

Seismic assessment of existing RC building with masonry infill in Bangladesh
Part4 : Pushover Analysis of an Existing RC Building with masonry infill

キーワード

レンガ壁 増分解析
応答スペクトル法

○ 鳥畑 優太*1 Hamood Alwashali*1
Md.Shafiul Islam*1 Debasish Sen*1
前田 匡樹*2

1. はじめに

本稿では、前項で耐震診断を行った既存建築物のうちの1つについて非線形増分解析を行い、レンガ壁の構造性能への影響の検討を行う。

2. 解析手法

2.1 本研究の対象建物

図1に対象建物の平面図及び立面図、表1に代表的な柱寸法及び材料強度を示す。本研究の対象建物はバングラデシュの首都ダッカに位置する6階建て無補強レンガ壁付きの鉄筋コンクリート造である。

2.2 解析モデル

本稿では、レンガ壁を考慮した場合としない場合の2ケースの解析を行った。図2に示すように建物の柱・梁を線材で置換し、また、無補強レンガ壁は斜めストラットにモデル化した。曲げばね及びせん断ばねの復元力特性を図3に示す。柱梁は材端に曲げばね、材中央にせん断ばねを有するモデルとし、それらの復元力特性はRC規準¹⁾に基づき設定した。ストラットばねの復元力特性を図4に示す。レンガ壁の水平方向のせん断力 V_{inf} は文献³⁾、剛性を評価するためのストラット幅 W_{inf} は文献¹²⁾の式(1)、(2)により算出した。

$$V_{inf} = 0.05f_m \cdot t_{inf} \cdot L_{inf} \quad (1)$$

$$W_{inf} = 0.25d_m \quad (2)$$

ここに f_m ：プリズム圧縮強度(MPa)、 t_{inf} ：レンガ壁厚さ(mm)、 L_{inf} ：レンガ壁長さ(mm)、 d_m ：レンガ壁対角線長(mm)ここで、バングラデシュの建物の実情に基づきプリズムの圧縮強度は8MPa、ヤング係数を8000MPaと仮定した。靱性指標 $F=1$ に対応する変形角1/250の時に最大耐力に達すると考え、最大耐力時の変形を設定した。

2.3 増分解析結果

図5に増分解析で得られた層せん断力-層間変形角関係を示す。レンガ壁を無視して純フレームとして解析すると、梁降伏型の全体崩壊形を形成し、変形能力に富む性状を示す。一方、レンガ壁を考慮すると、レンガ壁の影響で剛性が上昇して層せん断力が上昇して、小さな変形角の時点で最大耐力に達し、その後急激な耐力低下が生じた。

3. レンガ壁を考慮したことによる応答点への影響

増分解析結果の縮約後の性能曲線とバイリニア曲線を図6に示す。増分解析結果は式(1)、(2)により縮約した。

$$M_u = \frac{\sum(m_i \cdot \delta_i)^2}{\sum(m_i \cdot \delta_i^2)} \quad (1)$$

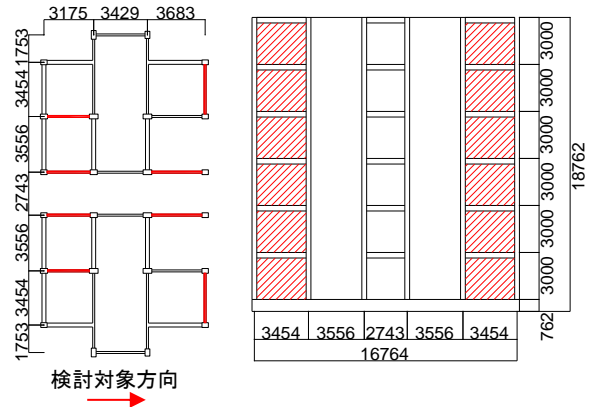


図1 対象建物の平面図及び立面図 (単位 mm)
表1 代表的な柱断面及び材料特性 (単位 mm)

	C1	C2
断面		
主筋	6-D20	4-D20, 6-D16
補強筋	D10@150	
設計基準強度 F_c	25MPa	
降伏強度 F_y	400MPa	

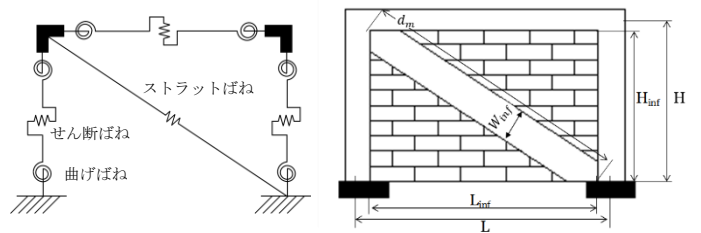


図2 線材で置換した建物の基本骨組モデル

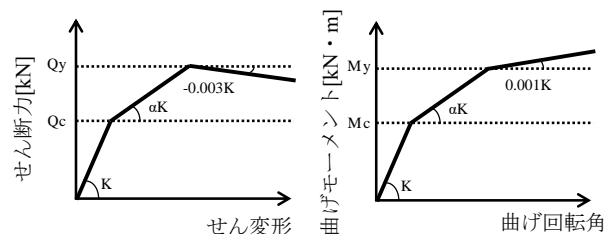


図3 曲げばね及びせん断ばねの復元力特性

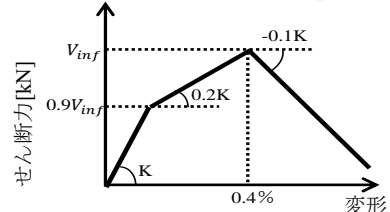


図4 ストラットの復元力特性

$$\Delta = \frac{\sum(m_i \cdot \delta_i^2)}{\sum(m_i \cdot \delta_i)} \quad (2)$$

ここで、 M_u ：有効質量、 Δ ：代表変位、 m_i ： i 層の質量、 δ_i ： i 層の変位

設計用加速度応答スペクトルはバングラデシュの建築設計規
準 BNBC2018¹³⁾に基づいて算出した。また、減衰定数 h_{eq} は式
(3)により算出し、文献¹⁴⁾に基づき、性能曲線をバイリニア曲
線に置換し求めた。

$$h_{eq} = 0.25 \left(1 - \frac{1}{\sqrt{\mu}} \right) + 0.05 \quad (3)$$

図 7 に応答スペクトルと増分解析結果の比較を示す。レン
ガ壁を考慮しない RC フレームのみのケースでは変位 4.5cm、
減衰 12.3%となり、レンガ壁を考慮したケースでは変位 2.1cm、
減衰 14.3%となり、建物の変位が 50%程度低減された。バン
グラデシュでは、設計時にレンガ壁を非構造部材とみなし無
視しているがレンガ壁が取り付くことによって建物の地震応
答が変化するという結果に基づき、レンガ壁を考慮した設計
が必要であると考えられる。

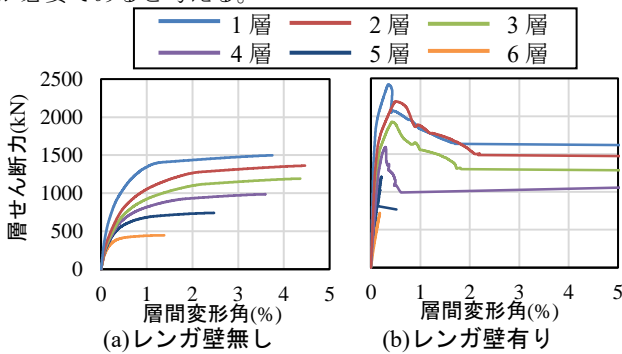


図 5 層せん断力ー層間変形角関係

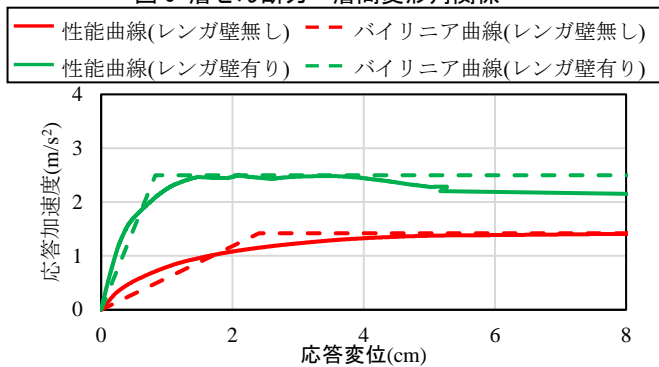


図 6 縮約後の性能曲線とバイリニア曲線

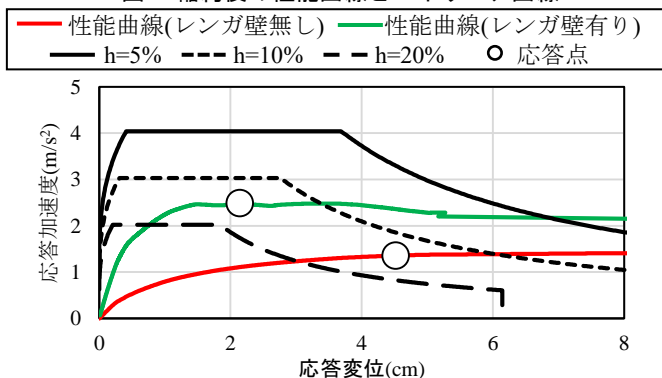


図 7 応答スペクトルと増分解析結果の比較

4. まとめ

本稿では、既存のレンガ壁が取り付く RC 造建物の増分解析
を行い、レンガ壁が建物の構造性能に及ぼす影響について検
討した。以下に得られた知見をまとめる。

- (1) 建物をモデル化しレンガ壁を考慮しない場合とした場合の
2つのケースで増分解析と応答点の比較を行った。レンガ
壁を考慮することによって建物の応答変位が50%程度抑え
られる結果となり、構造設計や耐震診断の際はレンガ壁を
考慮する必要がある。
- (2) 本稿では、レンガ壁の減衰性能をRCフレームと同程度と
仮定し建物の減衰定数を算出したが、レンガ壁の減衰定数
はRCフレームに比べ低いと考えられるため、レンガ壁の減
衰定についても検討の必要がある。

謝辞

本研究は JST/JICA SATREPS プロジェクト「Project for
Technical Development to Upgrade Structural Integrity of Buildings
in Densely Populated Urban Areas and Its Strategic Implementation
towards Resilient Cities (TSUIB)」(研究代表者：中埜良昭・東
京大学生産技術研究所教授)の支援を受けた。

<https://www.satreps-tsuib.net/>

参考文献

- [1] Japan Building Disaster Prevention Association (JBDPA).
“Standard for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete
Buildings” (2001b)
- [2] Takahashi, K., Alwashali, H., Maeda, M., “2011年東北地方太
平洋沖地震における宮城県内のRC 造校舎の耐震性能と被害
傾向の検討と被害事例” Proceedings of the Japan Concrete
Institute Vol 34, No.2, pp.1099-1104, July/2012
- [3] Alwashali, H., Suzuki, Y. and Maeda, M.: Seismic evaluation of
reinforced concrete buildings with masonry infill wall, 16WCEE,
2017
- [4] Alwashali, H., Torihata, Y., Jin, K., Maeda, M., “Experimental
observations on the in-plane behavior of masonry wall infilled RC
frames; focusing on deformations limits and backbone curve”
Bulletin of Earthquake Engineering, Vol 16, issue 3, pp 1373–1397,
Mar./2018.
- [5] American Society of Civil Engineers (ASCE) Seismic
rehabilitation of existing buildings. Reston, Virginia (ASCE/SEI 41-
06) (2007)
- [6] Alwashali, H., Torihata, Y., Jin, K., Maeda, M., “Evaluation of
diagonal compression strut of masonry infill in RC frames based on
experimental investigation” Proceedings of Japan Concrete Institute
July/2018
- [7] PWD, Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete
Building, CNCRP(2015)
- [8] Shiga, T., Shibata, A., Takahashi, T., “Earthquake Damage and
Wall Index of RC buildings” Proceeding of Tohoku District
Symposium, Architectural Institute of Japan No.12 pp.29-32(1968)
- [9] Islam, M.S., Alwashali, H., Torihata, Y., Jin, K., Maeda, M.,
“Rapid seismic evaluation method of RC buildings with masonry
infill”. 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.195-196,2017/8
- [10] Government of Bangladesh : Comprehensive disaster
management program (CDMP), Ministry of food and disaster, Govt.
of Bangladesh.(2009)
- [11] 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解
説, 2010年
- [12] Paulay T, Priestley MJN Seismic Design of Reinforced Concrete
and Masonry Buildings. John Wiley & Sons. (1992)
- [13] Housing and Building Research Institute: Bangladesh National
Building Code 2018(BNBC2018)
- [14] 柴田 明德：最新 耐震構造解析 第3版, 2015年

1*東北大学大学院 大学院生 (工学)

2*東北大学大学院工学研究科 教授・博士 (工学)

1*Graduate student, Graduate School of Engineering, Tohoku Univ.

2*Professor, Graduate School of Eng., Tohoku Univ., Dr.Eng.