

鉄骨ブレース補強された既存 RC 造骨組の耐震性能に関する検証実験 (その 1) 試験体概要

Verification Experiment on Seismic Capacity of Existing RC Frame Retrofitted with Steel Braces (Part1) Outline of Test Program

○内野卓¹, 田嶋和樹², 白井伸明²* Suguru Uchino¹, Kazuki Tajima², Nobuaki Shirai²

Abstract: Three test specimens, simulating old RC framed buildings, were designed according to the guideline of seismic evaluation and retrofit. They are referred to as RCW, RCWB and RCB, respectively. RCW is composed of three columns failing in highly brittle manner, and was designed so that the ratio (Q_{su}/Q_{mu}) of shearing strength (Q_{su}) to flexural strength (Q_{mu}) for all columns would be about 0.6. RCWB is the specimen in which one of two spans in RCW was retrofitted with steel brace. RCB is the specimen in which the spandrel wall in RCWB was removed to simulate structural slits.

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、耐震改修促進法の施行に伴って、既存鉄筋コンクリート（以下、RC）造建物に対する耐震補強が進められてきた。数ある耐震補強工法の中でも、比較的軽量で、適度な大きさの開口を設けられる鉄骨ブレース補強工法が数多く採用されている。この工法の補強効果は、主に単層単スパン骨組を対象として実験的に確認される場合が多く、補強架構が骨組全体に及ぼす影響については未解明な部分が多い。また、既存の学校建築等では、腰壁や垂壁が柱に取り付く場合が多く、補強の際にはこれらに対してはスリットを設けるなどの処置が要求される。しかし、雑壁が補強架構に及ぼす影響は明確でなく、スリットの有無が補強効果に及ぼす影響を検討した例も少ない。

筆者らは、これらの問題に取り組むに際して、鉄骨ブレース補強された RC 造骨組の各種破壊モードにおける抵抗機構を解明し、それに基づく数値解析モデルを構築した¹⁾。本研究では、構築した数値解析モデルの検証ならびに既存 RC 造骨組に対する鉄骨ブレース補強の補強効果の検証を目的として、1 層 2 スパン RC 造骨組に対する正負繰り返し水平加力実験を実施した。本報（その 1）では、試験体の概要を示す。

2. 試験体の設計

1960 年代に建てられた既存の学校建築を想定し、1/3 スケールに縮尺した 1 層 2 スパン骨組を設計した。Fig.1 に試験体の一覧を示す。試験体のパラメータはブレース補強の有無および雑壁に対するスリットの有無であり、雑壁付き無補強（以下、RCW）試験体、雑壁付き補強（以下、RCWB）試験体、および雑壁無

し補強（以下、RCB）試験体の 3 体を計画した。

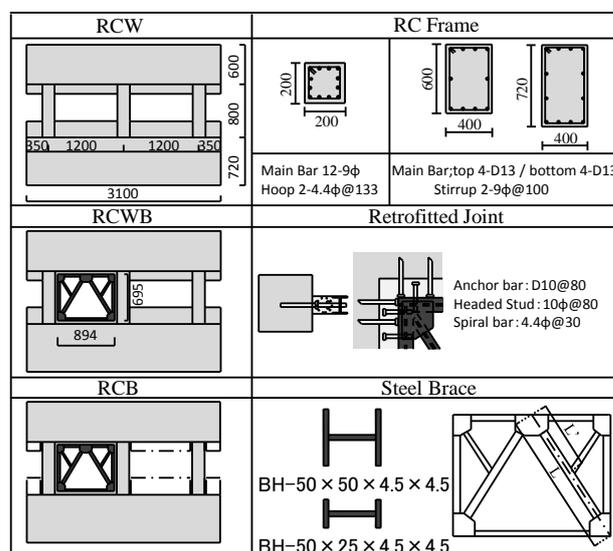


Fig.1 Configuration and Detail of Specimens

2.1. RCW 試験体

RCW 試験体の柱は、雑壁（垂壁、腰壁）が取り付くことで極脆性柱となっている。断面寸法は 200×200 mm である。この年代の建物の特徴として、コンクリートの設計基準強度が低く、主筋および帯筋に丸鋼が使用されており、さらに帯筋比が小さい点が挙げられる。この点を考慮して、各試験体ともコンクリートの設計基準強度は $F_c = 18 \text{ N/mm}^2$ とし、主筋には SR235 ($12-9\phi$, $p_g = 1.9\%$) を用いた。また、帯筋には細径の丸鋼 ($f_y = 291 \text{ N/mm}^2$, $2-4.4\phi$, $p_w = 0.095\%$) を使用した。その他、使用した鋼材の降伏強度ならびに引張強度を Table.1 に示す。雑壁は、厚さを 60mm とし、縦筋・横筋ともに 9φ の丸鋼を 100mm ピッチで配筋した。Table.2

1 : 日大理工・院（前）・建築 2 : 日大理工・教員・建築

に RCW 試験体を構成する雑壁付き柱の終局強度の計算結果を示す。ここで、曲げ終局モーメント M_u 、曲げ終局時せん断力 Q_{mu} およびせん断終局強度 Q_{su} の計算に際しては、以下の(1)~(3)式を用いた。

$$M_u = 0.8a_t\sigma_y D + 0.5ND \left(1 - \frac{N}{bDF_c}\right) \quad (1)$$

$$Q_{mu} = \frac{2M_u}{h_0} \quad (2)$$

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053p_t^{0.23}(F_c + 18)}{M/Q_d + 0.12} + 0.85\sqrt{p_w\sigma_{wy}} \right\} bj + 0.1\sigma_0 bj \quad (3)$$

なお、本試験体では、柱の軸力比として 0.25 を想定していることから、軸力 N として 180 kN を用いて計算を行った。また、本試験体の設計方針として、柱にせん断破壊が先行するように、柱のせん断余裕度として 0.6~0.7 を目標とした。これにより、RCW 試験体に対して算出した I_s 値 (2 次診断) は 0.32 となった。

Table.1 Mechanical Properties of Steel

Steel Type	Shape	σ_y (N/mm ²)	σ_t (N/mm ²)
Main Bar(Column)	9φ	235	380
Hoop	4.4φ	291	380
Main Bar(stub)	D13	295	440
Brace	BH-4.5	245	400
Anchor bar	D10	345	490
Headed Stud	10φ	295	440

σ_y :Yield Strength(N/mm²) σ_t :Tensile Strength(N/mm²)

Table2 Design Strength of Columns

Design Parameters	Notation	RCW & RCWB	RCB
Ultimate Moment(kNm)	M_u	23.1	23.1
Shear Force at M_u (kN)	Q_{mu}	115.3	57.7
Shear Strength (kN)	Q_{su}	72.2	49.3
Ratio of Q_{su} to Q_{mu}	Q_{su}/Q_{mu}	0.63	0.86

2.2. RCWB 試験体

RCWB 試験体は、RCW 試験体の一スパンの雑壁を取り除き、間接接合で枠付き鉄骨ブレース補強を施したものである。ブレース材の節点距離 L で算出した細長比 λ では、耐震改修設計指針^[2]に記載されている条件 ($\lambda \leq 58$) を満足しないため、座屈止めを設けた。また、アンカー筋は、試験体の施工を簡略化するため、あと施工ではなく、コンクリート打設時に予め試験体に埋め込んでいる。鉄骨には SS400 材を用い、ブレース材の断面は BH-50×50×4.5×4.5 とした。頭付きスタッドおよびアンカー筋はそれぞれ 80mm ピッチで配筋し、

補強接合部内にスパイラル筋も挿入した。補強接合部を充填するセメントグラウトの設計基準強度は $F_c = 30$ N/mm² とした。

補強架構の設計では、圧縮・引張ブレースの全断面が共に限界応力に達した状態の耐力が、スタッドおよびアンカー筋で決まる耐力を下回るようにした。なお、ブレース材の限界細長比 Λ および圧縮ブレースの限界圧縮応力度 f_{cr} は次式により算出した。

$$\Lambda = \sqrt{(\pi^2 \cdot E) / 0.6F} \quad (4)$$

$$f_{cr} = \left[1 - 0.4\left(\lambda/\Lambda\right)^2\right] F \quad (5)$$

RCWB 試験体の設計では、学校建築に要求される I_s 値 0.7 を満足することを目標とした。その結果、最終的な I_s 値 (2 次診断) は 0.85 となった。

2.3. RCB 試験体

RCB 試験体は、RCWB 試験体に 10mm 程度のスリットを設けた場合を想定し、雑壁自体を取り除いたものである。補強後の I_s 値 (2 次診断) は、RCWB 試験体と同様の 0.85 となった。Table2 に示すように、雑壁を取り除いたことによって柱の耐力は低下する。一方、変形性能は向上するため、結果として I_s 値が RCWB 試験体と同程度となったと考えられる。

3. まとめ

- (1) 1960 年代に建設された学校建築をモデルとする RCW 試験体は、せん断破壊先行型の極脆性柱を有しており、その I_s 値は 0.32 となった。
- (2) RCW 試験体に対して鉄骨ブレース補強を施した RCWB 試験体と、雑壁を取り除いた上で補強を施した RCB 試験体の I_s 値はいずれも 0.85 となった。

4. 参考文献

- [1] 山根康孝, 田嶋和樹, 白井伸明:「座屈またはパンチングシア破壊が生じる枠付き鉄骨ブレース補強後 RC 造骨組の抵抗機構に関する解析的検討」, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.2, pp.1075-1080, 2013.
- [2] 財団法人, 日本建築防災協会, 国土交通省住宅局建築指導課監修:「既存コンクリート造建築物の耐震改修設計指針 同解説」, 2001

【謝辞】

本研究の一部は科学研究費補助金(基盤研究(C), 代表者:白井伸明)の助成を受けて行われたものである。また、本研究の実施にあたり、海洋建築工学科の中西教授, 北嶋准教授ならびに中西・北嶋研究室から多大な協力を得た。さらに、実験の実施にあたっては、大型構造物試験棟の菊地氏の協力を得た。ここに謝意を示します。