8.15 \times 10^4 \text{ kN/mm}^2$ の範囲である。改質剤が無い程、また穴が無い程EIは高くなった。加力スパンによる曲げ剛性EIの変化を図6に示す。各タイプとも加力スパンとEIの関係は共通で、加力スパン300mmから600mmにかけて若干のEIの低下が見られる。実験で得られたEIを試験体の断面2次モーメント(IはRP型枠の設計図面から算出)で除して求めたヤング係数 $E_b$ 、最大耐力時の曲げモーメント $M_{max}$ 、最大耐力時の曲げ応力度 $\sigma_b$ 及び引張実験で得られた $E_u$ 、引張

強さ $\sigma_u$ を表2に示す。EはタイプA及びBで $2.0 \sim 2.1 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ 、タイプC及びDで $2.5 \sim 2.8 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ の範囲であった。 $\sigma_u$ はタイプA及びBで $27.7 \sim 33.0 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ 、タイプC及びDで $37.9 \sim 50.2 \text{ N/mm}^2$ の範囲であった。

4. まとめ

- 1) 引張実験において、素材のシートは塑性変形後に破断する。それに対し RP 型枠試験体ではリブによる横方向の拘束により脆性的に破断する。
- 2) 引張実験における素材試験体と RP 型枠試験体のヤング率を比較すると、RP 型枠のほうが高い値を示す。一方、引張強さは素材試験体が高い。
- 3) 曲げモーメントにより RP 型枠が破断することはない。
- 4) 曲げ実験から得られた素材のヤング係数は改質剤入りでは $2.5 \sim 2.8 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ 、改質剤無しで $2.0 \sim 2.1 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ であった。最大耐力時の曲げ応力度は、改質剤入りでは $37.9 \sim 50.2 \text{ N/mm}^2$ 、改質剤無しでは $27.7 \sim 33.0 \text{ N/mm}^2$ であった。

表2. ヤング係数E・応力度 $\sigma$

| タイプ | スパン | E <sub>b</sub><br>(kN/mm <sup>2</sup> ) | E <sub>u</sub><br>(N/mm <sup>2</sup> ) | M <sub>max</sub><br>(kN・mm) | $\sigma_b$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\sigma_u$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|-----|-----|---|--|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| A   | 600 | 52309                                   | 2021.2                                 | 68.7                        | 28.9                               | 33.7                               |
|     | 300 | 54589                                   | 2109.3                                 |                             | 75.7                               |                                    |
| B   | 600 | 56618                                   | 1956.5                                 | 65.7                        | 27.7                               | 30.3                               |
|     | 300 | 59755                                   | 2064.9                                 |                             | 78.3                               |                                    |
| C   | 600 | 65387                                   | 2526.5                                 | 90.0                        | 37.9                               | 39.8                               |
|     | 300 | 69828                                   | 2698.1                                 |                             | 119.3                              |                                    |
| D   | 600 | 74978                                   | 2590.9                                 | 96.7                        | 40.7                               | 25.9                               |
|     | 300 | 81470                                   | 2815.3                                 |                             | 118.8                              |                                    |

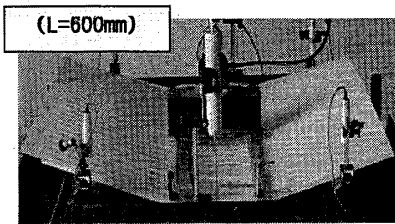


写真3. 最大変形時の変形状況

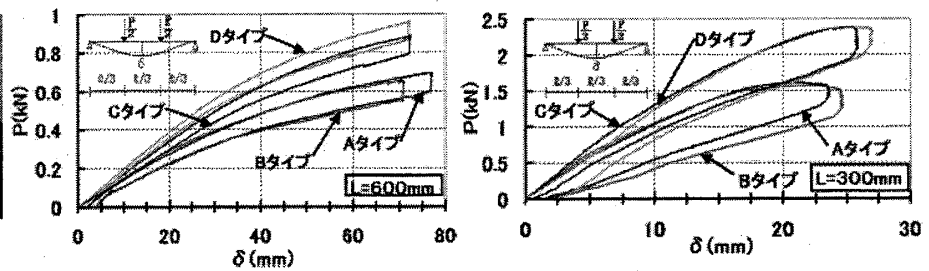


図4. 各試験体タイプの荷重～変形曲線

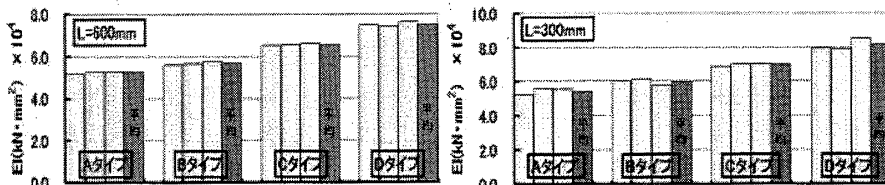


図5. 試験体タイプによるEIの変化

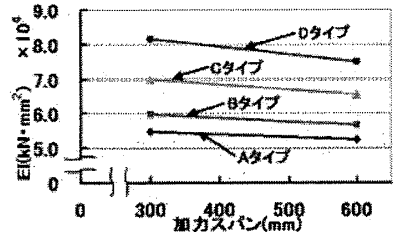


図6. 加力スパンによる曲げ剛性EIの変化

\*1: (社)日本建設業経営協会 中央技術研究所  
 \*2: 共立建設機 研究開発部  
 \*3: ダイセルパックシステムズ(株)  
 \*4: 東京電機大学 建築学科 教授 工博

\*1: JARGC, Central Research Institute For Construction Technology  
 \*2: Kyoritsu Construction Co.,Ltd.  
 \*3: DAICEL PACK SYSTEMS,LTD.  
 \*4: Prof. Dept. of Architecture, Faculty of Eng. Tokyo Denki Univ. Dr. Eng