

プッシュオーバー解析によるコンクリートブロック塀の耐震性評価

正会員 ○上田哲弘^{*1}
同 猿渡智治^{*2}
同 永野康行^{*3}

地震 大阪北部地震 CB 塀
プッシュオーバー FEM 構造解析

1 はじめに

2018年6月に起こった大阪北部地震は中規模と大規模の間に分類される^[1]。それ故に大地震では見逃されていた問題が事故発生により浮き彫りとなった。それがコンクリートブロック塀倒壊による小児死亡事故である。そのことを受けコンクリートブロック塀の倒壊シミュレーションを行った^[2]。昨年のモデルでは配筋の有り無しを考慮し結果としては小地震では配筋がなくとも倒壊しなかった。これは小地震では倒れず残っているコンクリートブロック塀が存在し、危険をはらんでいる可能性を示唆した。本稿は詳細なモデル化を行いプッシュオーバー解析によりコンクリートブロック塀の倒壊シミュレーションをし、コンクリートブロック塀の耐震性の要になる部分を明らかにした。

2 モデルについて

衝撃・構造解析ソフトウェア LS-DYNA^[3]を用いてコンクリートブロック塀のモデル作成を行った。今回のモデル図を図1に示す。今回のモデルは有限要素解析モデルとした。

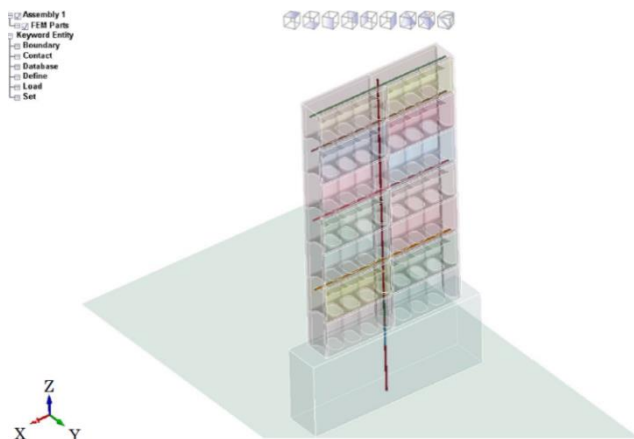


図1 モデル図

今回は『縦筋の長さ、鉄筋の腐食による断面欠損、モルタルの充填率』についてモデルを詳細化し検討を行った。今回のモデルでは、個々のブロックの外形寸法(L:X軸,W:Y軸,H:Z軸)はL390×W150×H190[mm]^[4]、コンクリートブロック塀は横2列、縦7段でL800×W150×H1400[mm]、基礎部分はL1000×W200×H400[mm]とした。地震発生時に

コンクリートブロック塀は図1のY軸方向の転倒しか考えられないため今回のモデルは横2列とした。これよりプッシュオーバーはY軸方向に対して行った。また、荷重は塀全体に等分布で-Y方向に作用させた。鉄筋は建築基準法にのっとり、図1に示すように縦に1本、横に4本を配した。今回の転倒は鉄筋が引き抜かれることによる転倒と鉄筋が破断することによる転倒を考える。コンクリートブロックはC種のもので、コンクリートの強度は30MPa^[5]、モルタルの強度は18MPaを入力している。付着応力は0.163444167をかけたものであり、コンクリートとモルタルの付着応力はそれぞれ4.90N/mm²、2.94N/mm²と設定した。付着応力と滑り量の関係は村田、河合の引抜き試験による異形鉄筋の付着強度に関する研究^[6]をもとに2折れ点とし設定した。鉄筋はSD295Aを用い2折れ点とし降伏点は295N/mm²、引張強さ440N/mm²と設定した。また鉄筋の直径は9.53mmとした。今回のモデルではブロックと基礎の付着および摩擦は考慮しておらず、基礎と地面は接続関係がなく、それぞれが独立させている。地面は表現をしているだけである。プッシュオーバー解析では自重の5倍までの力で解析を行った。

3 解析結果

鉄筋の長さを変化させた結果を表1、鉄筋の断面積を直径にて変化させた結果を表2、鉄筋とモルタルの付着応力を変化させた結果を表3に示す。鉄筋長さ4、錆4、モルタル4は全て同じモデルであるが、比較のためいずれの結果にも示す。このモデルを標準とする。標準の転倒時の写真を図3に示す。今回の各種の設定値を表1に示す。また表1のレベルと転倒開始時間をグラフにしたものを図2に示す。また転倒時の写真を図3,4に示す。

鉄筋の長さを100mmとした時だけ引き抜けが起こったがそれ以外は全て破断した。破断箇所はいずれも基礎部分とブロック部分の境目にあたるところであった。これよりコンクリートブロック塀の1番に弱点になる箇所は基礎とブロックの境目部分であることがわかる。また、転倒開始時間が1番長かったのは基礎内の鉄筋を1番短くした時であった。これは鉄筋が引き抜けていくことで鉄筋にかかる軸力が分散され破断に至らず、転倒開始時間が長くなったと考える。

表 1 計算結果

レベル	標準	鉄筋長さ1	鉄筋長さ2	鉄筋長さ3	断面欠損1	断面欠損2	断面欠損3	モルタル1	モルタル2	モルタル3
鉄筋長さ	400mm	100mm	200mm	300mm	400mm	400mm	400mm	400mm	400mm	400mm
鉄筋直径	9.53mm	9.53mm	9.53mm	9.53mm	2.3825mm	4.765mm	7.1475mm	9.53mm	9.53mm	9.53mm
付着応力	4.903N/mm ²	4.903N/mm ²	4.903N/mm ²	4.903N/mm ²	4.903N/mm ²	4.903N/mm ²	4.903N/mm ²	1.226N/mm ²	2.452N/mm ²	3.677N/mm ²
転倒開始時間	0.34	0.36	0.32	0.34	0.26	0.28	0.3	0.3	0.32	0.32
自重の何倍か	0.7252	0.8365	0.6200	0.7252	0.3414	0.4299	0.5214	0.5214	0.6200	0.6200
結果	破断	引き抜け	破断	破断	破断	破断	破断	破断	破断	破断

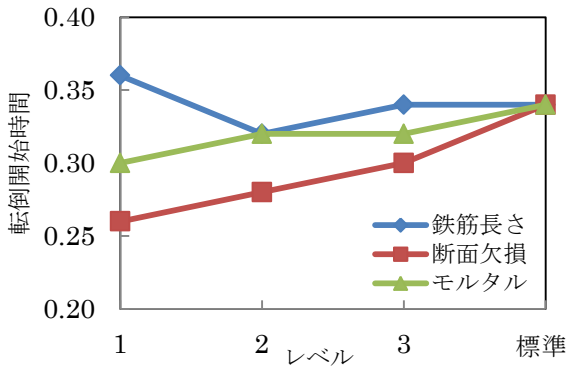


図 2 各レベルと転倒開始時間

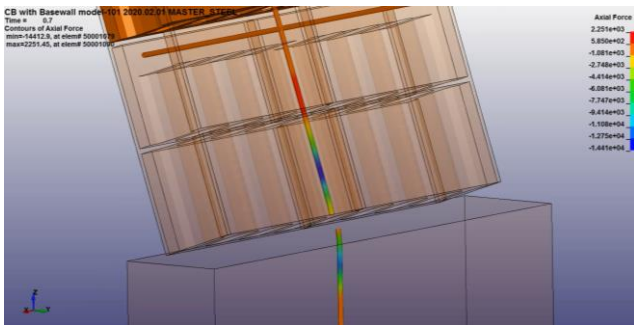


図 3 標準転倒時

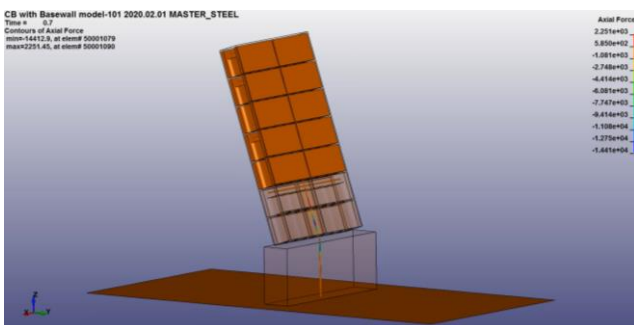


図 4 標準転倒時

4 おわりに

本研究ではコンクリートブロック塀の解析モデルを作成し、プッシュオーバー解析を行った。モデル作製に当たり「鉄筋の長さ, 錆による断面欠損, モルタルの付着力」以上3点に着目した。プッシュオーバー解析の結果、鉄

筋の長さを短くした場合のみ引き抜けが起こったがそれ以外では全て鉄筋が破断した。転倒開始時間は引き抜けが起こった場合が1番長かった。

今後の課題として、地震波を入力した際にもプッシュオーバー解析と同様の結果が得られるのか。また、今回着目した3点以外でのコンクリートブロック塀の弱点になり得るであろう部分のモデル化。鉄筋の長さが短く、錆びていた場合のような複合的な設定などがあげられる。これらにより建設時には基準を満たしていても経年劣化により危険になる時期の目安になり、既存のコンクリートブロック塀の安全評価に繋がると考えられる。

謝辞

本研究は、神戸市水上防火安全協会「平成31年度安全安心まちづくり研究助成制度」の助成を受けた。本研究にあたり高槻市学校ブロック塀地震事故調査委員会委員長である関西大学奥村与志弘准教授に助言をいただいた。ここに記し、謝意を表す。

参考文献

- [1] 気象庁地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2018年6月18日大阪北部地震の地震評価[2020.4.1]アクセス] https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2018/20180618_osaka_2.pdf
- [2] 細江英侍, 猿渡智治, 永野康行; 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; 2019年日本建築学会近畿支部研究発表会; pp.37-40; 2019年6月
- [3] LS-DYNA KEYWORD USER'S MANUAL, VOLUME I, II, 2018.05, 株式会社 JSOL
- [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)”, [2020.3.4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,” [2020.3.4アクセス] <https://www.concreteblock-nabi.com/>
- [6] 村田二郎, 河合紘茲; 引き抜き試験による異形鉄筋の付着強度に関する研究; 土木学会論文集; 第348号; pp.113-122; 1984年4月

* 兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究科 博士前期課程
 ** JSOL エンジニアリングビジネス事業部
 *** 兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究科 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