

RC 造建築物の実被害を説明可能な地震応答解析モデル構築に関する研究

(その2) 地震応答解析による被害率の算定

正会員 白瀬陽一*1 同 榊原啓太*2
同 福和伸夫*3 同 護 雅史*4
同 宮腰淳一*5

地震被害予測 実被害 構造スリット
1995年兵庫県南部地震 被害率曲線

1.はじめに

(その1)で構築した名古屋市営住宅の典型的な中高層 RC 集合住宅建物の桁行方向の地震応答解析モデル及び、1995年兵庫県南部地震で観測された地震動を用いて地震被害率の算定を行なう。その際、解析から求めた被害率と兵庫県南部地震での実被害調査に基づく被害率曲線との比較を行なうことで、本手法の妥当性を検証する。

また、本論で作成したモデルを用いて、構造スリットの有無による建物被害率への影響を考察する。

2.地震応答解析モデルの作成

(その1)で示したモデル作成手順に従い、81棟のモデルを作成する際、表1に示す仮定値を用いた。仮定値はそれぞれの建物に対し、平均的な値を取るよう設定した。このうち、耐震診断 DB から建物毎に値を設定したのは、A：延床面積、n：建物階数、 $C_T \cdot S_D$ ：各階 $C_T \cdot S_D$ 値、 S_D 値：各階 S_D 値である。これらの値を用いて復元力特性を建物毎に設定する。

3.被害のクライテリア

被害率の算定は、地震応答解析から計算される最大層間変形角を用いて、下式により行なう

$$\text{被害率} = \frac{\theta \text{が被害のクライテリアを超えた建物棟数}}{\text{全建物の棟数}} \times 100(\%)$$

本論では、過去の地震被害状況から推定された以下のクライテリア⁷⁾により中破、大破といった被災度を判定する。

中破以上 : $1/150 < \theta$

大破 : $1/75 < \theta$

表1 モデル化の際に用いた仮定値

算定するもの	用いた仮定・算定式	必要な仮定値	本論で用いた値
各階の階高(h_i)		2階以上の階高(h_{2+})	2.60m
		1階の階高(h_1)	2.80m
各階床面積(A_i)	$A_i = A/n$	延床面積(A)、階数(n)	各建物別に設定
建物の長辺長さ(BL)	$BL = A_i/CL$	建物の短辺の長さ(CL)	9.72m
各階重量(W_i)	$W_i = A_i \cdot W$	階の平均重量(W)	10.7kN/m ²
建物の1次固有周期(T_1)	$T_1 = \alpha \cdot h$	固有周期係数 α	$\alpha = 0.0125$
各階の初期剛性(K_{1i})	初期剛性の高さ方向分布は各階の終局耐力分布に相似	建物の1次固有周期(T_1)	各階重量(W_i)
各階の第2剛性(K_{2i})	$K_{2i} = K_{1i} \cdot K_2/K_1$	方立て壁: K_2/K_1	(その1)表3
各階の終局耐力(Q_{3i}) (第2折点層せん断力)	$Q_{3i} = \sum W_i \cdot C_T \cdot S_{Di} \cdot (n+i) / (n+1)S_D$	S_D 値(S_D)	各建物別に設定
建物の第1折点層せん断力(Q_{1i})	$Q_{1i} = Q_{3i} \cdot Q_1/Q_3$	各階 $C_T \cdot S_D$ 値($C_T \cdot S_D$)	各建物別に設定
地盤ばね		方立て壁: Q_1/Q_3	(その1)表3
		せん断波速度(Vs)	250m/s
		単位体積重量()	1.8t/m ³
		ポアソン比()	0.45

4.兵庫県南部地震の被害率曲線との比較

4.1 入力地震動の方向性の違いによる補正

図1に兵庫県南部地震における8~12階建てRC造建物の桁行の方位と被害率の関係⁸⁾を示す。図の半径方向が建物の桁行方向、各軸の大きさは被害率、()内は全棟数を表している。図より、方向性による被害の差は明らかであり、本論では図1に基づいて地震応答解析から算定した被害率を補正する。例えば桁行方向がN315Eの建物の場合については、下式により補正を行なう。ここでN315Eとは、北から時計回りに315°回転した方向を表している。

$$\text{桁行N315E方向の計算被害率} \times \frac{\text{図1の全方向の被害率}}{\text{図1の桁行N315E方向の被害率}}$$

図1には、大破のデータも示されているが、被害率が0%の方向があるため正しい補正ができないことが考えられ、また、中破の被害率と異なる傾向を示しているため、大破の被害率に対しても図1の中破の被害率のデータを用いて補正する。入力最大の速度は地震動の主軸方向であるN315E成分の最大速度で定義し、80cm/sから150cm/sまで10cm/s毎に被害率を求める。その際、入力損失効果⁹⁾を考慮し、入力地震動の最大速度を0.9倍する。

4.2 応答解析結果と被害率曲線の比較

図2および図3に、建物の桁行方向がN090E方向およびN315E方向の計算被害率を、林ら⁸⁾による被害率曲線と比較したものを示す。入力地震動は兵庫県南部地震において、甚大な被害を受けた地域で観測された、大阪ガス蒼合波を用いた。

比較に用いた被害率曲線は、1972年~81年の間に建設された6~7階建て建物(ピロティなし)を

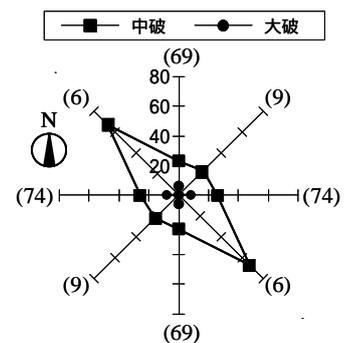


図1 桁行方向と被害⁸⁾

対象に作成されたものを用いた。図より、算定した被害率は、特に大破の被害率で被害率曲線によく対応している。一方、中破以上の被害率は被害率曲線よりも低く、大破の計算被害率とあまり差が無い。これは、方立て壁の耐力低下後の勾配を厳しく設定しているために、耐力低下が急激に進み、層間変形角が中破以上のクライテリア内にとどまる可能性が低くなっていることが原因だと考えられ、改善の余地がある部分である。全体的には、被害率曲線と概ね対応しており、本論で作成した地震応答解析モデルは妥当であると考えられる。

5. 建物の余力が計算被害率に与える影響

葺合波 N315E 方向を入力した際の余力の有無による計算被害率の違いを図 4 に示す。このとき、入力地震動の方向による補正は行っていない。最大速度 120cm/s の値を見ると、被害率に 10 倍近い差がある。これより、兵庫県南部地震において RC 造建物の被害が設計用検討モデルから推定されるより少なかった理由の一つに、設計時に考慮していない建物の余力を挙げることができよう。

6. スリットの有無が被害率に与える影響

近年、集合住宅建物のように、雑壁などの 2 次部材が多く取り付く建物では、柱の短柱化によるせん断破壊を回避するためや、偏心率や剛性率の算定を容易にするために構造スリットが用いられることが多い。そこで、(その 1)で示した典型的集合住宅建物に構造スリットを設けた場合、葺合波に対する計算被害率や応答結果がどの程度変化するかを検討する。

スリットモデルを作成する際、図 5 に示すように、典型的建物の南北構面に 3 方向完全スリットを設ける。雑壁は、上階の梁を垂れ壁付き梁として、剛性のみを評価する。終局耐力には雑壁による影響を与えない。その結果、スリットモデルの終局耐力は、スリットなしモデルの 0.46 倍になる。また、建物の固有周期は、スリット付き典型的建物モデルの固有値

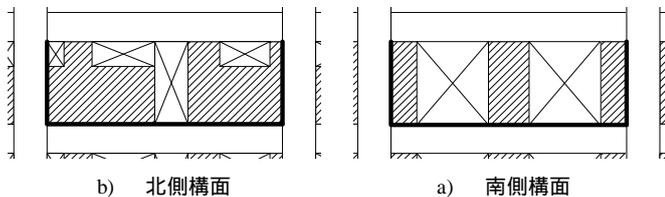


図 5 3 方向スリットの概要(—スリット)

解析結果から、 $\alpha=0.025$ として算定する。履歴特性は武田スリップモデル¹⁰⁾を用い、終局点は、層間変形角 $\theta=1/29$ 、層せん断力 0kN の点とする。スリットの有無による地震被害率の差を図 6 に示す。図より、入力地震動の最大速度が 40cm/s を超える領域で、中破・大破以上ともに被害率が急激に上昇している。これは、スリットを設けることにより、建物の初期剛性の値が小さくなり、その影響で入力レベルが比較的小さい範囲でも、応答が大きくなる結果であると考えられる。また、スリット無しモデルの被害率と比較すると、スリットモデルは建物の余力を考慮しているにもかかわらず非常に大きな被害率になっていることがわかる。

7. まとめ

本論では、耐震診断の結果と、実験結果等を結びつけることで、中高層 RC 造集合住宅建物の地震被害を説明できる地震応答解析モデルを構築した。

また、本論で構築したモデルを用いて構造スリットを持つ集合住宅建物の被害率を作成し、スリットの有無が計算被害率に大きな影響を与えることを示した。

【参考文献】

- 1) 榎原 他: 学術講演梗概集, 構造, pp.457-460, 2007.9, 2) 金 他: コンクリート工学年次論文集, Vol.27, No.2, pp.193-198, 2005, 3) 八木 他: 学術講演梗概集 C-2, pp.1005-1006, 1998.9, 4) 芳村 他: 構造系論文集, NO587, pp.197-204, 2005.1, 5) 中山 他: コンクリート工学論文集, Vol.23, No.2, pp.1111-1116, 2001, 6) 藤井 他: 学術講演梗概集, 構造系, pp.413-414, 1986.8, 7) 楊 他: 構造工学論文集, Vol.51B, pp.207-213, 2005.3, 8) 林 他: 構造系論文集, NO528, pp.135-142, 2002.2, 9) 安井 他: 構造系論文集, NO512, pp.111-118, 1998.10, 10) 江戸 他: 学術講演梗概集, pp.1877-1878, 1977.10,

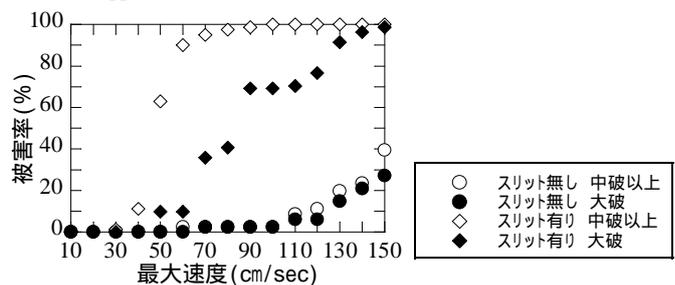


図 6 N315E 方向スリットモデル被害率

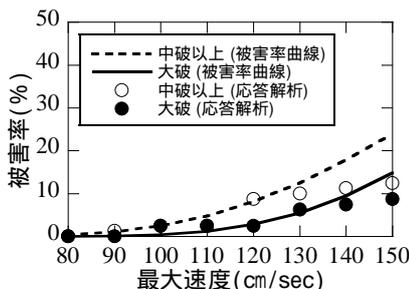


図 2 N090E 方向被害率

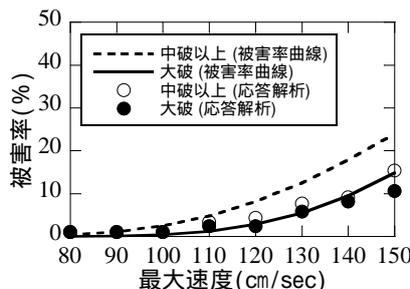


図 3 N315E 方向被害率

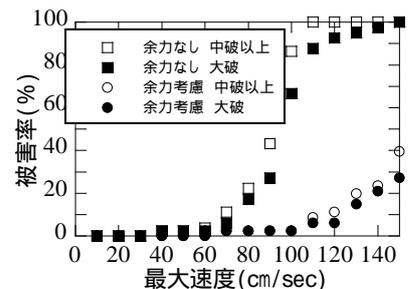


図 4 余力の有無の影響

*1 (株)日建設計 構造設計部門 修士(工学)

*2 (株)日建設計 修士(工学) (元名古屋大学大学院生)

*3 名古屋大学大学院環境学研究科・教授 工博

*4 名古屋大学大学院環境学研究科・准教授 博士(工学)

*5 清水建設(株) 技術研究所 博士(工学)

*1 Structural Engineering Dept, Nikken Sekkei Ltd., M.Eng.

*2 Nikken Sekkei Ltd., M.Eng.

*3 Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng.

*4 Assoc.Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng.

*5 Institute of Technology, Shimizu Corp., Dr.Eng.