

# 力学的挙動を表現できるゴムスポンジ構造模型の開発

長谷川研究室  
01212110 東本 大晶

## 1. はじめに

一般に、構造・材料のような力学系分野の学問は、これまで図解や数式によって学習されてきたが、構造物の変形などを視覚的に表現できる「模型」があれば、かなり理解の助けになるものと考えられる。そこで、ここでは学習教材としての活用を目的として、力学的挙動を表現できる構造模型を開発した。

## 2. 開発コンセプト

まず、1995年兵庫県南部地震（阪神大震災）におけるRC造建物の被害事例を写真1に示す<sup>1)</sup>。これは長柱と短柱の被害が混在した事例で（同1a）、曲げ変形が卓越する長柱では、柱頭と柱脚の曲げ圧壊が進行し（同1b）、垂れ壁や腰壁に拘束された短柱ではせん断変形が卓越するため、写真「×印」のように斜め45°方向のせん断破壊が進行する（同1c）。

このような被害の様相を踏まえ、ここでは曲げ変形が卓越するケースとして「1)曲げフレームモデル」、せん断変形の卓越ケースとして「2)せん断ウォールモデル」の2種類を開発した。両モデルにおける開発コンセプトは以下の通りである。

- ① 力学的な挙動がデフォルメされて表現できる模型とする。
- ② 弾性的な変形が強調されたシンプルで復元性の高い模型とする。
- ③ 授業などでの活用を考慮して、持ち運びやすいコンパクトな模型とする。

## 3. 制作方法と工程

ここでの目的から、模型材料はゴムスポンジを採用し、曲げフレームモデルとせん断ウォールモデルの両者について、型取り・着色後に切込み・スリットを挿入する手順で模型を制作した。制作方法と工程の詳細を写真2にまとめて示す。

制作上のポイントとして、まず、模型材料はウレタンやゴム素材の中から、剛性や復元性および加工性を考慮して、天然ゴム系のスポンジとした<sup>2)</sup>（写真2:工程①）。

つぎに、曲げフレームモデルは部材に対して直交方向にスリットを挿入し、せん断ウォールモデルに対しては曲げ・せん断型とするため、さらに斜め45°方向のスリットを交差して追加した。またスリットの開きによる変形の理解を助けるため、素材として黒色のゴムスポンジを選定し、その反対色に近い金色で表面を着色した（写真2:工程③, ④）。

## 4. 学習教材としての活用方法

ここでは学習教材としての活用方法の一例を紹介する（図1～図3参照）。曲げフレームモデルによる鉛直荷重時の変形と、対応する曲げモーメントを図1に示す。また、水平荷重時のそれらを図2に示す。これらの図から分かるように、各荷重時とも模型の弾性変形は強調されて表現されている。また、柱・梁部材に設けたスリットの開きから、引張側に描かれるモーメント図との対応も理解しやすい。

せん断ウォールモデルによる水平荷重時の変形を図3に示す。これより、せん断変形に伴い引張側と直交方向に設けた斜め45°方向のスリットの開きが確認され、写真1に掲載した短柱のせん断破壊のメカニズムが良く理解できる。

## 5. おわりに

学習教材としての活用を目的として、力学的挙動を表現できるゴムスポンジ構造模型を開発した。シンプルで変形が理解しやすいことから、学習教材としての活用が見込まれる。

### 【参考文献】

- 1) 清水建設株式会社技術研究所：兵庫県南部地震調査報告書，1995. 2
- 2) 宮原ゴム工業株式会社，Rubber Sponge Catalog：<http://www.miyahara-rubber.co.jp>



(a) 長柱と短柱の被害



(b) 柱頭・柱脚の曲げ圧壊



(c) 短柱のせん断破壊

写真 1: 1995 年兵庫県南部地震(阪神大震災)における RC 造建物の被害

**① 材料選定**  
ウレタン、スポンジなどを候補とし、復元性や加工性の観点からゴムスポンジを採用。

**② 型取り**  
1) 曲げフレームモデル 2) せん断ウォールモデルを型取りし、墨付けしてカッティング。

**③ 着色**  
工程④のスリットを強調するため、素材色(黒)の反対色に近い金色で着色。

**④ 切込みとスリット**  
カッターで切込み後に糸ノコでスリット挿入。とくに 2) では斜め 45° 方向にスリットを追加挿入。

**⑤-1 曲げフレームモデル**  
曲げ変形に対するスリット効果を梁モデルで確認して切込み深さを調整。最後に基礎部を補強して完成。

**⑤-2 せん断ウォールモデル**  
曲げ・せん断変形に対するスリット効果を梁モデルで確認してスリット深さを調整。基礎部分を補強し、せん断力を伝達しやすいように取手装着。

写真 2: ゴムスポンジ構造模型の制作方法と工程

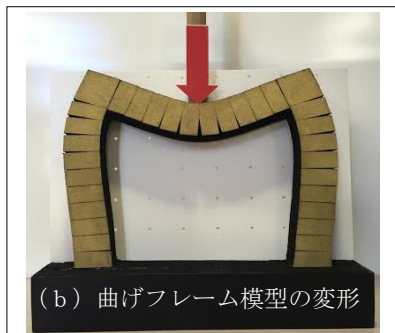
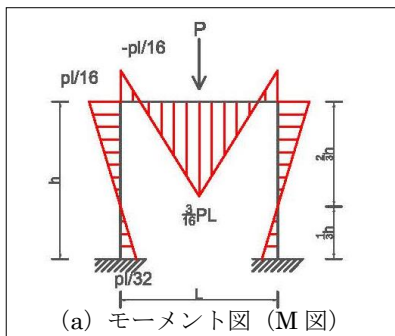


図 1: 鉛直荷重時の M 図と変形

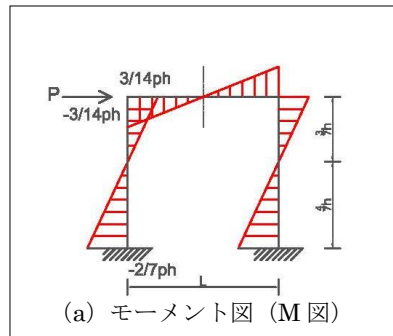


図 2: 水平荷重時の M 図と変形

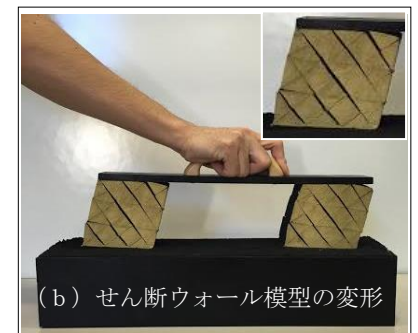
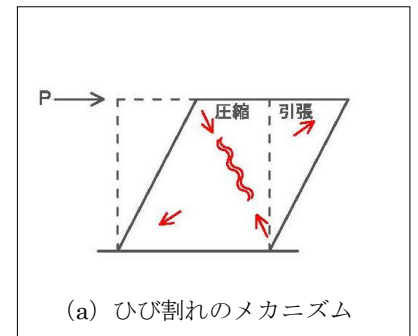


図 3: 短柱のせん断変形