

2004 年新潟県中越地震における耐震補強した R C 造建築物の被害

Damage of a Strengthened R/C Building during the 2004 Mid Niigata prefecture Earthquake

本多 良政*¹, 加藤 大介*², 中村 友紀子*³

HONDA Yoshimasa, KATO Daisuke, NAKAMURA Yukiko

2004 年新潟県中越地震において、被害を受けた耐震補強した片廊下型の RC 造校舎の被害と耐震性能の関係について報告している。この校舎は、旧耐震設計法で設計され、2004 年に一部耐震補強を行っている。補強していない廊下側の壁柱は損傷度 V の被害を受け、補強が完了していた部材は軽微な被害であった。現状の 1、2 階の耐震性能指標は 0.71、0.58 となっており、耐震補強が十分でなかった。本校舎の耐震性能の不足のために地震により被害を与えたと考えられる。

Keywords The 2004 Mid Niigata prefecture Earthquake, R/C building, Strengthening, Seismic Capacity Assessment of Existing Reinforced concrete Buildings, Damage level of seismic responses

新潟県中越地震、RC 造建物、耐震補強、耐震診断、被災度

1. はじめに

2004 年 10 月 23 日に発生した新潟県中越地震は、多くの建物に被害を与えた。被害を受けた RC 造建物の中には、耐震補強を施したのものもあった。耐震補強は耐震性の低い建物の地震時における被害を軽微なものにするために行われている。

本報告では、小破の被害を受けた耐震補強した RC 造建物の被害と耐震性能との関係を報告する。

2. 対象建物の概要

本報告で、対象とした建物は旧耐震設計法で設計され、2004 年に補強された TG 高校の AC 棟とした。表-1 に本建物の概要を、また、本建物の 1 階平面図を図-1 に示す。本建物は、RC 造 3 階、桁行方向がラーメン構造で、梁間方向が耐震壁付ラーメン構造となっている。1 階には、梁間方向にピロティ柱が含まれている。基礎形式は直接基礎である。平面は片廊下型(A-2 タイプ)となっ

ており、柱割りは 1 教室で 1 スパンになっている。廊下側の柱は扁平な壁柱となっている。本建物は 1966、67 年に建設された。

2004 年に、耐震補強設計を行ない、地震発生前までに一部の耐震補強が完了している。耐震補強内容は新設鉄

表-1 建物概要

建物名称：TG 高校 AC 棟
構造：鉄筋コンクリート造
階数：3 階
架構形式：桁行方向：ラーメン構造(9 スパン) 梁間方向：耐震壁付ラーメン構造(4 スパン)
基礎形式：直接基礎
建設年：1966,1967 年
耐震補強設計：2004 年実施
補強内容：新設鉄骨 K 型ブレース(2004 年一部完了) 増設 RC 造耐震壁(2004 年一部完了) 増設 RC 造袖壁(2004 年一部完了)

*1 新潟大学大学院 大学院生・修(工)

*2 新潟大学工学部 教授・工博

*3 新潟大学工学部 講師・博(工)

Graduate student, Graduate school of Niigata Univ., M. Eng.

Professor, Niigata University, Dr. Eng.

Lecturer, Niigata University, Dr. Eng.

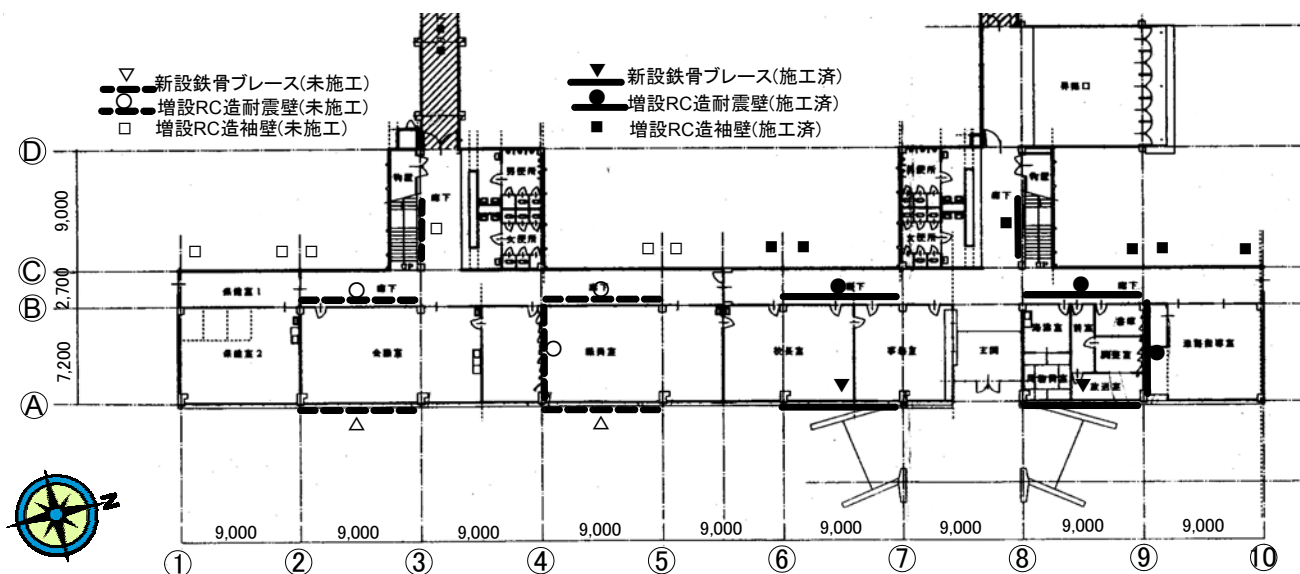


図-1 対象建物の1階平面図

骨K型ブレース、増設 RC 造有開口耐震壁及び増設 RC 造袖壁となっており、設置箇所は図-1に示した通りである。なお、現在補強が完了している箇所は図中の塗潰した部分である。6通りから10通りの間では、耐震補強が完了していた。写真-1は新設鉄骨K型ブレースによる補強状況を示している。このブレースは既存 RC 造腰壁と梁下端の間に設けられている。

3. 被害建物の近傍の地震動

図-2は、被害建物から500m南に設置された防災科研のK-NET強震観測点で観測された地震動の加速度応答スペクトルである。図中には、本震のNS方向、EW方向及び10月23日6時34分の最大余震M6.5のNS方向のスペクトルを示している。この地点では、本震で計測震度6弱を計測しており、NS方向で最大加速度1,755galを、EW方向で最大加速度849galを記録している。最大余震では、最大加速度815galであった。加速度応答スペクトルを見ると、この地域の地震動は短周期が

卓越しており、RC造建築物にとって不利な地震動であったことがわかる。

観測点及び本建物周辺では、木造の建物が建っていたが、倒壊及び大破の被害を受けた建物は確認できなかった。また、観測点の隣にあった築10年未満のRC造集合住宅は、内装の破れや家具の転倒等が見られたが、構造体の被害は確認できなかった。

4. 被害概要と被災度判定

(1) 被害概要

図-3は桁行方向の鉛直部材の損傷度を示したものである。損傷度は、日本建築防災協会の「震災建築物の被災度区分判定基準」¹⁾により判定している。各鉛直部材に示した3つの損傷度は、各階の鉛直部材の損傷度を示している。1階C通りに損傷度IVの柱が2本、2階C



写真-1 耐震補強状況

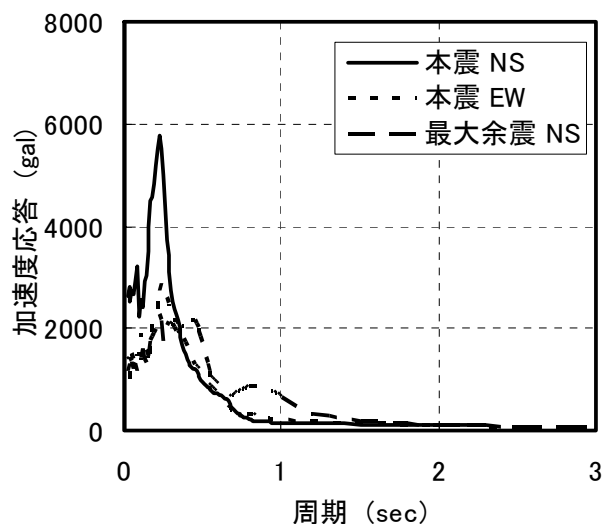


図-2 加速度応答スペクトル(NS方向)

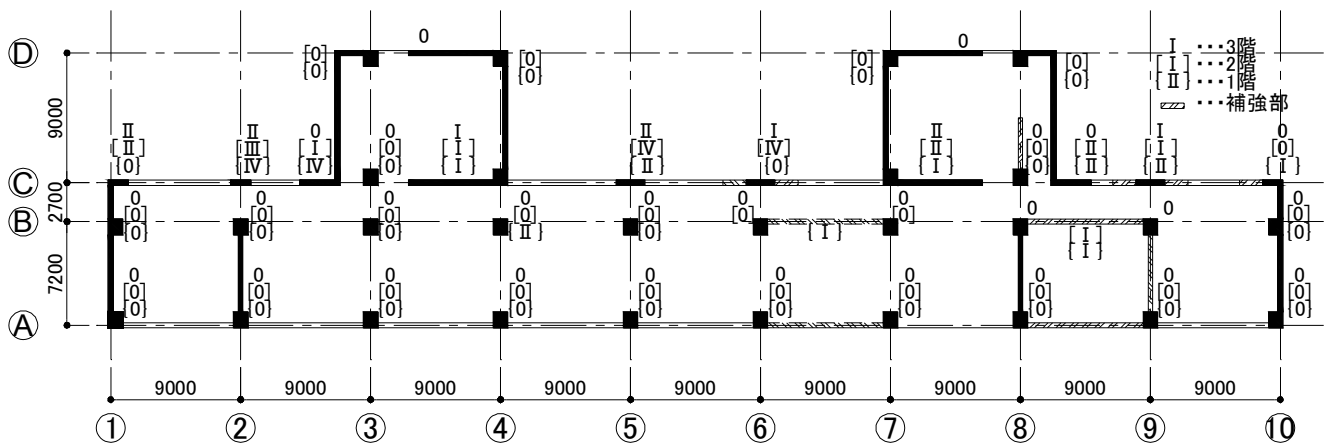


図-3 鉛直部材の損傷度

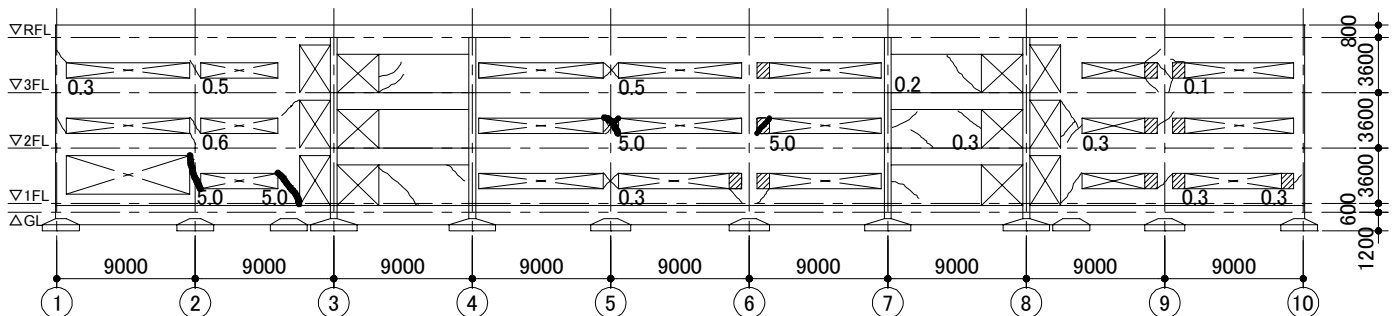


図-4 C通りのひび割れ状況

通りに損傷度IVの柱が2本確認された。それらの柱はすべてせん断破壊しており、1階の柱については主筋が座屈していた。A通り及びB通りの柱部材は被害がほとんどなかった。

増設 RC 造有開口耐震壁は、有開口の周りに軽微なひび割れが見られる程度の被害であった。この耐震壁が地震力に対してせん断抵抗して変形量を小さくしていたことがわかる。増設 RC 造袖壁補強されていた柱は軽微なせん断ひび割れ程度であったが、袖壁及び袖壁部周辺に被害が生じていた。

図-4は損傷がひどかったC通りのひび割れ状況を示

したものである。図中の数字はひび割れ幅を示している。補強予定であった1階2通りの壁柱はせん断破壊し、ひび割れ幅が5mmであった。また、6通りの壁柱は1階が両側増設袖壁付柱で、2、3階が片側増設袖壁付柱になっている。2階の柱は補強部分がせん断破壊をおこしていた。この柱は上下階の剛性の違いにより、2階に大きなせん断力が作用したと考えられる。9通りの柱は耐震補強が完了しており、両側増設袖壁付柱になっていた。この通りの柱では、柱部分に軽微なせん断ひび割れを起こした部材や、増設袖壁周辺に軽微なひび割れが確認された。増設袖壁と柱部分が分離してせん断抵抗したと考えられる。増設袖壁で補強していない部材が、せん断破壊し、補強した部材が軽微な被害となっていることを考えると、内法高さの低く扁平な柱をせん断破壊させない補強方法として、両側増設袖壁は有効であるといえる。

建物の周辺には、地盤の沈下等が見られなかったために、基礎の損傷はないと思われる。

(2) 被災度判定

図-5は、(1)で示した損傷度より桁行方向の耐震性能残存率を算定した結果を示している。図中の数値は各階の耐震性能残存率を示している。

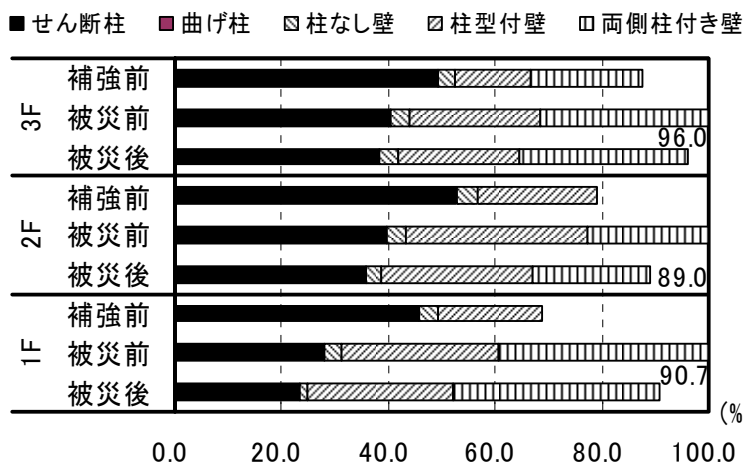


図-5 桁行方向各階の耐震性能残存率

なお、図中には、被災前の耐震性能を 100%とした補強前の耐震性能を被災度区分判定基準¹⁾により求めた結果も示した。被災後の耐震性能残存率Rは 89.0~96.0%となっていた。最も小さい値を示した2階で建物の被災度区分を判定すると、小破であった。また、被災後の建物の耐震性能は、補強前の耐震性能を確保できていることが図よりわかる。

耐震補強により耐震性能が向上した分、被災後の耐震性能の低下を抑えることができたと考え、本建物に耐震補強を施していない場合、中破以上の被害を受けていたと考えられる。

5. 耐震性能指標²⁾と被害の関係

本建物の耐震性能指標の推移を検証し、建物被害との関係を考察した。図-6は、梁間方向と桁行方向の耐震性能指標 Is 値の関係を示したものである。図中には、各階毎に補強前、補強後及び補強設計後の値を示している。この Is 値は、地域係数 Z=0.9 で割った値としている。また、図中の1点鎖線は耐震判定指標 Iso を示している。

補強前の状態では、桁行方向は各階とも判定指標を満足していない。梁間方向では、1階の耐震性能が若干不足しているが、2、3階の耐震性能は満足していた。しかし、桁行方向では各階共に耐震性能指標 Is 値が耐震判定指標 Iso(=0.7)を大きく下回っており、これが建物の耐震性能を低くしていることがわかる。

地震が発生する前までに施された耐震補強により、1階及び3階の Is 値が耐震判定指標 Iso より高くなっており、耐震性能が改善されたことがわかる。しかし、2階については、耐震補強したにも関わらず、Is 値が Iso より低くなっており、十分な耐震補強が施されなかった。

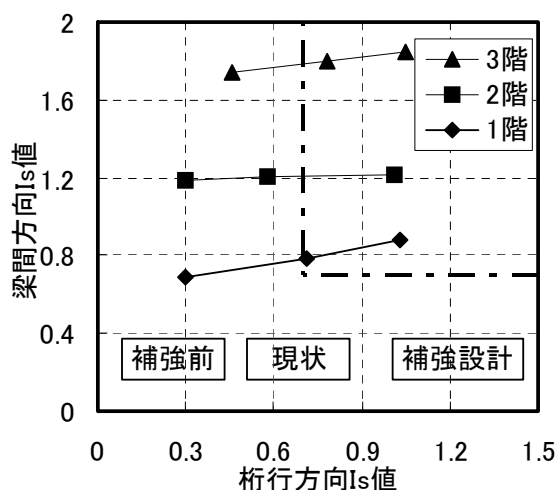


図-6 耐震指標

今回の地震において、2階の被害が最も大きく、他の階に比べ被害が大きくなった理由の1つとして耐震性能の不足が考えられる。また、地域係数 Z を 1.0 として、地震の発生頻度期待値を無視した場合、1階の Is 値は Iso より小さくなり、大地震に対する耐震性能が不足していたことがわかる。これが、1階で被害を受けた理由であると考えられる。

また、同図では耐震補強設計後の耐震診断結果を示してある。当然ではあるが、補強設計後の耐震性能指標は耐震判定指標 Iso を大きく上回っていた。現状の補強で、建物の被害が小破となっているので、地震発生前に耐震補強が設計通りに施工されていた場合、建物の被害を軽微にすることができたと思われる。

6. まとめ

新潟県中越地震で、小破の被害を受けた耐震補強した RC 造校舎の被害と耐震性能について検討した結果、以下のことがわかった。

1. 廊下側の補強されていない壁柱では、せん断破壊の被害をうけていた。一方で、設計通りに耐震補強した部材においては、軽微な被害であった。
2. 建物の耐震性能残存率を算定した結果、2階の損傷が大きいことがわかり、耐震性能残存率Rは 89.0%で、建物の被災度区分は小破だった。
3. 現状の耐震性能指標 Is 値を算出した結果、2階だけが Is 値が 0.7 より小さくなっており、小破の被害となった原因の1つであることがわかった。

謝辞

本報告をまとめるにあたって、新潟県教育庁及び新潟県設計協同組合でまとめた耐震診断報告書及び耐震設計報告書を参照した。地震動のスペクトルの作成においては、防災科研の K-NET 強震観測記録を利用させていただきました。また、TG 高校においては、被災後の建物調査を快く引き受けていただきました。ここに、感謝の意を表したいと思います。

参考文献

- 1) 日本建築防災協会：震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針、2001.9
- 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、2001.10.