

## 多段階レベルの地震時におけるコンクリートブロック塀の被害予測

正会員 ○細江英侍\*1 同 猿渡智治\*2 同 永野康行\*3

## 2. 構造—2. 振動—e. 被害予測・地震防災

## 地震動, 兵庫県南部地震, 大阪府北部地震, コンクリートブロック塀, 被害予測

## 1 はじめに

平成30年6月に起きた大阪北部地震は最大震度6弱を記録し、建物被害をはじめ各所に数多くの被害と混乱をもたらした<sup>[1]</sup>。大阪府高槻市では、コンクリートブロック塀の倒壊による死亡事故が発生<sup>[2]</sup>し、早急な対策が必要とされている。このように中規模な地震でも、人々が今後の生活に不安を抱かされるような被害や想定外の事故が生じた。

本研究ではコンクリートブロック塀に着目し地震応答解析のためのモデル作成を行った。本研究の目的は、作成したモデルに対して入力地震波の大きさを段階的に変化させて地震応答解析を行い、多段階レベルの地震動におけるコンクリートブロック塀の転倒の有無について評価を行うことである。

## 2 モデルについて

衝撃・構造解析ソフトウェア LS-DYNA\_R9.2.0\_Rev.119543(倍精度版)<sup>[3]</sup>を用いてコンクリートブロック塀の地震応答解析を行った。作成したモデルは配筋を考慮したものと、考慮しないものの2パターンである。コンクリートブロック塀に関する基準法によって配筋が義務化されているため、一般的なものを検討するために前者のモデルを用いる。本研究では、基準不適合のコンクリートブロック塀の挙動も検討することが防災のために必要不可欠であると考え、後者のモデルについても検討を行うこととした。塀は8個×7段とし、個々のブロックの外形寸法はL390×W150×H190[mm]とした<sup>[4]</sup>。配筋の間隔はブロック2個分(縦筋:800mm、横筋:400mm)とした。ブロックに使用するコンクリートの強度はコンクリートブロックC種の値(圧縮強度:7.85MPa、引張強度:0.785MPa)を入力している<sup>[5]</sup>。

配筋ありモデルについて、鉄筋による配筋の様子を図1に示す。

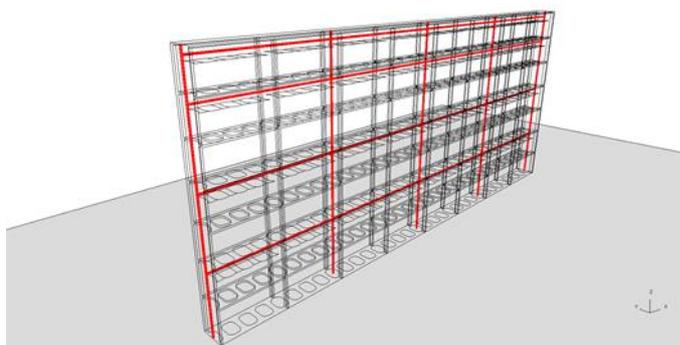


図1 配筋ありモデル 配筋図

これらのモデルの解析例として、コンクリートブロック塀基部にJR鷹取駅の地震波形を入力し、4.2秒経過した時点の結果を図2,3に示す。

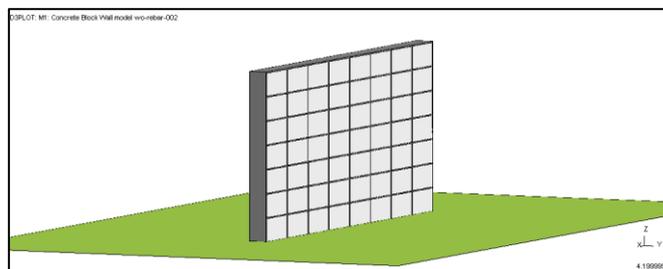


図2 配筋ありモデルの場合

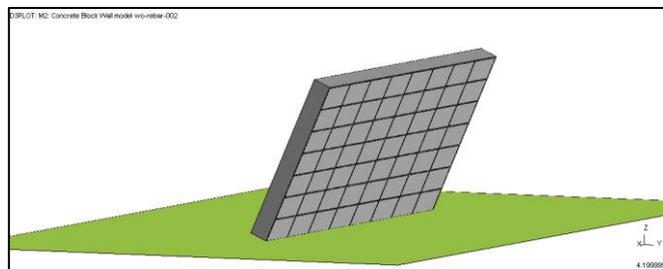


図3 配筋なしモデルの場合

図2に示した配筋ありモデルの場合は転倒することなく最終ステップまで自立した状態を保った。一方、図3

At the time of multi-level earthquake  
Damage prediction of concrete block fence

HOSOE Hidehito, SARUWATARI Tomoharu and NAGANO Yasuyuki

に示した配筋なしモデルの場合、地震荷重に耐えきれず転倒する結果となった。これらの結果により、配筋がなされている場合となされていない場合では地震荷重に対する耐力が大きく異なり、コンクリートブロック塀における配筋の重要性が示される。

### 3 入力地震波について

本研究では地震波の入力レベルを変化させることによる2つのモデルの振る舞いの変化について検討を行った。以下では地震波の入力レベルの設定方法について述べる。

建築基準法では、住宅やビルなどの一般的な建物に対して、大まかに中地震・大地震という2レベルの地震動において検討がなされている。ここにおける中地震・大地震というのは地震そのものの規模の大きさではなく、地表面における揺れの大きさのことを指すものとする。

それぞれの地震動の検討に使用される値として、建築基準法ではそれぞれ25kine, 50kine ([kine]=[cm/s])という最大速度(Vmax)の値が用いられている。また、発生は極まれとされる極大地震に対して、研究レベルでは大地震の50kineを1.5倍した75kineという値が検討に用いられている<sup>6)</sup>。

本研究ではさらに多段階の地震動レベルに対して検討を行うために、これらの値を元に5段階の入力地震波の最大速度を設定した。5段階に対応する最大速度を表1にまとめる。

表1 シミュレーションに用いる地震最大速度の対応表

| 段階 | 最大速度[kine] |
|----|------------|
| ①  | 10         |
| ②  | 25         |
| ③  | 38         |
| ④  | 50         |
| ⑤  | 75         |

新たに設定した段階①と③については、段階①は中地震よりも揺れが小さい場合の安全性を検討するためにVmax=10kineとし、段階③は中地震と大地震の間の値をとり、Vmax=38kineと設定した。

次に、入力する地震波をこれらの5段階に変化させる方法を述べる。入力地震波には兵庫県南部地震JR鷹取波

を用いる。JR総研により配布されているJR鷹取駅における地震記録<sup>7)</sup>を図4に示す。

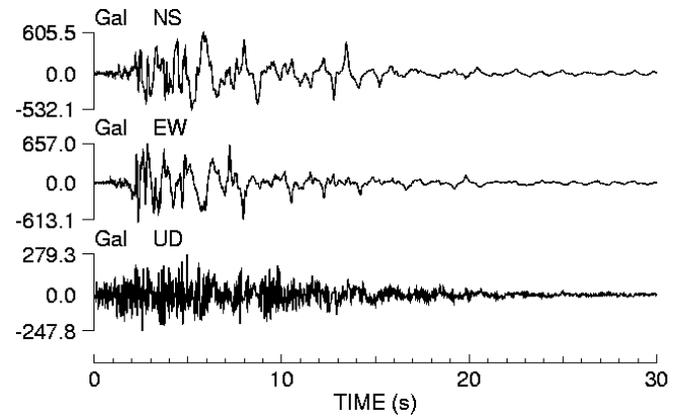


図4 兵庫県南部地震JR鷹取駅における地震記録<sup>7)</sup>

図4に示した地震記録は上から順にNS方向、EW方向、UD方向における加速度(単位:[gal]=[cm/s<sup>2</sup>])の時系列データである。JR鷹取波の最大加速度と最大速度<sup>8)</sup>を表2にまとめる。

表2 JR鷹取波の最大加速度と最大速度<sup>8)</sup>

|            | NS方向  | EW方向  |
|------------|-------|-------|
| 最大加速度[gal] | 608   | 645   |
| 最大速度[kine] | 129.7 | 135.8 |

本研究では上下の揺れについては考慮しないものとする。解析条件の設定にて、JR鷹取波の最大加速度が1000[mm/s<sup>2</sup>]に基準化されているものに対して乗じる数値を設定し入力した。“5段階のVmax値”と、“JR鷹取波のNS方向、EW方向それぞれの最大速度”を用いてX、Y方向それぞれに設定したものを式(1)、式(2)に示す。

X方向最大加速度

$$1000[\text{mm/s}^2] \times \frac{\text{“5段階のVmax値”}[\text{cm/s}]}{129.7[\text{cm/s}]} \quad (1)$$

Y方向最大加速度

$$1000[\text{mm/s}^2] \times \frac{\text{“5段階のVmax値”}[\text{cm/s}]}{135.8[\text{cm/s}]} \quad (2)$$

式(1), (2)に①～⑤段階の Vmax 値を代入した最大加速度を表3にまとめる。

表3 5段階における入力地震波最大加速度

| 段階 | X 方向最大加速度<br>[mm/s <sup>2</sup> ] | Y 方向最大加速度<br>[mm/s <sup>2</sup> ] |
|----|-----------------------------------|-----------------------------------|
| ①  | 77.10                             | 73.64                             |
| ②  | 192.75                            | 184.09                            |
| ③  | 292.98                            | 279.82                            |
| ④  | 385.50                            | 368.19                            |
| ⑤  | 578.26                            | 552.28                            |

#### 4 解析結果

作成した2つのモデルに対し、LS-DYNA を使用して5段階の地震波における地震応答解析を行った。

##### 4.1 配筋ありモデル

配筋ありモデルについては5段階すべてに対して転倒しないという結果になった。これは、設定した5段階の最大速度に対して JR 鷹取波の最大速度が過大なものであったため、基準にしている地震波よりも小さなレベルに調整されたことによる結果となった。

##### 4.2 配筋なしモデル

配筋なしのモデルについて5段階それぞれの解析結果を図5～9に示す。

図5に示す段階①においては、最終ステップまで転倒することなく自立した状態を保った。一方、図6～9に示す段階②～⑤においては地震荷重に耐えきれず転倒する結果となった。

図6に示す段階②においては地震波を入力し、約11秒経過時に転倒し始めた。このことから、配筋なしモデルの場合、Vmax=25kine という中地震レベルの地震波に対しても危険性があることがわかった。

図7に示す段階③においては地震波を入力し、約6秒経過時に転倒し始め、図8に示す段階④においては地震波を入力し、約7秒経過時に転倒し始める結果となった。段階④には段階③に比べて大きな地震波を入力しているが、段階③の場合よりもわずかに長く地震荷重に耐える結果となった。

図9に示す段階⑤においては地震波を入力し、約4秒経過時に転倒し始める結果となった。

これらの解析結果を表4にまとめる。

表4 配筋あり・なしモデルの5段階における解析結果

| 段階 | 配筋あり | 配筋なし            |
|----|------|-----------------|
| ①  | 転倒なし | 転倒なし            |
| ②  | 転倒なし | 転倒<br>(約11秒経過時) |
| ③  | 転倒なし | 転倒<br>(約6秒経過時)  |
| ④  | 転倒なし | 転倒<br>(約7秒経過時)  |
| ⑤  | 転倒なし | 転倒<br>(約4秒経過時)  |

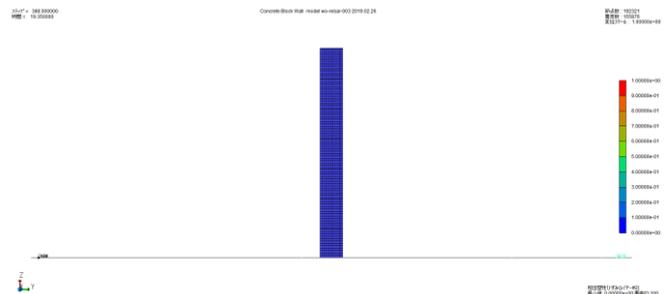


図5 配筋なしモデル段階① (Vmax=10kine)

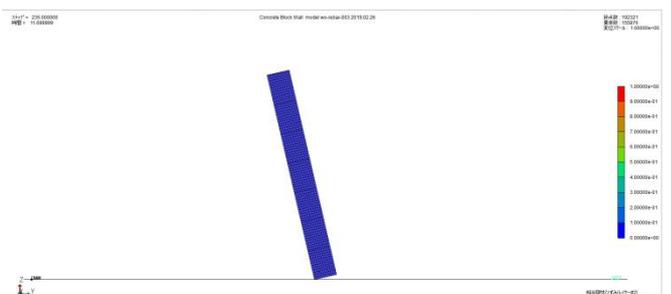


図6 配筋なしモデル段階② (Vmax=25kine)

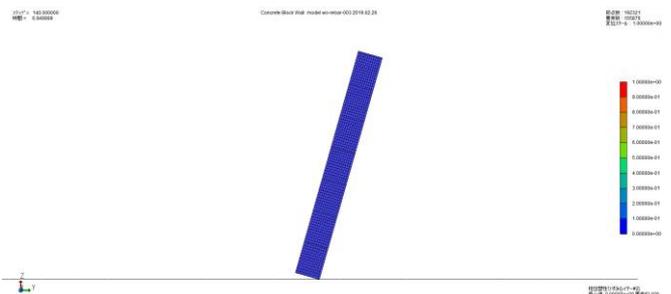


図7 配筋なしモデル段階③ (Vmax=38kine)



図 8 配筋なしモデル段階④ (Vmax=50kine)

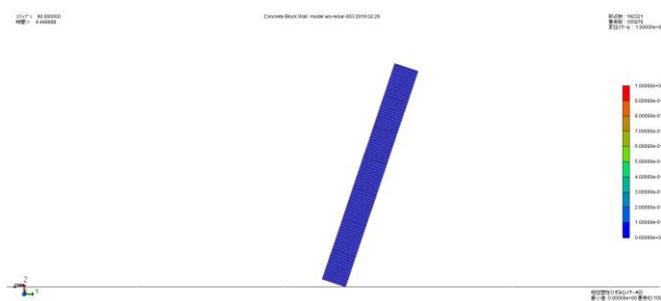


図 9 配筋なしモデル段階⑤ (Vmax=75kine)

## 5 おわりに

本研究ではコンクリートブロック塀の構造解析モデルを作成し、配筋を考慮したモデルと考慮しないモデルの2パターンについて地震応答解析を行った。入力地震波には兵庫県南部地震 JR 鷹取波を5段階の地震最大速度にて地震動レベルを調整し入力することで5段階のシミュレーションを行った。配筋ありモデルの場合は5段階すべての地震動レベルに対して安全性が認められ、配筋なしモデルの場合、中地震程度のレベルを考慮した段階②以上の地震動レベルに対して転倒する結果が得られた。このシミュレーションにより、配筋がなされていないコンクリートブロック塀の場合は、大阪府北部地震の事例のように全体的には大きな被害が及ばないような中規模の地震に対しても十分に危険性があることが示された。

今後の課題として、モデルの詳細化や多様化、地震波の波形や入力度を変えたシミュレーションなどが必要であると考えられる。特にコンクリートブロック塀の基準法に基づいて鉄筋による配筋がなされている場合において、どれ程大きな倍率をかけた地震動まで耐えうるのか

という検証を行うことによって、基準に従っていれば本当に安全なのかという評価に繋がるものと考えられる。

## 謝辞

本研究は、神戸市水上防火安全協会「平成30年度安全安心まちづくり研究助成制度」の助成を受けた。

また、本研究における衝撃・構造解析ソフトウェア LS-DYNA の使用にあたり本研究室 D3 の牛尾好孝氏の計算機を使用し、コンクリートブロック塀モデルの作成にあたり株式会社 JSOL の猿渡智治氏に助言をいただいた。ここに記し、謝意を表す。

## 参考文献

- [1] 高槻市, “大阪府北部地震における災害対応について(最終報告)”, [2019.3.6 アクセス]  
<http://www.city.takatsuki.osaka.jp/ikkrwebBrowse/material/files/group/14/jisinsaisyuuhoukoku.pdf>
- [2] 株式会社 JSOL, “LS-DYNA KEYWORD USER'S MANUAL VOLUME I (LS-DYNA R8.0)”, 2016.03
- [3] 株式会社 JSOL, “LS-DYNA KEYWORD USER'S MANUAL VOLUME II (LS-DYNA R8.0)”, 2016.03
- [4] 有限会社 佐々木ブロック, “建築用空洞コンクリートブロック(C種)”, [2019.3.6 アクセス]  
<http://www.sasakiblock.com/block.html>
- [5] “コンクリートブロックの種類と規格 Q&A”, [2019.2.6 アクセス]  
<https://www.concreteblock-nabi.com/>
- [6] 久田嘉章, レジリエンスな社会構築のための被害低減策と対応力向上策の現状と事例報告, 土木学会論文集 F6(安全問題), Vol. 72, No. 2, pp.I-1, 1-14, 2016
- [7] 日本建築学会強震記録観測小委員会, “著名な強震記録”, [2019.2.27 アクセス日]  
<http://wiki.arch.ues.tmu.ac.jp/KyoshinTebiki/index.php?%C3%F8%CC%BE%A4%CA%B6%AF%BF%CC%B5%AD%CF%BF>
- [8] 防災科学技術研究所 青井真, “(最大)加速度・(最大)速度・計測震度について”, [2019.2.6 アクセス]  
<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/chuetsuoki20070716/pgav5v20070716.html>

\*1 兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究所 修士前期課程

\*2 JSOL エンジニアリングビジネス事業部

\*3 兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究所 教授・博士(工学)

Graduate Student Grad, Sim. Studies, University of Hyogo

JSOL Corporation, Engineering Technology Div.

Prof., Grad. Sch. Sim. Studies, University of Hyogo, Dr. Eng.