

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 2) 静的および動的挙動の把握

Analytical Study for RC Building Damaged by Earthquake Retrofitted with Steel Braces (Part 2) Prehension of Static and Dynamic Response

○小川慶一郎¹, 田嶋和樹², 長沼一洋²* Keiichiro Ogawa¹, Kazuki Tajima², Kazuhiro Naganuma²

Abstract: In Part 2, pushover analyses and earthquake response analyses were performed using a fiber analysis model constructed in Part 1. The pushover analyses suggest that the shear failure of the second and third story columns occurs earlier than before seismic retrofit. According to the results of the earthquake response analyses, it seems that the secondary stiffness of walls may govern the overall behavior of the RC building. In addition, it confirmed that the third story column was failed in shear as with the actual damage by earthquake.

1. はじめに

前報(その1)では、被災した耐震補強後 RC 造建物に対してファイバーモデルを構築し、地震応答解析を行った。本報(その2)では、地震応答解析結果を通じて、破壊メカニズムの把握および被害が顕著だった構面に対する実被害との比較を行った。

2. プッシュオーバー解析による性能確認

Fig.1 に補強前後の建物に対するプッシュオーバー解析から得られた層せん断力-層間変形角関係を示す。層せん断力分布は、Ai 分布に基づいて算定し、1 層から順に、1,1.67,1.85 という比で载荷を行った。1, 2 層に注目すると、鉄骨ブレースの補強効果で剛性が高くなっていることが確認できる。また、鉄骨ブレースは層間変形角 0.15%付近で降伏するまで一定の剛性を有しているため、柱のひび割れ後の剛性に与える影響は特に大きいと考えられる。

Fig.2 に腰壁・垂壁により短柱化した各層の柱について、補強前後におけるそれぞれの柱せん断力-頂部変形角関係を示す。また、併せてブレースの挙動も示す。補強前では 1 層のみがせん断破壊しているのに対し、補強後では 2,3 層のせん断破壊のタイミングが 1 層とほぼ等しくなっている。また、ブレースの挙動を確認すると、柱がせん断破壊したタイミングではまだ降伏には至っていない。そのため、対象建物はブレースの補強効果を十分に発揮する前に、腰壁・垂壁によって短柱化した 3 階の柱がせん断破壊したと考えられる。

3. 地震応答解析結果の考察

3.1. 破壊メカニズムの把握

Fig.3 に地震応答時のイベントごとに色分けした各層の層せん断力-層間変形角関係を示す。はじめの 95

秒から 115 秒までの黒線の時刻歴では、入力加速度が低いため、どの層も弾性範囲に収まった。その後、115 秒からの黄緑色の時刻歴では、入力加速度が大きくなったため、柱の塑性化が始まった。そして、水色の時刻歴では塑性化がさらに進展したため、大きく変形が進んだ。およそ 120 秒以降の橙色の時刻歴では、入力加速度が再び小さくなったため、最大変形には至らなかったと考えられる。

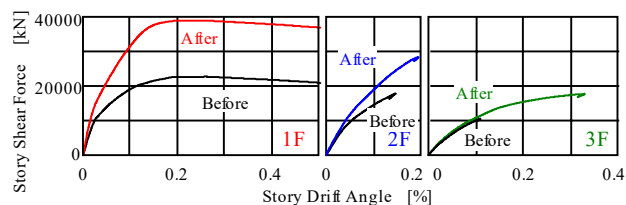


Fig.1 Calculated Result by Pushover Analysis

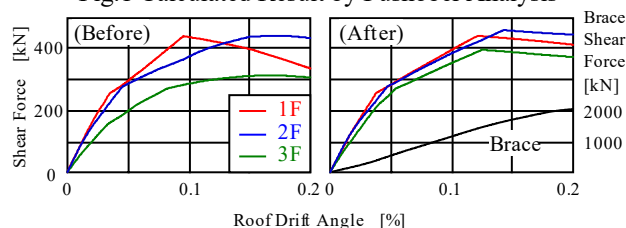


Fig.2 Shearing Force-Drift Angle Relation of Columns

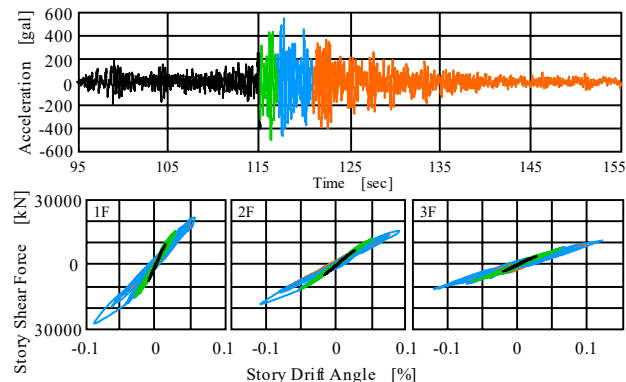


Fig.3 Calculated Result by Dynamic Analysis

Fig.4 に 3 層の時刻歴応答変形および構面ごとの時刻歴応答せん断力を示す。時刻歴は最も応答の大きい 118 秒から 120.5 秒に注目した。また、併せて 3 層の平面図を示す。3 層の構面は、曲げ破壊型柱が多い構面とせん断破壊型柱が多い構面、耐震壁がある構面の計 3 つである。時刻歴応答せん断力から、118 秒付近では、せん断柱の構面、壁構面、曲げ柱の構面の順に大きなせん断力を負担している。しかし、119.5 秒付近の最も大きな変形を経験するときには、壁構面よりも曲げ柱の構面の方がせん断力を負担している。さらに、その後も壁構面の負担せん断力が低下している。これは壁構面の塑性化が進展し、大きく剛性低下したためである(Fig.5)。この傾向は、1,2 層にも見られ、各層の変形量には耐震壁の二次剛性が大きく影響していると考えられる。ただし、Fig.6 に壁構面の立面図を示すが、壁部分は連層壁や有開口壁、連続壁と複雑な形状をしているため、詳細なモデル化の検討が必要である。

3. 2. 実被害に対する柱の損傷状態の確認

Fig.7 に実被害で柱がせん断破壊した構面の立面図と地震応答解析結果から得られた柱のせん断サブ要素のせん断力-変形関係を示す。また、比較のために各柱の実被害の損傷度を併せて示した。なお、対象とする構面は、Fig.4 の平面図におけるせん断破壊型柱が多い構面を指している。

せん断サブ要素の挙動を見てみると、各層の層間変形角の関係とおおよそ対応した変形量となっていることが分かる。なお、グラフ上の紫色の点線は柱のせん断破壊時変形を示しており、⑰の 3 層の柱のみがせん断破壊をしていることが分かる。このことから、実被害と同様の傾向が模擬できたと考えられる。なお、今回は腰壁・垂壁を剛域として簡易にモデル化しているため、本来ならば曲げ柱となるものもせん断柱となっている。そのため、今後は腰壁・垂壁をトラス要素で

モデル化していく予定である。また、3 層の柱のせん断変形が実被害と比べて小さくなった原因として、杭の影響が考えられる。実被害では杭が損傷しているため、今後は杭のモデル化を行う必要がある。

4. まとめ

- (1) プッシュオーバー解析結果から、ブレース補強を施したことで、2,3 層の短柱のせん断破壊のタイミングが早まったことを確認した。
- (2) 地震応答解析結果から、各層の変形量には耐震壁の二次剛性が大きく影響していることが分かった。そのため、耐震壁のモデル化は今後の課題である。
- (3) 地震応答解析では実被害と同じく 3 層の柱のみがせん断破壊した。しかし、雑壁や杭による影響が考えられるため、そのモデル化は今後の課題である。

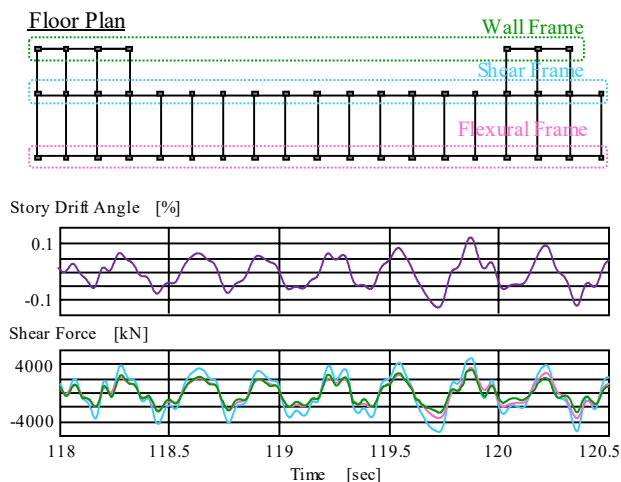


Fig.4 Time History of Story Drift Angle and Shear Force

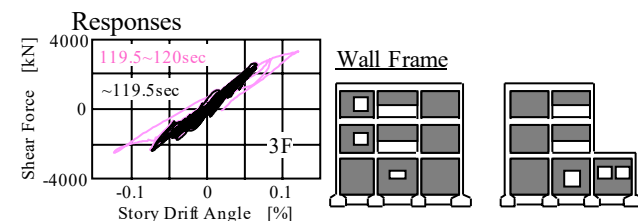


Fig.5 Dynamic Responses of Wall Frame

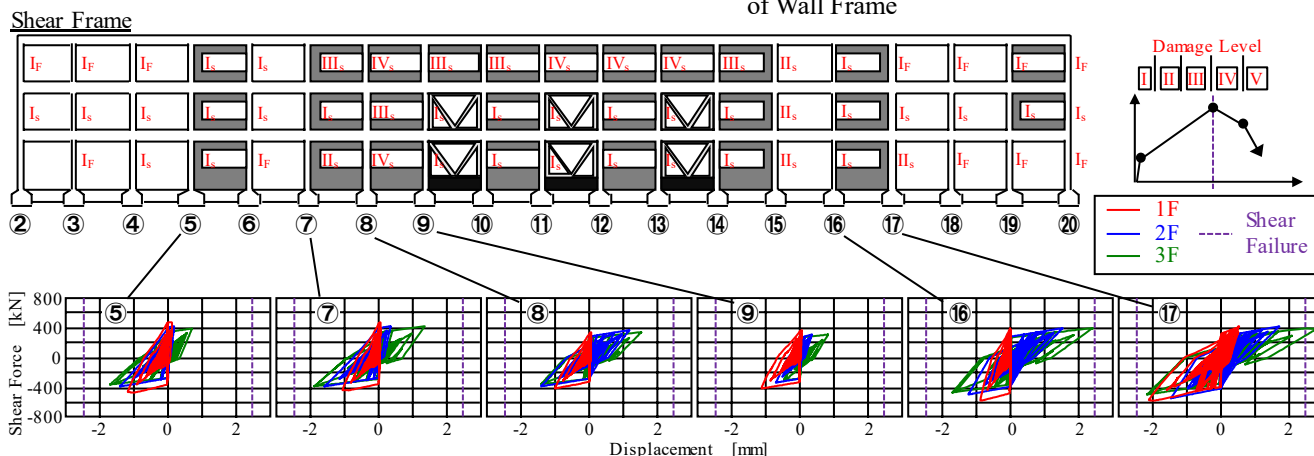


Fig.7 Dynamic Responses of Shear Sub-Element