

図-4 最大応答層間変形角

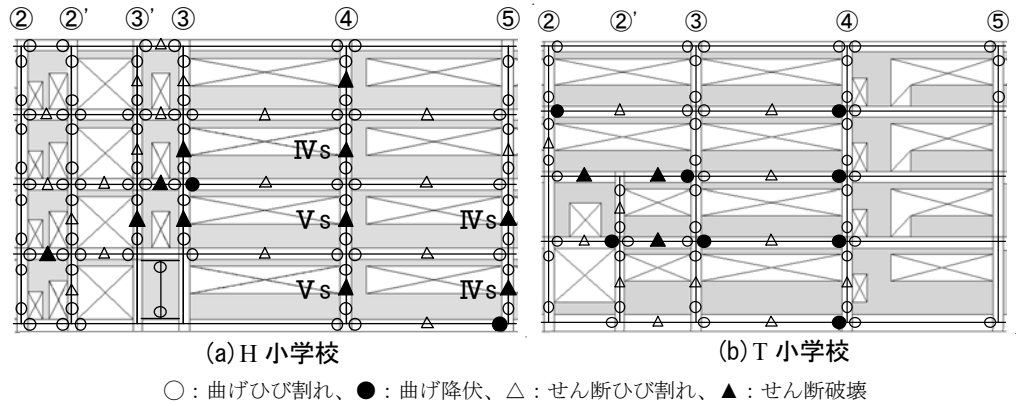


図-5 C通り地震終了時破壊機構図(ローマ数字は実被害状況(損傷度IV以上))

柱および梁主筋で $344N/mm^2$ 、せん断で $294N/mm^2$ とし、コンクリート圧縮強度 σ_B は各階におけるコンクリートコアの強度測定結果¹⁾²⁾を用いた。梁は材端ばねモデルに置換し、軸変形は無視した。柱はシアスパン比 $a/D \geq 2.0$ (a :シアスパン, D :部材せい)の場合には曲げと軸力の相互作用を考慮出来る Multi-Spring (以下 MS)モデルを、シアスパン比 $a/D < 2.0$ の場合には曲げばねをそれぞれ柱頭、柱脚に配置した⁶⁾。

柱、梁の曲げばねはトリリニアの武田モデルを用いた。柱、梁、壁のせん断ばねはトリリニアの原点指向型モデルを用い、せん断破壊後の耐力は一定と仮定した。MSモデルにおける鉄筋ばねおよびコンクリートばねはトリリニアモデルを用いた⁶⁾。MSモデルの鉄筋ばねの数は実断面と同じで、コンクリートばねは断面を100分割した。

柱、梁の曲げひび割れモーメントと終局曲げモーメントは略算式、降伏時剛性低下率は菅野式、柱、梁、壁のせん断ひび割れ耐力およびせん断終局耐力は荒川 mean 式⁷⁾により求めた。スラブの有効幅はRC規準⁸⁾に従った。

4-2 解析結果

3章で作成した両建物の地表におけるEW方向の地震動(0~300秒の全区間)を桁行方向に入力して地震応答解析を行った。数値積分はNewmark β 法($\beta=1/4$:平均加速度法)を用い、時間刻みは0.0005秒とした。粘性減衰は3%とし、瞬間剛性に比例させた。図-4に各層の最大応答層間変形角を、図-5にC構面の2~5通りにおける地震終了時の破壊機構図を示す。中破の被害を生じたH小学校の最大応答層間変形角は実状において被害が集中した2階の応答変位が0.25%で最大となった。破壊機構図を見ると、全体として柱部材のせん断破壊が支配的な破壊機構を形成した。最も早期に破壊が生じたのはC-4通り2階の柱部材で、それ以降で急激に破壊が進行した。損傷度IVおよびVの破壊が生じたC-4通り1~3階およびC-5通り1、2階の柱部材には解析においてもせん断破壊が生じており、実被害状況と一致する。以上の結果から、解析による破壊モ

ードは全体的に実被害状況と良く一致した。

軽微な被害だったT小学校の最大応答層間変形角は1階0.18%、2,3,4階0.20%であり、各階でほぼ同程度であった。破壊機構図を見ると、曲げ破壊した梁部材が多く、柱部材の損傷はひび割れ発生程度にとどまった。解析結果は梁部材の破壊が支配的な破壊機構を形成し、柱部材に大きな破壊が生じていない点で実被害状況と一致した。

以上の結果から、柱および壁の損傷状況により判断した被災度区分判定において両建物の被害程度に差が生じた原因は、T小学校で梁部材の破壊が先行して柱および壁の被害が抑制されたことであると考えられる。

5.まとめ

表層地盤による増幅を考慮した推定地震動を用いて立体骨組による地震応答解析を行った。解析の結果、H小学校では実被害において損傷度IVあるいはVの破壊が生じた柱部材には解析においてもせん断破壊が生じており、実被害状況と概ね一致した。T小学校では梁の破壊が支配的な破壊機構を形成し、柱および壁の損傷はひび割れ発生程度にとどまった。以上の結果から、両建物で被害程度の差異が生じた主要な原因として、T小学校では梁部材の破壊が先行したため、柱および壁の被害が軽減されることが考えられる。

謝辞

現地調査の便宜を図っていただき、設計図書等を提供していただいた宇都宮市役所に厚く御礼申し上げます。また、芳賀観測点での強震記録は防災科学技術研究所のKiK-netによるものである。記して謝意を示す。

参考文献

- 1) 林輝暉ほか：東北地方太平洋沖地震で被災した鉄筋コンクリート校舎の耐震性能、日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)、2014.9
- 2) 星野和也ほか：構造耐震指標が同程度で地震被害に差を生じた二棟の鉄筋コンクリート建物の耐震性能(その1:被害が軽微であった建物の耐震性能)、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)、2015.9
- 3) 吉田望ほか：DYNEQ:等価線形解析に基づく水平成層地盤の地震応答解析プログラム、佐藤工業(株)技術研究所報、pp.61-70、1996
- 4) 太田裕ほか：S波速度を他の土質的諸指標から推定する試み、物理探鉱、第29巻、第4号、pp.31-41、1976
- 5) 構造システム:任意形状立体フレームの弾塑性解析プログラム SNAP テクニカルマニュアル
- 6) 星野和也ほか：曲げ降伏時の変形に着目した鉄筋コンクリート柱部材の解析モデルに関する研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.37、No.2、pp.181-186、2015
- 7) 国土交通省住宅局建築指導課他監修:2007年度版建築物の構造関係技術基準解説書、2007.8
- 8) 日本建築学会:鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説、2010.2

*鹿島建設株式会社(元首都大学東京大学院) 修士(工学)

**首都大学東京大学院 建築学域 教授 工博

*Kajima Corporation, M.Eng. (Tokyo Metropolitan University)

**Prof., Tokyo Metropolitan University, Dr.Eng.