

低強度コンクリート部材の耐震性能評価に関する基礎的研究（その6）

準会員 ○吉岡 大介*1 正会員 高月 行治*2
 正会員 根口 百世*3 正会員 南 宏一*4

低強度コンクリート 耐震補強 耐震性能
 炭素繊維巻き付け補強 丸鋼

1. はじめに

日本建築防災協会の耐震診断基準¹⁾では、コンクリート圧縮強度が 13.5 N/mm² 未満のもの〔以下、低強度コンクリートという〕については、耐震診断および耐震補強の対象外とされている。その理由の一つとしては、コンクリート強度の低い部材や架構の実験的および理論的研究が十分ではなく、力学的性能の把握が不明確なことが起因していると考えられる。

そこで、低強度コンクリート柱部材の力学的性能について、本論ではコンクリート圧縮強度が 5 N/mm² 級および 10 N/mm² 級のコンクリートを用いて、主筋量を小さくした場合にどのような破壊性状となるのかを調べ、その耐力の評価方法について検討を行う。

2. 実験計画

本研究では表-1 に示されるように、コンクリート圧縮強度が 5 N/mm² 級および 10 N/mm² 級の低強度コンクリートを用いた柱試験体〔柱断面 300×300 mm²、内法高さ 900 mm〕を 11 体製作する。実験変数は、コンクリート強度の他に、引張鉄筋比、作用軸力比、炭素繊維巻き付け補強量とした。引張鉄筋比の違いとは、主筋量が等しく、力の作用方向による影響を調べるために、強軸方向に力を受ける場合と弱軸方向に力を受ける場合の 2 種類について行うものとする。既存建築物の柱は、設計段階から低強度コンクリートとなるように意図して作られたものではなく、何らかの原因で低強度コンクリートになったと考えられることから、部材に作用する軸力比は、コンクリート強度が小さくなるほど大きくなるといえる。また、地震時には、さらに高軸力を受けることも考えられるため、0.6 や 0.8 といった高軸力比の実験を行うものとする。

図-1 の試験体形状寸法に示されるように、主筋には丸鋼〔13φ〕を用いた。主筋に丸鋼を用いたのは、1965 年以前に建てられたもので低強度コンクリートとなっている学校校舎には、丸鋼を用いられたものが多いからである。ただし、せん断補強筋については、材料の入手が困難であったため、異形鉄筋を用いた。なお、主筋の定着は、主筋の上下端の定着部を介して行った。

本論では、5N/mm² 級の低強度コンクリート柱試験体〔No.17~No.20, No.25~No.27〕7 体についての比較を行う。

表-1 実験変数

シリーズ名 (加力方向)	No.	試験体名	軸力比 $N/(b \cdot D \cdot \sigma_c)$	引張鉄筋比 p_t [%]	CF補強
5N/mm ² 級 W シリーズ (弱軸方向)	17	L05240W	0.4	0.44	—
	18	L05260W	0.6		—
	19	L05280W	0.8		—
	20	L0528C2W	0.8		2層
10N/mm ² 級 W シリーズ (弱軸方向)	21	L10240W	0.4	0.44	—
	22	L10260W	0.6		—
	23	L10280W	0.8		—
	24	L1028C2W	0.8		2層
5N/mm ² 級 S シリーズ (強軸方向)	25	L05240S	0.4	0.74	—
	26	L05280S	0.8		—
	27	L0528C2S	0.8		2層

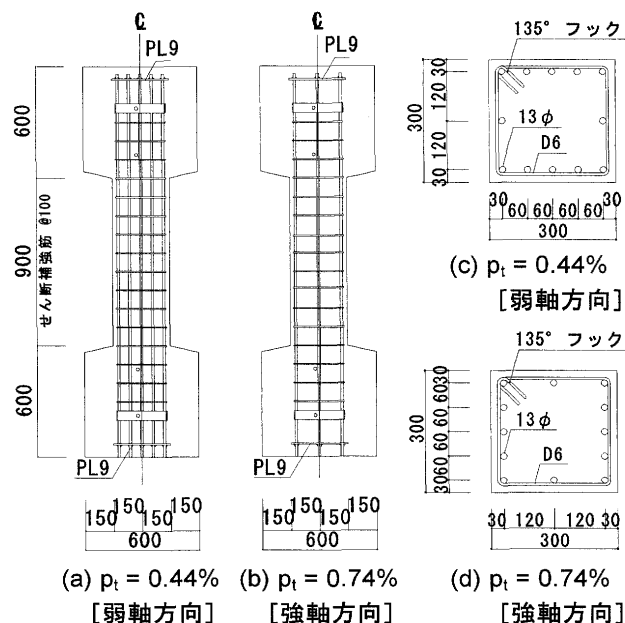


図-1 試験体形状寸法〔無補強試験体〕

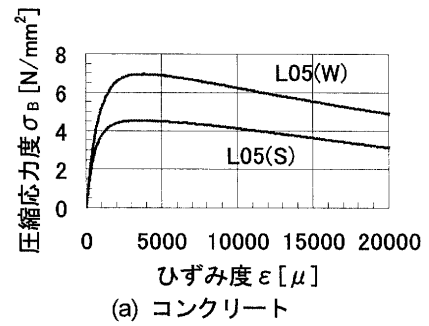
表-2 調合表

水 [kg/m ³]	セメント [kg/m ³]	石粉 [kg/m ³]	混和剤 [kg/m ³]	細骨材率 [%]	水結合材比 [%]
210	95.0	228.1	2.58	49.9	65.0
210	107.8	215.2	2.58	50.0	65.0

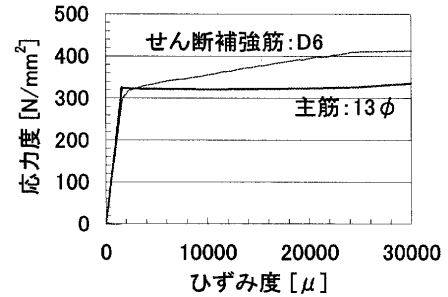
[上段：W シリーズ調合，下段：S シリーズ調合]

表-3 材料試験結果

W シリーズ コンクリート [材齢 34 日]	圧縮強度	[N/mm ²]	6.93
	ヤング係数	[10 ⁴ N/mm ²]	0.82
F シリーズ コンクリート [材齢 34 日]	圧縮強度	[N/mm ²]	4.55
	ヤング係数	[10 ⁴ N/mm ²]	0.62
主筋 16φ	降伏強度	[N/mm ²]	320
	ヤング係数	[10 ⁵ N/mm ²]	2.01
せん断補強筋 D6	降伏強度	[N/mm ²]	320
	ヤング係数	[10 ⁵ N/mm ²]	1.92



(a) コンクリート



(b) 主筋，せん断補強筋

図-2 応力度-ひずみ度関係

3. 使用材料

コンクリートは引張鉄筋比別に2度にわたって打設を行った。コンクリートの調合は表-2に示されるとおりである。気温等の影響を受けてWシリーズは、Fシリーズに比して単位セメント量が小さいにも関わらず、圧縮強度が大きくなった。表-3に使用材料の機械的性質を示し、図-2に応力度-ひずみ度関係を示す。

4. 載荷方法

載荷には建研式載荷装置を用い、制御方法は変位振幅Rによる変位制御によって行う。0.2×10²radの変位振幅で正負2回ずつ繰り返した後に、0.2×10²radずつ増加させて載荷を行い、変位振幅3.2×10²radで2回繰り返した時点で実験を終了する。

5. 実験結果

図-3に荷重-変形関係を、写真-1に最終破壊状況を示す。なお、実験結果の一覧は、(その7)にまとめて示す。

荷重-変形関係は、いずれの試験体も加力方向に関わらず、逆S字形のループを描き、最大耐力以降の耐力低下が緩やかに生じるのが特徴である。

弱軸方向に加力した、No.20(L05280W)の試験体は、変位振幅3.0×10²radで正負1回ずつ加力した後、軸力の保持ができなくなったため、実験を終了した。この試験体については、写真-1(c)に示されるように、主筋が座屈しているのが確認された。

全体としては、加力方向に関わらず、材端部のコンクリートの圧壊を伴いながらも、3.0×10²radあるいは3.2×10²radという大きな変形に対しても柱としての耐力を維持していることが特徴である。

弱軸方向に加力した試験体と強軸方向に加力した試験体では実験開始時のコンクリート強度に差があるため、水平力Qをb・D・σ_Bで除して無次元化したqを縦軸にとった図-4に示される包絡線を描き、軸力比別、加力方向別、補強量別に比較を行う。

図-4(a),(b)は、それぞれ加力方向別に軸力比を比較した包絡線である。加力方向の違いによらず、軸力比0.4と0.6では包絡線の形状に違いはみられず、最大耐力以後の耐力低下の様子も同じものとなった。しかしながら、軸力比0.8の試験体では、弱軸方向の試験体を比較した同図(a)において、2.0×10²rad以降の耐力低下の割合が大きいが指摘される。また、強軸方向の試験体を比較した同図(b)では、最大耐力が大きくなっているものの、やはり、2.0×10²rad以降の耐力低下の割合が大きいが指摘される。

加力方向の違いについて比較した同図(c)および(d)は、軸力比のいかんに関わらず、強軸方向に加力した試験体の方が最大耐力が大きいが指摘されるが、最大耐力時以降、弱軸方向の包絡線とほぼ重なるようになっており、相対的に耐力低下は大きい傾向にある。

補強量の違いについて比較した同図(e)および(f)は、加力方向に関わらず、最大耐力以後、最終変位振幅までほとんど耐力低下が生じないことが示された。

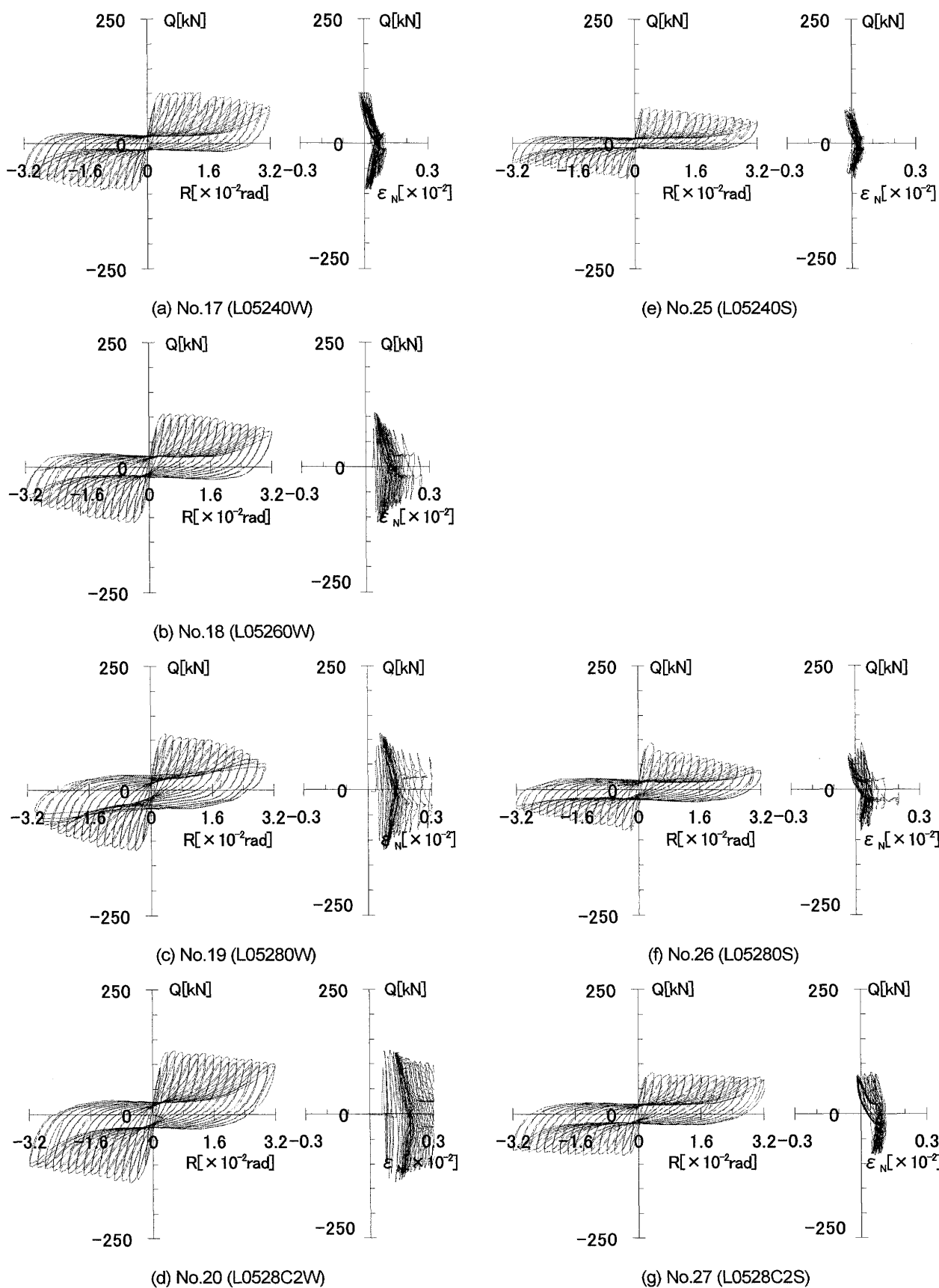
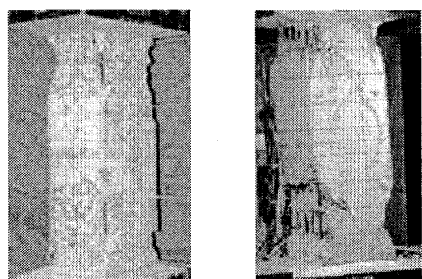
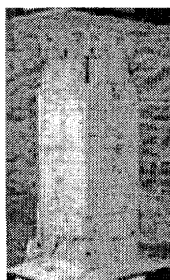


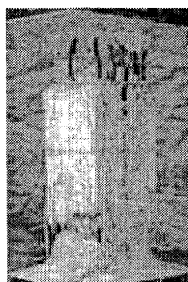
図-3 荷重-変形関係



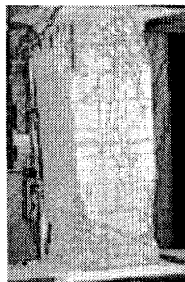
(a) No.17 L05240W (e) No.25 L05240S



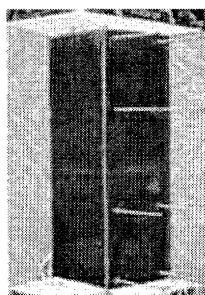
(b) No.18 L05260W



(c) No.19 L05280W



(f) No.26 L05280S



(d) No.20 L0528C2W

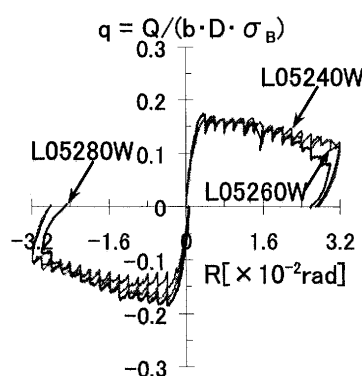


(g) No.27 L0528C2S

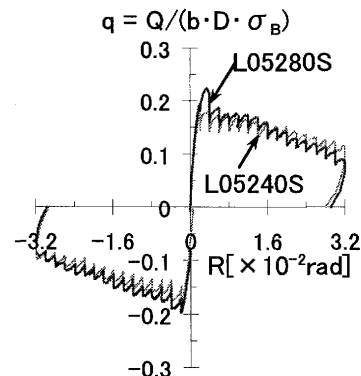
写真-1 最終破壊状況

6. まとめ

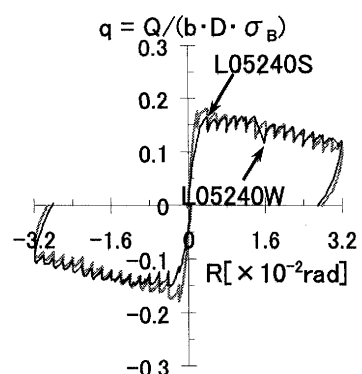
軸力比 0.4 と 0.6 では、加力方向に関わらず、破壊性状に大差はなかった。軸力比 0.8 で弱軸方向に加力した場合は、主筋が座屈し軸力が保持できなくなったが、それでも変位振幅 $3.0 \times 10^{-2} \text{rad}$ まで柱としての性能が維持された。CF 補強は高



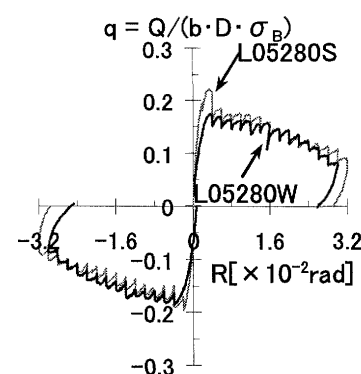
(a) 軸力比の違い [弱軸方向]



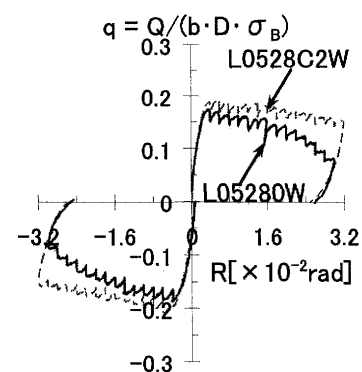
(b) 軸力比の違い [強軸方向]



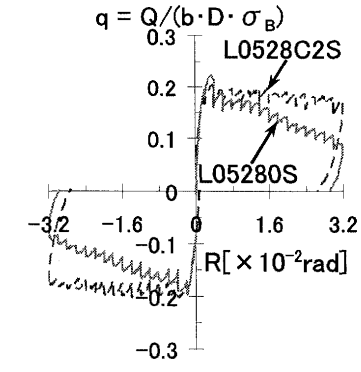
(c) 加力方向の違い [軸力比 0.4]



(d) 加力方向の違い [軸力比 0.8]



(e) 補強量の違い [弱軸方向]



(f) 補強量の違い [強軸方向]

図-4 包絡線

軸力試験体における最大耐力以後の耐力低下を生じさせない効果が認められた。

7. 参考文献

- 1) 日本建築防災協会:2001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・耐震改修設計指針・同解説, 2001.1

*1 福山大学工学部建築学科

Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Fukuyama Univ.

*2 広島県東部生コンクリート協同組合

East Hiroshima Ready Mixed Concrete Cooperative

*3 福山大学大学院博士課程地域空間工学専攻・修士(工学) Course of Regional Space Planning and Systems Eng., Doctoral Program, Grad. School, Fukuyama Univ., Ms. Eng.

Prof., Dept. of Architecture and Civil Engineering, Faculty of Eng., Fukuyama Univ., Dr. Eng.

*4 福山大学工学部建築・建設学科 教授・工博

Prof., Dept. of Architecture and Civil Engineering, Faculty of Eng., Fukuyama Univ., Dr. Eng.