

1999年台湾集集地震により被災した鉄筋コンクリート造建物の耐震性能に関する研究 - 静的弾塑性解析による虎山国民小学校校舎の耐震性能の把握 -

復元力、塑性率、損傷度

正会員 劉 鋒*1) 同 中埜良昭*2)

1. はじめに

前報⁽¹⁾では、1999年9月21日に台湾中部地区を襲った「集集地震」により被災した、震央近傍における南投県草屯鎮虎山国民小学校の鉄筋コンクリート造校舎(4階建ての本館及び南館の2棟よりなる)について、「耐震診断基準⁽²⁾」に基づいて耐震診断を行い、それらの耐震性能と被害程度の関係について考察した。本論文では、 I_s 値が梁間方向に比べて低くなった南館の桁行方向を対象に、静的弾塑性フレーム解析を行い、建物の耐震性能をより詳細に検討した。

2. 被害の概要

図1に本報で対象とする南館の被害概要を示す⁽³⁾。地下室のないX20～X22間で建物が沈下し、X20～X21間で約1°の傾斜が生じた。また、沈下した箇所を中心に柱のせん断ひび割れが生じた。振動による被害としては、レンガ壁により短柱化した柱(Y1通りX18柱)に損傷度の被害が生じた。他の数本の柱に損傷度～のひび割れが発生した⁽³⁾。

3. 解析の概要

(1) 仮定 静的弾塑性解析を行うにあたり、耐震診断と同じ仮定条件として、コンクリート強度 $F_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ 、主筋 $F_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$ 、帯筋 $F_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$ 、各層の重量は 1.0t/m とした。
(2) 建物のモデル化 建物は柱、梁、壁を線材に置換し、剛域は梁の場合は柱・壁端まで、柱の場合は梁端、あるいは腰壁高さから $D/4$ を引いた位置までとした (D : 柱の断面せい)。各構面を両端ピンの剛な梁により連結し、建物全体をひとつの平面骨組とした。即ち、剛床仮定が成立するものとした。また、鉛直荷重による梁の応力は無視した。なお、梁の耐力はスラブ筋を考慮して算定し、スラブ協力幅は $0.2L$ とした (L : スパ

ン長)。現地調査⁽³⁾によると、腰壁と柱の間に肌別れが見られたため、腰壁は梁耐力算定時に無視した。また、柱の耐力計算用の軸力は長期軸力として、1階柱脚は固定とした。

(3) 部材のモデル化 部材は、せん断バネと曲げばねが直列結合したバネ・モデルで評価した。曲げ変形については、中央の弾性線材と、その両端の設けた剛塑性回転バネにより評価し、変形はそれらの和で表わす⁽⁴⁾。

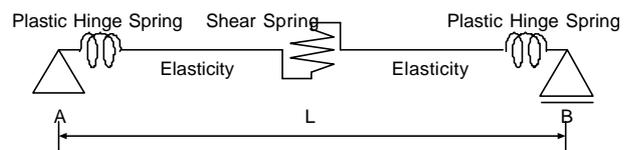


図2 部材のモデル化

せん断変形に対しては、材中央に設けた弾塑性せん断バネにより評価する。解析では、柱・梁いずれの部材も材軸方向変形は考慮していない。

(4) 部材の復元力特性 曲げ及びせん断に対する復元力特性⁽⁵⁾⁽⁶⁾を図3のように仮定する。また、復元力特性を決定する諸量は文献⁽⁵⁾⁽⁶⁾と同様の手法で算出した。

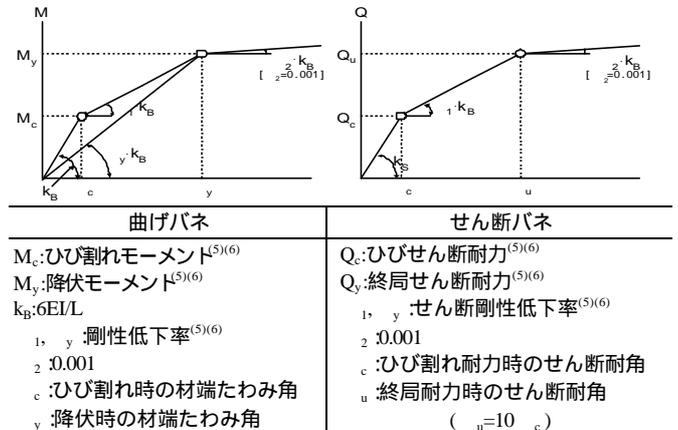


図3 曲げ及びせん断に対する復元力特性

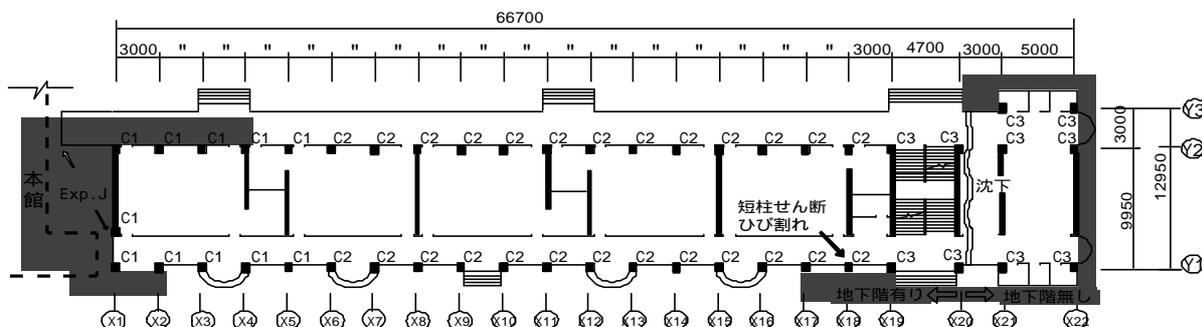


図1 南館の1階平面図及び損傷状況

3. 静的弾塑性フレーム解析の結果

逆三角形震度分布とした外力を漸増的に与え、フレームの静的弾塑性解析を行い、対象建物桁行方向の力学的な性状及び被害の過程を検討した。

図 4 に対象建物の層せん断力と層間変位関係を示す。

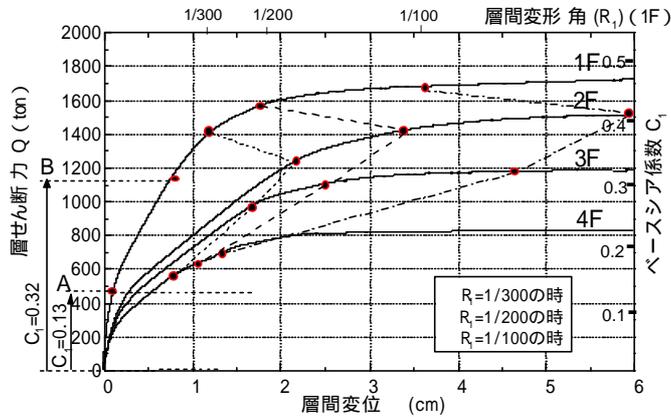


図 4 南館の各層せん断力-層間変位の関係

まず、 $R_1=1/3030(C_1=0.13)$ 、図 4 の A 点で、X17 と X18 軸の柱がせん断破壊した。図 5(a)及び(b)には Y1 通りの 1 階部材変形角 $R_1=1/960$ 、 $R_1=1/440$ での塑性化程度をそれぞれ示す。 $R_1=1/960(C_1=0.21)$ では X7 と X8 の軸の 1 階柱脚の塑性率が 0.5 を超過し始め(図 5(a) 参照)、 $R_1=1/440(C_1=0.32)$ ではこれらに曲げ降伏が生じる。これらの解析結果は X18 軸で短柱破壊、X7 軸周辺で若干の損傷(損傷度 ~)が見られたことと比較的良好対応を示している。なお、X7 及び X8 軸周辺の腰壁付き梁に

ついても比較的損傷が進行しているが、これは腰壁を柱の剛域のみに有効とし、梁の耐力には寄与しないと仮定したことが原因と考えられる。

5. まとめ

集集地震を経験した鉄筋コンクリート造学校校舎について静的弾塑性フレーム解析を行い、部材損傷の進展過程を検討し、実被害と比較的良好対応を示すことがわかった。

[参考文献]

- 1)劉鋒ら：1999 年台湾中部地震により被災した鉄筋コンクリート建物の耐震性能に関する研究、日本建築大会学術講演梗概集・東北 2000.9
- 2)日本建築防災協会：既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準同解説(1990 年版)
- 3)日本建築学会：1999 年台湾・集集地震 第 編 災害調査報告~4.3.14 虎山国民小学校 2000.11.
- 4)Giberson, M.F.: Two Nonlinear Beams with Definitions of Ductility, Proc. ASCE, Vol.95, ST2, 1969.
- 5)深田泰夫：鉄筋コンクリート建築物の復元力特性に関する研究、日本建築学科関東支部研、1969
- 6)梅村魁編者：鉄筋コンクリート建物の動的耐震設計法、技報堂、1973.
- 7)梅村魁編者：鉄筋コンクリート建物の動的耐震設計法・続(中層編)、技報堂、1982

損傷状況の検討方法

印	塑性率	印	塑性率
無印	$ \mu_1 < 0.5$		$1 < \mu_1 $
	$0.5 < \mu_1 \leq 0.8$		$c < \mu_2 \leq u$
●	$0.8 < \mu_1 \leq 1$	×	$u < \mu_2 $

材端たわみ角、 γ_y :降伏時の材端たわみ角、 θ :せん断耐角、 u 終局耐力時のせん断耐角、 $\mu_1 = \theta / \gamma_y$ 、 $\mu_2 = \theta / u$

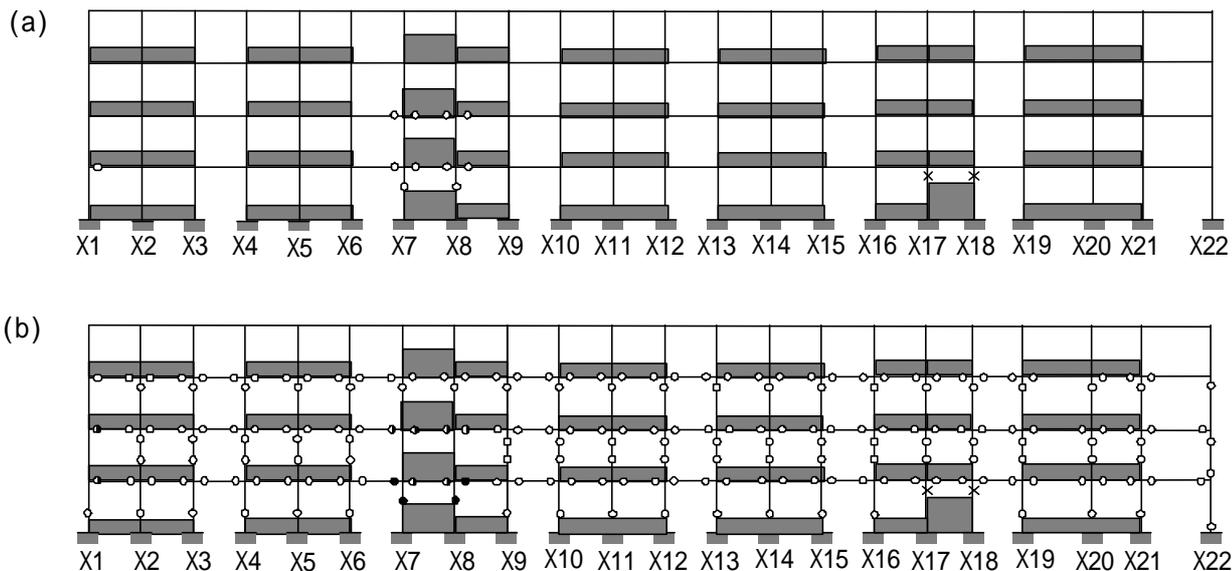


図 5 部材の塑性化の程度 (Y1 フレーム) : (a) $R_1=1/960, C_1=0.21$; (b) $R_1=1/440, C_1=0.32$

1)東京大学大学院

2)東京大学生産技術研究所 助教授・博(工)

Graduate Student; Department of Architectural Engineering, Univ. of Tokyo

Associate Professor; Institute of Industrial Science, Univ. of Tokyo, Dr. Eng.