

京都大学工学部 学生員 ○八木 亮介
 京都大学大学院 正会員 古川 愛子
 京都大学大学院 正会員 清野 純史

1. 研究の背景と目的

世界の自然災害による死者の半数近くは、開発途上地域で多く建設されている耐震性の低い組積造構造物の倒壊によるものである¹⁾。地震時の構造物の倒壊を防ぎ、地震発生時から倒壊までの時間を長くするための耐震補強方法として、ブロックの噛み合わせ(インターロッキング)を有する組積造壁が提案されている。噛み合い効果のあるブロック形状としては、I型が代表的であるが、ブロックの材料特性がインターロッキングの耐震性に及ぼす影響については、十分に研究されていない。

そこで本研究では、ブロックの材料特性がインターロッキング機構を有する組積造壁の荷重-変位関係、および破壊性状に及ぼす影響について検討することを目的とする。まず、Jefry によって行われた直方型ブロックで構成される一般的な組積造壁と、I型ブロックで構成されるインターロッキング組積造壁を対象とした静的載荷試験²⁾について、有限要素法を用いて再現解析を行った。次に、解析の再現性を確認したところで、ブロックの材料特性や組積造壁の条件を変えて、インターロッキング機構の効果を検討した。

2. 水平載荷試験の再現解析

2.1 組積造壁のモデル化

数値解析には、有限要素法による構造解析プログラム Marc を用いた。解析モデルを図-1 に示す。幅 24m、高さ 30cm、奥行き 10cm の組積造壁は 12 個のブロックで構成されており、上下を鋼製治具で覆われている。ブロックのメッシュサイズは、5mm×5mm 四方となっており、材料の物性値は表-1 に示す通りである。ブロックのヤング率は、ブロックの応力-ひずみ関係において応力が最大となる点と原点を結ぶ勾配を用いており、解析を通して一定の値としている。鉛直荷重は、2、4、6 階

建ての構造物の 1 階が受ける屋根荷重を想定し、実験において、鉛直応力が 0.2, 0.4, 0.6N/mm² となるように、3 通りの強制変位を与えているため、解析でも同様に再現した。水平方向には上側の鋼製治具の左側側面に強制変位を与えた。

2.2 直方型の実験結果と解析結果の比較

実験では、載荷途中からブロックが横滑りをするだけで、ブロックは破壊せず、最大荷重(耐力)は小さな変位において発生した。よって解析では、ある程度荷重の安定する水平変位 4mm までとした。

図-2(a)は荷重-変位関係の比較である。全ての鉛直応力のケースにおいて、最大荷重を再現できている。初期勾配が小さくなってしまっているのは、ヤング率を過小評価していたためと考えられる。また解析において、最大荷重の発生が遅かったのは、ヤング率の問題に加えて、動摩擦係数と静摩擦係数を同じ値としているためと考えられる。

表-1 解析のパラメータ

	ブロック	フレーム
密度 (kg/m ³)	2100	7800
ヤング率 (N/m ²)	3.0×10 ⁹	2.0×10 ¹¹
ポアソン比	0.216	0.265
摩擦係数	0.438	
引張強度 (N/m ²)	5.8×10 ⁶	

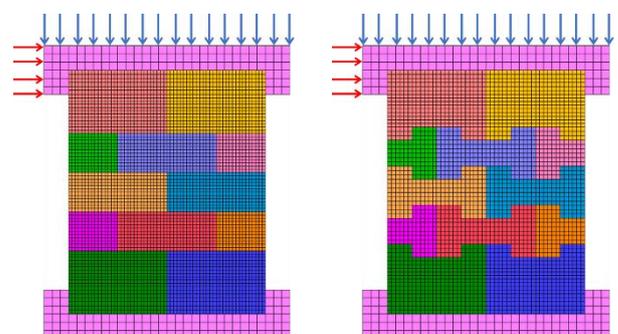


図-1 解析モデル (左:直方型, 右:I型)

2.3 I型の実験結果と解析結果の比較

I型では、インターロッキングによる効果を検証するために、最大水平変位 20mm を設定した。

図-2(b)は荷重-変位関係の比較である。すべての鉛直応力のケースにおいて、最大荷重の大きさは概ね再現できている。また、グラフの勾配に関しても概ね一致している。図-3 は、鉛直応力が 0.6N/mm^2 のときの破壊挙動であるが、良好な精度で再現できている。

3. 材料特性の違いが及ぼす影響の解析的検討

再現解析で用いたモデルを使用して、ブロックの材料特性の影響を検討する。一例として、基準となるケース（表-1）、引張強度を 2 倍したケース、摩擦係数を 2 倍したケースの 3 通りの結果を図-4 に示す。鉛直応力 1.0N/mm^2 は、10 階建ての建物の 1 階の屋根荷重を想定している。グラフより最大荷重の大きさを比較すると、直方型は摩擦係数の影響を大きく受け、I型は引張強度の影響を大きく受けているのがわかる。

4. まとめ

解析結果より、組積造構造物の高さが低い場合など、組積造壁が受ける鉛直応力が小さいケースでは、直方型より I 型組積造壁の方が耐力の大きいこと、引張強度の大きい I 型ブロックを用いることによる耐力向上が期待できることがわかった。一方、高い構造物の低層階の場合など、組積造壁が受ける鉛直応力が大きいケースでは、直方型組積造壁でもブロック間の摩擦係数を大きくすることができれば、耐力が向上することがわかった。今後、非線形の応力-ひずみ関係のモデル化や、ブロック間のモルタル強度の影響などの検討が課題である。

参考文献

- 1) OCHA, <http://www.unocha.org/>, 2018 年 1 月参照.
- 2) Johannes Jefry Prasetyo : Study on the Load-Deformation Performance of Interlocking Brick Walls during Lateral Loading, 京都大学工学部地球工学科卒業論文, 2017.

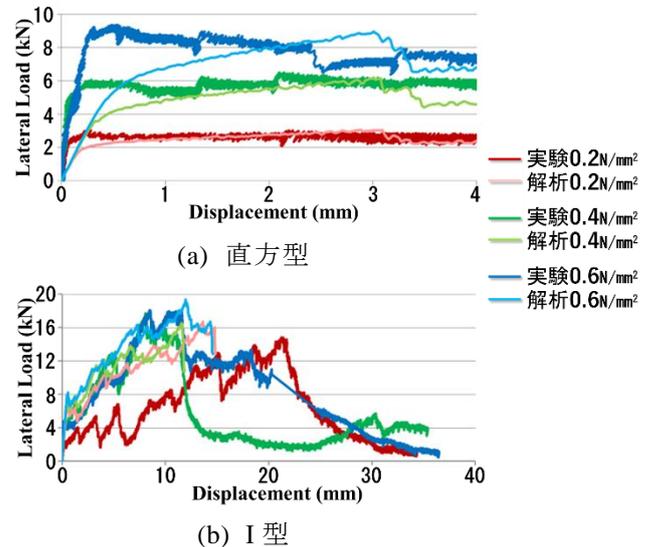


図-2 荷重-変位関係（実験と解析の比較）

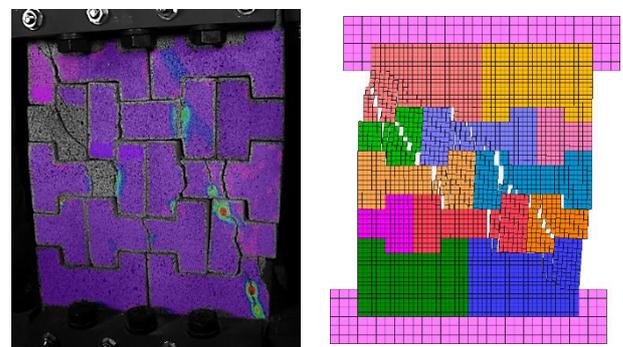


図-3 破壊挙動（左：実験，右：解析）

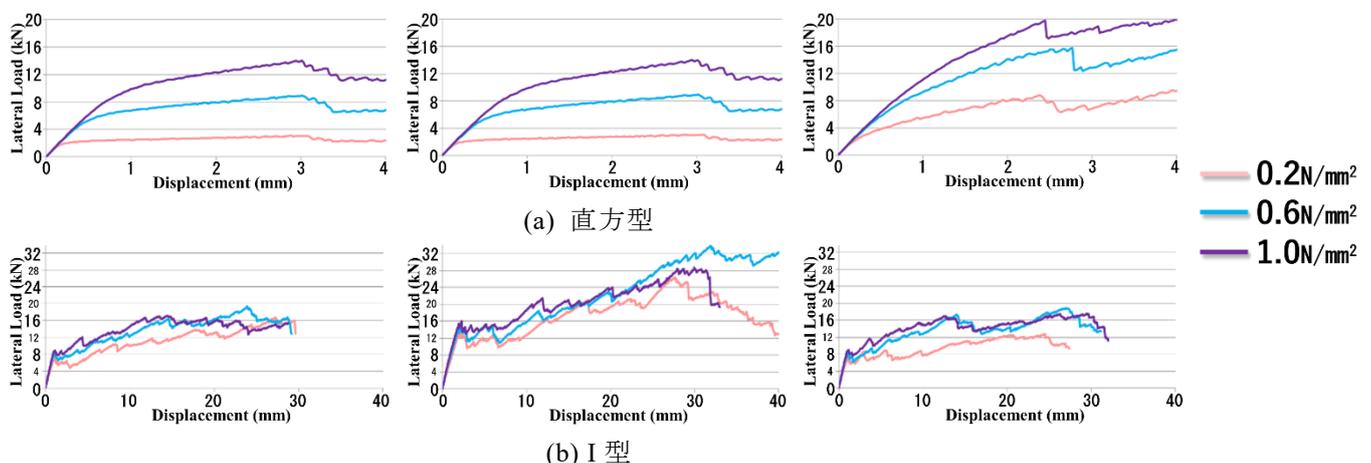


図-4 荷重-変位関係（左：基準，中：引張強度 2 倍，右：摩擦係数 2 倍）