

被災した鉄骨ブレース補強 RC 造建物に対する解析的研究
 (その 1) 対象建物概要およびファイバーモデルの構築

Analytical Study on RC Building Damaged by Earthquake Retrofitted with Steel Braces
 (Part 1) Outline of Target Building and Development on Fiber Analysis Model

○井尻泉¹, 小川慶一郎², 田嶋和樹³, 長沼一洋³

* Izumi Iziri¹, Keiichiro Ogawa², Kazuki Tajima³, Kazuhiro Naganuma³

Abstract: In Part 1, a three-dimensional fiber analysis model was constructed for RC building damaged by the past earthquake retrofitted with steel braces. Moreover, acceleration time history at the time of the disaster was simulated through soil response analysis. The earthquake response analysis suggests that the deformation of the third floor is the largest as with the actual damage caused by the earthquake.

1. はじめに

1995 年に起きた兵庫県南部地震以降, 現行の設計基準を満たしていない既存建築物の耐震性が問題視されている. その対策として, 現在までに多くの耐震改修が行われてきており, 補強設計には耐震診断が用いられてきた. しかしながら, 2011 年の東北地方太平洋沖地震では, 耐震補強されたにも関わらず被害が生じた建物が複数確認された¹⁾.

そこで本研究では, 被災した耐震補強後鉄筋コンクリート (以下, RC) 造建物を対象にファイバー法による地震応答解析を実施し, その破壊メカニズムについて検討する. 本報 (その 1) では, ファイバーモデルの構築および地盤の増幅を考慮した推定地震動を作成し, 耐震補強の有無による地震応答の違いを確認する.

2. 建物概要

Fig.1 に対象建物を示す. 対象建物は栃木県芳賀郡に位置する中学校で, 1974 年に竣工された. 被災時には, 1, 2 層のみを鉄骨ブレースで補強していたが, 未補強層の 3 層で RC 柱 4 本がせん断破壊した. また, 杭に

も大きな被害が見られ, 被災度は大破と判定された. 建物情報に関しては資料¹⁾を参考にしたが, 3 階の柱の配筋 (Table 1) や梁および耐震壁の断面, 建物重量については情報が不足していたため, 1971 年の RC 規準を満たすように仮定した. Table 2 に構造耐震指標 I_s 値の結果を示す. 補強前は 1, 2 層で構造耐震判定指標 I_{so} を満たしていないが, 補強を施すことで全ての層が基準を満たすことを確認できた.

3. 解析モデル概要

Fig.2 に解析モデル概要を示す. 解析には, 数値解析コード OpenSees²⁾を用いた. 柱はファイバー要素, 梁は BeamWithHinges 要素でモデル化し, せん断挙動はせん断サブ要素³⁾で考慮した. Fig.3 に壁と鉄骨ブレースのモデル化の詳細を示す. 壁のモデル化は, MMVLEM⁴⁾とした. また, 開口を有する耐震壁のせん断サブ要素の復元力特性には, 開口の影響を考慮するために増田らの提案した耐力低減率⁵⁾を用いた. 鉄骨枠および鉄

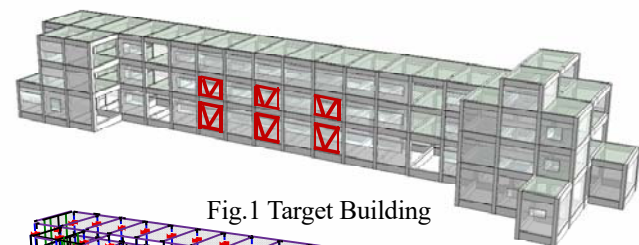


Fig.1 Target Building

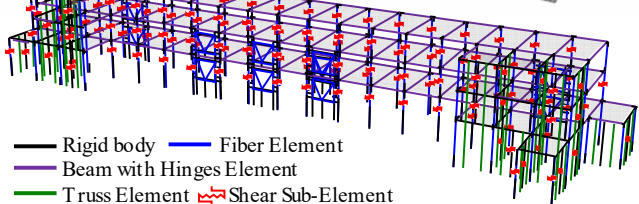


Fig.2 Modeling of Frame using Fiber Elements

— Rigid body — Fiber Element
 — Beam with Hinges Element
 — Truss Element — Shear Sub-Element

Table 1 Column Section

	1F,2F	3F
Column Capital		
Column Base		
Hoop	2-9φ@165	
b×D	550mm×500mm	

Table 2 Seismic Capacity Index

I_s	Seismic Retrofit	
	Before	After
3F	0.81	0.81
2F	0.63	0.93
1F	0.52	0.80

Required Seismic Capacity Index (I_{so}) = 0.7

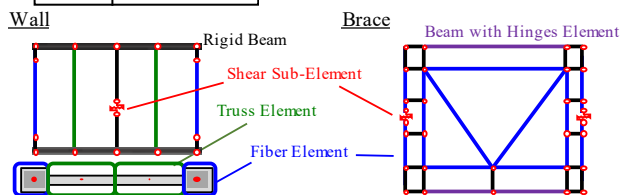


Fig.3 Modeling of Wall and Brace using Fiber Elements

1 : 日大理工・学部・建築 2 : 日大理工・院 (前)・建築 3 : 日大理工・教員・建築

骨ブレースはファイバー要素でモデル化し、補強接合部が取り付く柱は、柱の断面に補強接合部の圧入モルタル部分を含めてモデル化した。

4. 推定地震動の作成

本震時に対象建物に作用した地震動を推定するため、KiK-net 芳賀観測点の地中で得られた EW 方向および NS 方向の加速度時刻歴を対象敷地の工学的基盤に入力し、表層地盤による増幅を考慮した。解析には、BUILD.地盤・柱状/液状化⁶⁾を用いた。また、地盤の柱状図および各地層のせん断波速度 Vs と湿潤単位体積重量 ρ の算出は、新井らの研究⁷⁾を参考にした(Fig.4)。なお、N 値が 50 以上になることから、工学的基盤は深度 21m の砂礫層とした。Fig.5 に地中および地表の加速度時刻歴、Fig.6 に加速度応答スペクトルを示す。加速度応答スペクトルから、対象建物の固有周期が卓越周期よりも小さいことを確認できる。

5. 地震応答解析結果

地震応答解析は積分法として Newmark の β 法を用いた。入力地震動には前述の手法で得られた推定地震動を用い、桁行方向に EW 波、梁間方向に NS 波を入力した。Fig.7 に耐震補強の前後を比較した地震応答解析から得られた層せん断力-層間変形角関係を示す。補強前では 1 層が耐力低下を起こし最も変形が進んでいるのに対し、補強後では全ての層が若干塑性化した程度に収まっている。また、補強後では 1,2 層のみを補強したため、実被害と同様に 3 層の変形が一番大きくなっている。なお、補強後よりも補強前の 3 層の方が大きく変形している原因として、Fig.6 の加速度スペクトルから分かるように、損傷に伴い固有周期が長くなると入力加速度が大きくなることが考えられる。つまり、補強前では 1,2 層の損傷が激しいため、補強後よりも固有周期が長くなり応答加速度が大きくなった。

6. まとめ

被災した補強建物に対するファイバーモデルを構築し、推定地震動を作成して、地震応答解析を実施した。その結果、補強後は 3 層の変形が最も大きくなった。

7. 参考文献

- 1) 東日本大震災合同調査報告書編集委員会：東日本大震災合同調査報告 建築編 1 鉄筋コンクリート造建築物，2015.5
- 2) Open System for Earthquake Engineering Simulation – Home Page, <http://opensees.berkeley.edu/>
- 3) 田嶋和樹，他：「脆性部材の破壊が RC 造骨組の耐震性能に及ぼす影響」，コンクリート工学年次論文集，Vol.34, No.2, pp.337-342, 2012

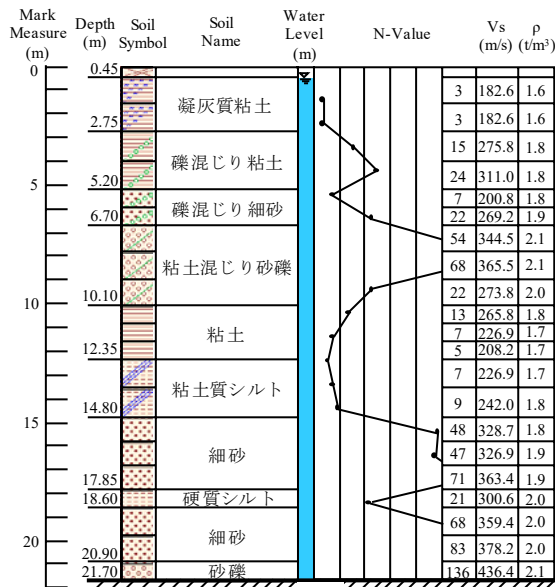


Fig.4 Geotechnical Information

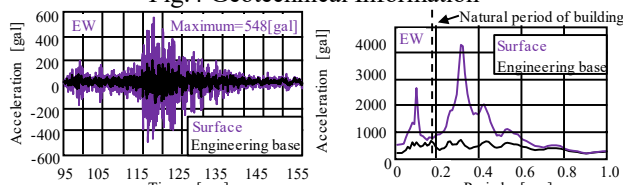


Fig.5 Time History of

Fig.6 Acceleration Response

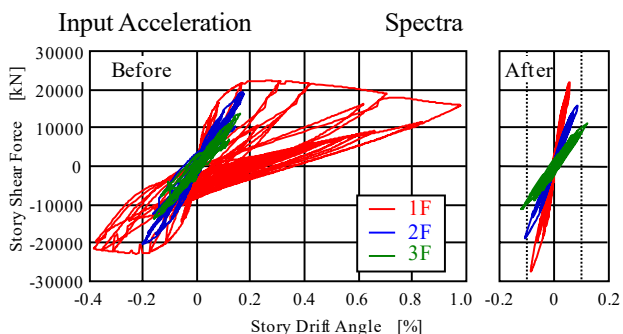


Fig.7 Dynamic Shear Force- Drift Angle Responses of Before and After Seismic Retrofit

- 4) 藤田有希子，他：「地震動を受ける鉄骨ブレース補強後 RC 造建物の耐震性能評価（その 2）RC 造耐震壁の弾塑性マクロ解析モデルの構築」，日本建築学会大会梗概集，pp.39-40, 2014.9
- 5) 増田久美子，他：「耐震診断におけるそで壁付柱と有開口耐震壁の評価手法に関する解析的検討：（その 2）有開口耐震壁の低減率の提案」，日本建築学会大会梗概集，pp.605-606, 2009.7
- 6) 株式会社構造ソフト：BUILD.地盤・柱状/液状化, <http://www.kozosoft.co.jp/seihin/jiban/ekijyou.html>
- 7) 新井昂，他：「耐震補強された鉄筋コンクリート建物における上部構造と杭基礎の地震被害の相関に関する研究」，コンクリート工学年次論文集，Vol.38, No.2, pp.1147-1152, 2016