

小開口を有する RC 造方立壁の耐震診断に関する基礎研究 — 縮小試験体を用いたせん断耐力の検討 —

中村 慎* 藤田 正則**

Basic Study on Seismic Evaluation of RC Partial Walls with Small Openings - Examination of Shear Strength by Small-scale Specimens -

Makoto NAKAMURA* Masanori FUJITA**

1. 本研究の背景

近年の大地震では、現行の耐震基準を満足しない既存不適格建築物のみならず、耐震的には問題ないとされた建築物の非構造部材が破壊する事例が確認されている。RC 造建築物においては、雑壁が破壊することで機能性や使用性が損なわれ、震災後の継続利用が困難になる場合があり、同様の被害を防止するための雑壁の損傷抑制や改修に関する研究が多数実施されている(例えば¹⁾)。

ここで、方立壁をはじめとする RC 造の雑壁は、新築工事の設計では非構造壁(構造耐力に寄与しない部材)として、耐震診断・耐震改修においては構造壁(構造耐力に寄与する部材)として扱われることが多い。現状では必ずしも構造壁として取り扱う決まりがないため、ときに簡易な検討をもってその撤去、部分撤去(小開口の追加などを含む)が実施されることがある。しかしながら、小開口の追加等の部分撤去がなされた雑壁の力学的性状は、方立壁だけを取ってみても、その研究事例がほとんどみられない。より正確に建築物の耐震診断・改修設計を進めるためには、小開口を有する雑壁についてもその評価方法を検討する必要がある。

2. 本研究の目的

既往の研究では、1/2 スケールの小開口を有する方立壁付き RC 造骨組の水平載荷実験を実施し、そのせん断耐力等を確認している。

本研究では、既往の研究に引き続き、水平載荷実験の方立壁を模擬した縮小試験体を製作する。開口の有無や数、その補強の有無等をパラメータとした静的載荷実験を行い、そのせん断耐力を耐震診断基準(以降、診断基準という)²⁾に基づき検討する。

3. 方立壁を模擬した縮小試験体の静的載荷実験

3-1. 実験概要

RC 造骨組の水平載荷実験(以降、水平載荷実験という)で確認した小開口を有する方立壁のせん断耐力について、壁板(柱なし壁)

のみを抽出した縮小試験体を製作し、検討する。逆対称曲げを受ける柱や壁等のせん断実験には建研式加力(例えば³⁾)、梁のせん断実験には大野式加力などが多く採用されるが、本研究では基礎的なデータ採取を目的とし、単純梁式の加力方法を用いる。図1に曲げモーメント分布の想定を示す。RC 造骨組み試験体の a 部に着目し、その応力状態を模擬する1点載荷3点曲げの壁板の実験として計画する。

試験体一覧を表1に、試験体形状を図2に示す。図2の a) に示す小開口付き試験体(No.1)を基準試験体とする。No.1R は No.1 と同形状の壁板に開口補強筋を加え、開口補強の影響を確認する。No.0 は開口なしとし、開口有無の影響を確認する。No.2 は No.1 の開口下部に小開口(呼び径 50φ, 実径約 57mm)を追加した壁板とする。

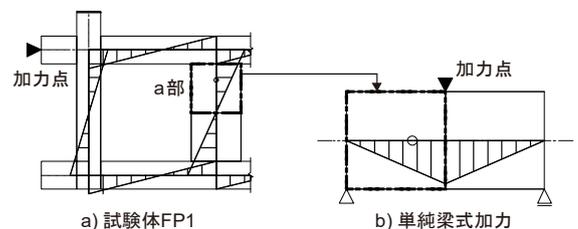


図1 試験体の曲げモーメント分布の想定

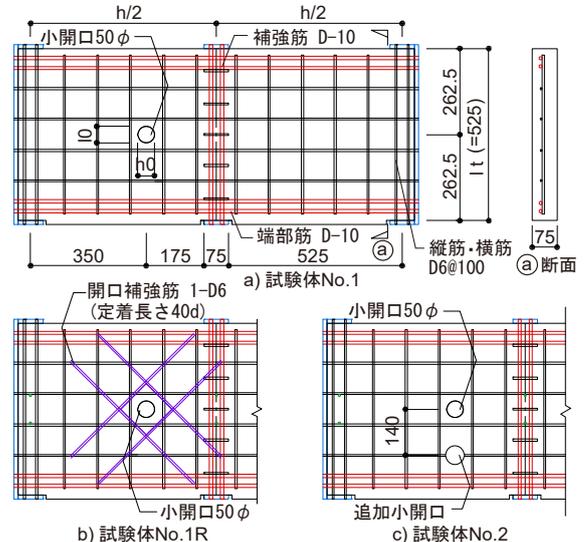


図2 試験体形状

* 助教 建築学部建築学科

Assistant Professor, Dept. of Architecture and Building Engineering

**教授 建築学部建築学科

Professor, Dept. of Architecture and Building Engineering

表1 試験体一覧

試験体	l_t mm	h mm	l_0 mm	h_0 mm	l mm	せん断耐力等の低減率			圧縮強度 N/mm ²	M_u kN・m	Q_{mu} kN	Q_{su} kN	Q_{su}/Q_{mu}	F値	破壊形式
						r	r_2	r_1							
No.0	525	1125	0	0	450	1.000	1.000	1.000	21.1	31.9	56.7	81.0	1.43	1.71	曲げ壁
No.1,1R			50	50		0.889	0.889	0.895	20.9	31.9	56.7	71.1	1.25	1.42	曲げ壁
No.2			107	53.5		0.762	0.762	0.776	22.6	31.9	56.7	63.0	1.11	1.18	曲げ壁

追加の小開口はコアドリルを用いて穿孔し、壁の縦筋を1本切断した。なお、2つの小開口は診断基準の解付図2-7(複数開口を有する壁)を参考に、2つの開口間の距離(mlw)を2つの開口間の高さ(mh_w)の1.5倍以上の約87mmとし、開口間の壁に圧縮場が形成される想定とした。載荷は1000kNの万能試験機を使用し、一方向の単調載荷とする。試験体は耐力が最大耐力の80%以下になるまで載荷を継続する。

3-2. 実験結果

せん断力-部材角関係を図3に示す。ここで、せん断力 Q は単純梁式の加力方法より、載荷時の荷重 P の1/2とし、部材角は壁板の構造芯の傾きより算定する。

開口なしのNo.0が最も早期かつ急激に耐力低下しているが、これは載荷部直下のPLと縦補強筋の定着部(溶接部)が破壊し、載荷部直下のコンクリートが支圧破壊したことによる。No.0を除いて比較すると、いずれの試験体も部材角1/150を超えた範囲で耐力低下し、その耐力低下の度合いは開口補強筋ありとしたNo.1Rが最も緩やかになる。耐力低下が生じる部材角は水平載荷実験よりも遅れるが、これは加力方式の違いによる曲げ変形の影響と考える

3-3. 考察

(1) 診断基準の1次診断における強度指標の検討

水平載荷実験と同様に、診断基準の1次診断で実験結果を考察する。1次診断時の鉛直部材のせん断耐力を表2に示す。

計算値 Q_{C1} はいずれも開口部面積を低減して(A_{w3} から小開口の水平投影面積を除き)算定している。計算値 Q_{C1} はいずれも実験時のせん断力の最大値 Q_E を上回り、その余裕度は小開口ありの試験体で2.25から2.56となる。診断基準が定める τ_{w3} の低減までは要さず、開口部の水平投影面積の低減を行うことでせん断耐力を安全側に評価できた。

(2) 耐震診断基準の2次診断における強度指標の検討

水平載荷実験と同様に、診断基準の2次診断にて実験結果を考察する。2次診断時の鉛直部材のせん断耐力を表3に示す。

縮小試験体は壁板のみ(柱なし)となるため、 $Q_{E2}=Q_w$ となる。ここでは Q_{E2} に Q_{mu} を用いた場合と Q_{su} を用いた場合の両ケースとも算定している。実験値の Q_{E2} は表1のF値に対応する部材角時のせん断力より抽出する。ただし、No.0は対応する部材角以前に載荷を終了しているため、最大のせん断力を抽出する。

表3より、小開口ありのNo.1, No.1R, No.2の Q_{E2}/Q_{C2} はいずれも1.00以上となる。これによれば、水平載荷実験と同様に、一つあたりの開口周比がおよそ0.06となる小開口を有する方立壁のせん断耐力は、現行の診断基準と耐力壁のせん断強度低減率を準用して算定が可能であると考えられる。ただし、その破壊形式は Q_{su}/Q_{mu} が1.00以上でもせん断破壊となるため、そのせん断耐力は Q_{mu} および Q_{su} の小さい値とし、あわせて、破壊形式は Q_{mu} , Q_{su} の大小によらず、靱性がないものと考え、せん断破壊とする(せん断壁の $F=1.0$ を採用する)ことで、安全側に評価できるものと考えられる。

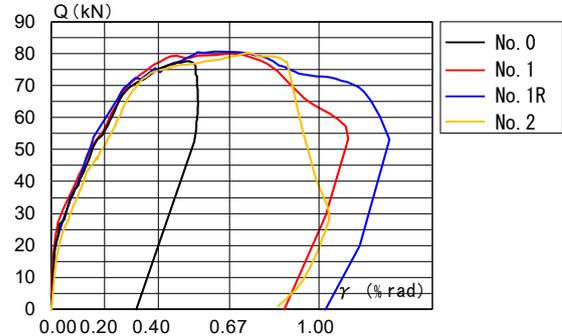


図3 せん断力-部材角関係

表2 一次診断による計算値と実験値の比較

試験体	Q_E kN	τ_{w3} N/mm ²	τ_c N/mm ²	Q_{C1} kN	Q_E/Q_{C1}
No.0	77.6	1.00	1.00	39.4	1.97
No.1	80.0	1.00	1.00	35.6	2.25
No.1R	80.6	1.00	1.00	35.6	2.26
No.2	80.3	1.00	1.00	31.4	2.56

表3 二次診断による計算値と実験値の比較

試験体	Q_{E2} kN	Q_{mu} kN	Q_{su} kN	Q_{E2}/Q_{C2}	
				Q_{E2}/Q_{mu} kN	Q_{E2}/Q_{su} kN
No.0	77.6	56.7	81.0	1.37	0.96
No.1	77.9	56.7	71.1	1.37	1.10
No.1R	79.1	56.7	71.1	1.40	1.11
No.2	77.7	56.7	63.0	1.37	1.23

4. 結

本研究では、一つあたりの開口周比がおよそ0.06となる小開口を有するRC造方立壁の縮小試験体を用いた静的載荷実験を行い、以下の知見を得た。

- 1) 診断基準の1次診断を用いた評価では、小開口部分の水平投影面積を除いてせん断耐力を計算することで、 τ_{w3} の低減までは要さず、せん断耐力を安全側に評価できる。
- 2) 診断基準の2次診断を用いた評価では、小開口を有する方立壁のせん断耐力を Q_{mu} と Q_{su} の小さい値とし、破壊形式は Q_{mu} , Q_{su} の大小によらずせん断壁とする(せん断壁の $F=1.0$ を採用する)ことで、実験時のせん断耐力を安全側に評価できる。

参考文献

- [1] 尹ロク現, 真田靖士, 松尾啓斗, 越智健太郎, 杉本佳奈, 損傷抑制型RC造方立壁の構造性能に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, 87(794), 362-371 (2022.4).
- [2] 中村慎, 藤田正則, 岩田衛, 小開口を有する方立壁の水平載荷実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), 2020, 651-652 (2020.9).
- [3] 日本建築防災協会, 2017年改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準同解説 (2017.7).
- [4] 前田匡樹, 建築分野におけるせん断耐力算定式の発展—実験式からトラス・アーチ理論式へ—, コンクリート工学, 51(9), 743-749 (2013.9).