

鉄筋コンクリート二次壁の近年の地震被害とその軽減に向けて

大阪大学大学院工学研究科 地球総合工学専攻
建築工学部門 建築構造学講座 教授

眞田 靖士

1. はじめに

地球総合工学という名称は聞きなれない読者も多いのではないかと思います。私の専門はいわゆる建築学の構造分野です。日本は地震国ですので、ほとんどの建築構造の設計は地震力に対する設計で、耐震工学を専門としています。という自己紹介であればご理解いただきやすいと思います。なかでも校舎や住宅などとして普及している鉄筋コンクリート（RC）構造を主に扱っています。

このたびは研究紹介の機会をいただきましたので、RC建築構造で現在、何が問題なのか？を近年の地震災害を通して紹介し、どこへ向かおうとしているか？を研究活動の紹介を通して少し話題提供させていただきます。

2. RC建物の近年の地震被害の傾向

『新耐震設計法』という言葉をご存知でしょうか？『新』という言葉で誤解が生まれそうですが、1981年の建築基準法改正で導入された大地震に対しても人命を保護することを目的とする設計法のことを指します¹⁾。この設計法により建物の耐震性能は飛躍的に向上し、1995年の阪神大震災でその効果が実証されました。すなわち、建物が構造設計された時点として1981年を境界に被害率に明瞭な差が確認されました。別の表現をすれば、1981年以前に設計された建物の一部に倒壊などの人命に深刻な被害が見られました。こうした建物は『既存不適格建物』（当時の建築基準法に適合しない建物）と呼ばれ、日本で大きな社会問題となりました。次の大地震で被害が繰り返されることが容易に予見できたためです。これを回避するために、『耐震診断』『耐震補強』が普及し、阪大のキャンパスも大部分の耐震化が果たされたことはご承知の通りと思います。

こうした経緯を経て、日本の建物の大地震に対する安全性は大きく改善が進みました。その効果は2011年の東日本大震災や、2016年の熊本地震でも実証されています。さて、それでは現在、何が問題になっているのでしょうか？その一例を写真1に示します。集合住宅の壁が著しく損傷しています。実はこれらの壁は非構造壁と呼ばれ、

建物の構造設計には考慮されておらず、大きく損傷しても建物の安全性には影響がない部材として扱われています。しかし、居住者の視点で考えてみてください。ご自宅の被害として許容できるでしょうか？多くの方は許容できないと感じるのではないのでしょうか？かつては、このクラスの地震では建物の安全性にすら不安があったため、命の安全さえ守られれば満足できたかもしれません。しかし、現在では建物の安全性は大きく改善されたため、命の安全はもちろんのこと、被災後の生活や建物の財産価値の維持など、別のニーズが生まれています。『安全』だけでなく『安心』が求められる時代になったと考えています。



写真1 RC二次壁の地震被害例
(左：東日本大震災、右：熊本地震)

3. 二次壁を対象とする実験研究

そろそろ本題の研究の話題に移ろうと思います。写真1に示した非構造壁ですが、構造計算では考慮されていませんが、その主要な材料は柱や梁などと同じくコンクリートですので、実際には建物の構造性能にも少なからず影響しているのではないかと指摘されてきました（そのため、私たちは意図して『非構造壁』ではなく『二次壁』と呼称するようにしており、以下でもそのように表記します）。しかし、実験的な研究が少なく、その真偽は不明でした。さらに現状の耐震設計について補足すると、こうしたよくわからないものには蓋をするため、二次壁を柱や梁から完全に切り離して（耐震スリットなどと呼ばれる）被害の軽減を図る手段が普及しています。この方法は写真1の被害の軽減には有効ですが、ひょっ

とすると地震力をある程度負担できるかもしれない二次壁の耐震部材としての可能性の芽を摘んでしまっていると捉えることもできます。

そこで、筆者の研究室では東日本大震災後に科研費の補助を受けて写真1左の仙台で被災した集合住宅のバルコニーに面した架構（板状マンションの1住戸の幅に相当する1層1スパン架構）を模擬した1/2.5スケールの模型を図1のように製作し、実験を実施しました。実験のポイントは、柱に特殊な荷重計を組み込むことで、二次壁が負担する地震力を計測した点です。図2がその実験結果で横軸が地震力（水平力）による架構の水平変形、縦軸が負担した地震力を表します。上の図が模型全体、下の図が二次壁の構造性能です。とくに縦軸に着目いただくと、二次壁が全体の1/3程度の地震力を負担しています。すなわち、両側の柱と遜色がない構造性能を発揮

しています。ただし、構造部材として耐震設計されていませんので、小さい変形（上下の図で横軸が異なるのでご注意ください）で破壊し、地震力を負担できなくなったことがわかります。こうした高い抵抗力が得られる原理についてはやや話が専門的になりますので、ご興味があれば文献²⁾などで詳細に解説してありますので、ご参照いただければ幸いです。

以上の実験結果より、建物が中小の地震によって比較的小さい変形を受ける場合は二次壁も耐震性能に大きく貢献しますが、大地震によって大変形を受ける場合は柱や梁よりも早く破壊してしまう、ということがわかりました。先述のように、最近の建物の構造設計では二次壁の効果を完全になくす技術が普及していますが、二次壁を積極的に耐震部材として利用する新しい考え方に繋がる成果が得られました。

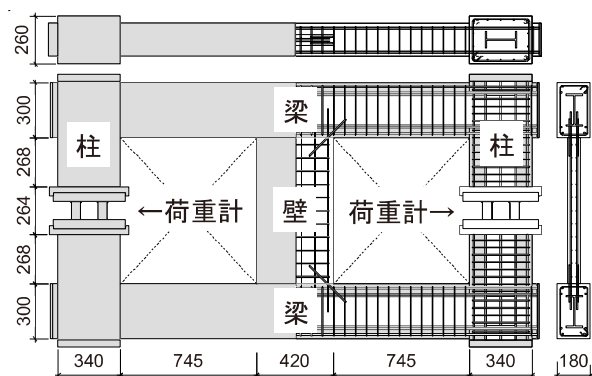


図1 実験で用いたバルコニー面の架構の模型
(左：立面図，右：配筋図)

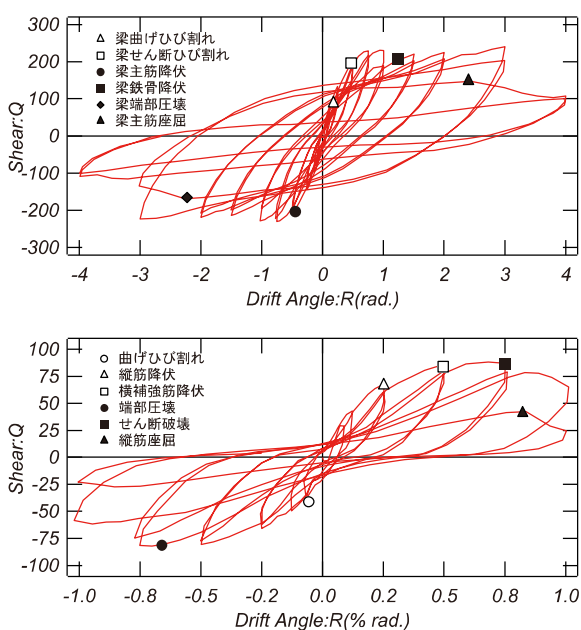


図2 架構全体と二次壁の地震力負担の比較
(上：架構全体，下：二次壁)

4. 二次壁の損傷抑制法の提案と検証

上記の研究成果を受けて、二次壁の構造性能を積極的に利用する新しい耐震設計の可能性を検討するため、手始めに二次壁の損傷を抑制する技術開発を試みています。図3右に示すように、壁の中に配置される鉄筋を上下で切断し、圧縮に強いコンクリートを中心に地震力に抵抗させることを狙ったものです。文献³⁾では、この技術により二次壁を地震後に修復することなく継続的に使用できる限界となる変形を、従来型の約3倍に向上できることが確認されています。現在もこうした損傷抑制型の二次壁を利用することで、建物全体としての耐震性能の改善効果を分析するとともに、一般の居住者にもわかりやすい表現で表すことを試みています。

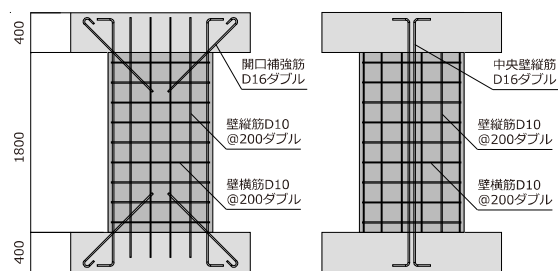


図3 損傷抑制型の二次壁の開発
(左：従来型，右：損傷抑制型)

5. まとめ

RC建物の耐震安全性は、約15年前の阪神大震災の当時よりもはるかに向上している現状をご説明し（建物を個体ではなく集合として捉えています）、その結果、今何が問題になっているか？そのために今何を研究しているか？

について紙面をお借りしてご紹介しました。耐震技術の発展とともに、安全性については改善が見られますが、それが必ずしも居住者の『安心』を実現しているわけではありません。技術の発展とともに価値観が変化し、ニーズも高度化しています。『安心』な建築の実現が現在そして近い未来に求められており、その実現に貢献できるような研究成果の創出に取り組んでいます。

6. 参考文献

- 1) 真田靖士：鉄筋コンクリート構造の技術的変遷 第4回 新耐震設計法の開発, ビルディングレター, No.645, pp.1-11, 2019.9
- 2) 小塩友斗, 真田靖士, 金裕錫：主体架構と一体のRC造方立壁の構造性能評価, 日本建築学会構造系論文集, Vol.80 No.713, pp.1145-1153, 2015.7
- 3) 松尾啓斗, 水谷駿介, 尹ロク現, 真田靖士：RC造方立壁の損傷制御法に関する提案と検証, コンクリート工学年次論文集, Vol.41, No.2, pp.757-762, 2019.7

(横浜国立大学 建築学科 平成8年卒

東京大学 建築学専攻 10年修士 13年博士)