

高強度コンクリートによる壁補強を行った RC 架構の実験的研究

(その1) 試験体及び載荷方法

東北地方太平洋沖地震 耐震壁 耐震補強
高強度コンクリート 載荷実験

正会員 ○岡田 徹也*1 正会員 高橋 広人*1
正会員 市之瀬 敏勝*1 正会員 前田 匡樹*2
正会員 Hamood ALWASHALI*2

1. はじめに

本研究の対象は東北地方太平洋沖地震で被災した鉄骨鉄筋コンクリート造 (SRC) 建物である。この建物は 2001 年に耐震補強が行われたが、耐震壁側柱に内部の鉄骨が座屈する被害を受けた¹⁾ (Fig.1 (a))。本建物は、耐震補強以前の 1978 年に宮城県沖地震を経験しているが、その際の被害は小さかったことが報告されている²⁾。これらの被害が異なった理由として、耐震補強に用いられたアンカーの抜け出しによる壁筋の不定着が柱の被害に影響を及ぼした可能性が考えられる。本研究では、この被害を再現すると共に、対策として有効と考えられる補強の構造性能を実験的に調べた。

2. 建物の応答推定と被害

対象建物には 2001 年の耐震補強の際に、あと施工アンカーを用いた既存梁との接合による耐震壁の打ち替えが行われたが、地震後の被害調査ではアンカーの抜け出しが確認された。3 階柱の脚部では Fig.1 (a) のようにコンクリートが粉砕し、鉄骨や鉄筋の座屈が確認されているが、耐震壁の被害はほとんど観測されなかったため、3 階柱の圧縮ひずみは小さかったと推察される。以上のことから、本研究ではアンカーの抜け出しにより変形が 3 階の耐震壁の脚部に集中し、Fig.1 (b) のように上部が剛体回転していたと考える。

3. 試験体

試験体の概略を Fig.2 に示す。実建物は SRC 造であるが、試験体は一般的な RC 架構とした。試験体は被害再現を行う通常補強試験体 WA、これにアンカーの抜け出し防止を目的とする補強を行った追加補強試験体 WB の 2 体とし、破壊の検証にあたっては、実建物でアンカーの抜け出しが確認された妻側 1 スパンの約 1/4 スケールとした。

壁の両側に取り付く柱について、正面左側を柱脚部で継手を行う下端継手柱、右側を中間部で継手を行う中央柱とした。

これは、主にアメリカなどで採用されている上階の柱主筋を梁天に突き立てて柱脚部で行う継手と、日本で通常行われる柱中間部での継手について、それぞれの構造性能を調べるためである。

フレーム部と壁を接合するアンカーには M8 の全ねじを用いた。なお、実建物のあと施工アンカーは 2-D13@150、埋込長さ 110mm であり、本試験体が約 1/4 スケールであることを考慮すると、本試験体の方が埋込が長い。

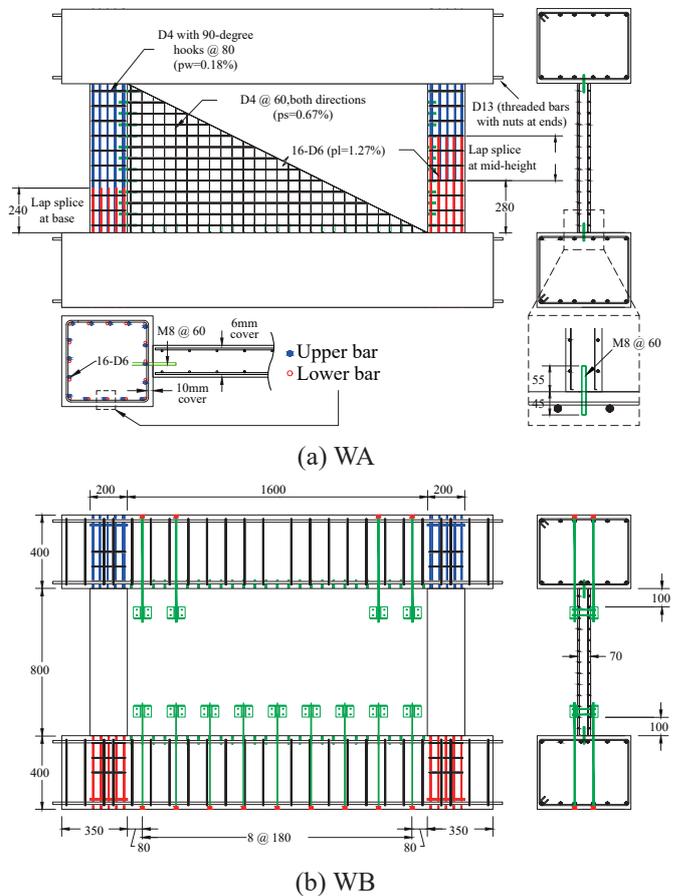


Figure 2. Specimen details

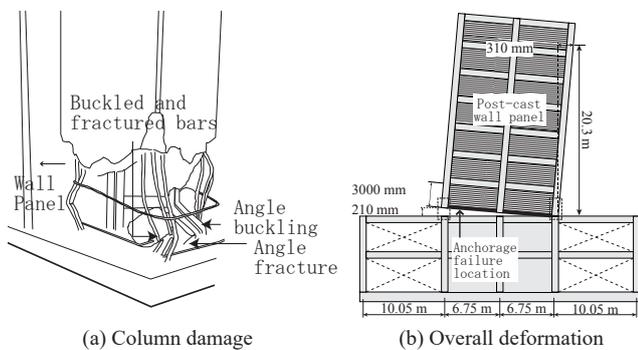


Figure 1. Damage to a SRC building caused by an earthquake

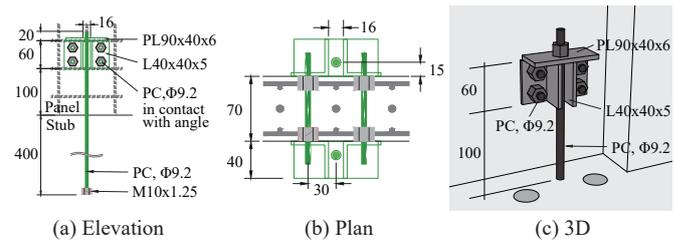


Figure 3. Bandage details

Experimental Study on Detailing in RC Frames Retrofitted with High-Strength Concrete Infills
Part 1 Specimens and Loading method

OKADA Tetsuya, TAKAHASHI Hiroto, ICHINOSE Toshikatsu,
MAEDA Masaki, Hamood ALWASHALI

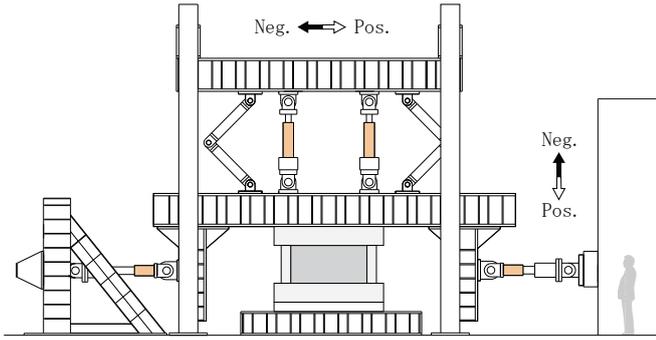


Figure 4. Test setup

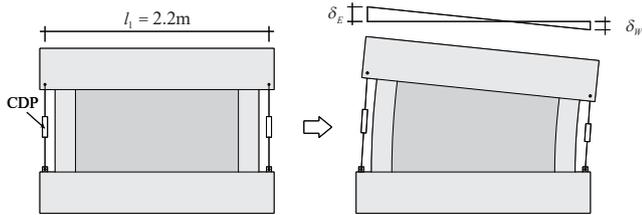


Figure 5. Rotation-measuring method

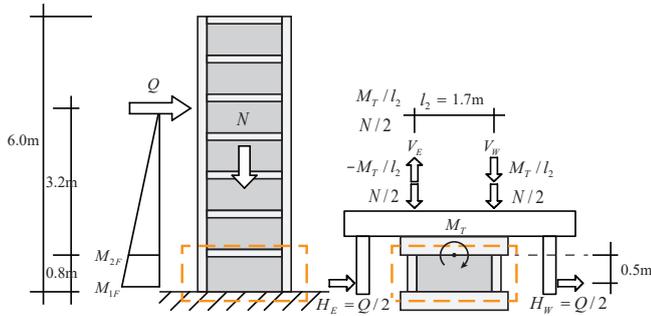


Figure 6. Concept and loading basis

追加補強試験体 WB では、通常補強試験体 WA で実建物の被害が再現されることを前提に、Fig. 3 に示すようにアンカーに代わって引張力を伝達する高強度の PC 鋼材で補強を加えることで引張変形が壁板内にも生じ、耐震壁本来の耐力が発揮されるように設計を行った。

5. 加力方法

Fig. 4 に加力装置を示す。水平方向の加力は左側から右側への载荷を、鉛直方向の加力は上側から下側への载荷を正方向と定義する。载荷プログラムは上スタブの回転角制御により正負両方向へ 2 サイクル加力するものとした。上スタブの回転角 R は、Fig. 5 に示すように上スタブ両端の鉛直変位 δ_E, δ_W の差を計測点間の幅 $l_1=2.2\text{m}$ で除した値とした。

$$R = (\delta_E - \delta_W) / l_1 \quad (1)$$

Fig. 6 に加力の概念図を示す。実建物を高さ 6m、1 スパン 2m の建物に置き換えた上で、地震荷重を集中荷重 Q として仮想加力点高さ 4m の位置に生じるものとする。高さ 800mm の最下層部耐震壁を試験体とし、Fig. 6 右側のように治具を介して加力を行う。集中荷重により、試験体に生じる曲げモーメントを底部で M_{IF} 、頂部で M_{2F} とすると、以下のようになる。

Table 1. Reinforcement material properties

		Yield stress	Ultimate stress	Elastic modulus
D4 (SD295)	Wall	379N/mm ²	517N/mm ²	182kN/mm ²
D6 (SD295)	Column	367	521	179
D13 (SD295)	Stub	352	503	181

Table 2. Concrete material properties

		Nominal strength	Measured strength	Elastic modulus
WA	Frame	20N/mm ²	19.5N/mm ²	21.9kN/mm ²
	Wall	60	66.0	32.8
WB	Frame	20	20.6	22.1
	Wall	60	73.7	35.0

$$M_{1F} = 4.0Q \quad M_{2F} = 3.2Q \quad (\text{kN} \cdot \text{m}) \quad (2)$$

また試験体に加力する際、水平ジャッキで制御するせん断力により試験体に生じる曲げモーメント M_Q は以下のようになる。

$$M_Q = -0.5Q \quad (\text{kN} \cdot \text{m}) \quad (3)$$

よって試験時に 2 つの鉛直ジャッキによって試験体頂部に生じる曲げモーメント M_T は以下の値となる。

$$M_T = M_{2F} - M_Q = 3.2Q - (-0.5Q) = 3.7Q \quad (\text{kN} \cdot \text{m}) \quad (4)$$

次に鉛直荷重の算出において用いる、上層部の自重により壁に生じる軸力 N を、以下の式を用いて算出した。

$$N = 0.15F_C A_g = 0.15 \cdot 20 \cdot (2 \cdot 200 \cdot 200) = 240 \text{ kN} \quad (5)$$

Fig. 6 に加力方法を示す。加力は水平ジャッキによってかかるせん断力 H_E に連動し、以下の荷重がかかるように水平荷重 H_E, H_W 、鉛直荷重 V_E, V_W を制御した。

$$H_E = H_W = Q/2 \quad (\text{kN}) \quad (6)$$

$$V_E = M_T / l_2 + N/2 = 3.7Q / l_2 + 240/2 = 2.2Q + 120 \quad (\text{kN}) \quad (7)$$

$$V_W = -M_T / l_2 + N/2 = -3.7Q / l_2 + 240/2 = -2.2Q + 120 \quad (\text{kN}) \quad (8)$$

6. まとめ

本報 (その 1) では、東北地方太平洋沖地震で被災した鉄骨鉄筋コンクリート造建物の被災状況に基づき、被害の再現と改善策の検証をそれぞれ目的とする試験体の計画と载荷方法について記した。通常補強試験体 WA で実建物の被害が再現されることを前提に、追加補強試験体 WB にはアンカーの抜け出し対策として高強度 PC 鋼材による引張力の伝達を図った。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 17H03341 の助成を受けたものです。また実験の実施には、Dr. Lucas Laughery さん、半沢 守さん、孫 憬玥さん、井出 彩葉さんの協力を得ました。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】

- 鈴木一希, 前田匡樹, 市之瀬敏勝, Alwashali Hamood: 東北地方太平洋沖地震で大破した SRC 造建物の被害と分析, コンクリート年次論文集, Vol.135, No.2, pp.1105-1110, 2013.6
- 志賀敏男, 柴田明徳, 渋谷純一, 高橋純一: 東北大学工学部建設系研究棟における強震応答実測とその弾塑性応答解析, 日本建築学会論文報告集, 第 301 号, pp.119-129, 1981.3

*1 名古屋工業大学

*2 東北大学

*1 Nagoya Institute of Technology

*2 Tohoku University