

# [104] 初期ひびわれや打つぎ面等を有する鉄筋コンクリート造壁の 耐震補修に関する実験研究

正会員 ○清水 泰 (東京都立大学)  
正会員 東 洋一 (東京都立大学)  
正会員 遠藤 利根穂 (東京都立大学)

## 1 はじめに

本報は施工不良に起因する初期ひびわれやコンクリート打つぎ不良によるジャンカ及びコンクリート強度不足等が見受けられる鉄筋コンクリート造壁板の耐震補修方法に関するものである。具体的には、建物の地震時に於ける安全性を大きく左右する要因である壁板の初期剛性、終局強度や変形能に対してコンクリート強度の差や初期ひびわれ、ジャンカ等の有無がどの様に影響するか、又、これらのひびわれやジャンカをエポキシ樹脂等を用いて補修した場合どの程度まで回復可能かを実験を通して解明しようとしたものである。

## 2 実験概要

2.1 試験体 試験体は実物の約 1/2 模型であり、クリアスパン内の壁部分を対象とした場所打ちの鉄筋コンクリート造壁板である。試験体の一覧を表 1 に示し、その配筋状態を図 1 に示す。

壁板の寸法及び配筋状態は全試験体共同とした。No.1-WL はコンクリート強度が低い場合を想定しており、No.6-WS を除く他の全試験体共コンクリート強度を低下させている。No.2-WC, No.3-WCE はコンクリート強度の低下に加え多数の初期ひびわれが入っている場合を想定しており、No.3 はこのひびわれに表 2 に示すエポキシ樹脂 (E250) を注入し、初期剛性等を回復させる事を計画したものである。文献 1)。これらの状態を図 2 に示す。尚、これらのひびわれはコンクリート打設の 2 週間後に、油圧ジャッキを用いて材端部近傍に数本の折曲げひびわれを入れ、さらに、加力梁と基礎梁との間に油圧ジャッキを再度セットしてこれを用いて、これらのひびわれ幅が 0.3 mm になるまで広げたものである。No.4-WJ と No.5-WJE は壁板中央部に幅約 4 cm ジャンカがあるもので、No.5 は上記 No.3 と同様にこれにエポキシ樹脂 (E610) を注入したものである。図 4 にこれらの状態を示す。上記試験体の製作方法としては、壁板中段まで一度コンクリートを打設した 2 日後、一度セメントペーストと砂利をねりませたものを約 4 cm 厚さに打込み、その後壁板上部にコンクリートを打込んだものである。実際にはこれほどひどいジャンカは少ないが、ここでは、あえて最もひどい場合を想定して実験を行なうこととした。No.6-WS は比較のための標準試験体である。No.7-WT は No.1 に対して、後打ちに壁厚を打ち増す事により、No.6 まで耐震性能を回復させようとしたものである。

2.2 加力方法及び測定方法 試験体に定軸力 14 t を加えた状態で正負交番の繰返し水平加力を行なった。荷重履歴は初めにせん断力で 4 t ( $\bar{\tau} = 5.2 \text{ Kg/cm}^2$ ) の正負両側加力を行なった後、頂部部材角で制御し、1/500 で 1 回、1/200 と 1/100 で各 4 回、最後に正側加力で押し切る事を計画した。尚、水平力は 2 台の油圧ジャッキを連動させ、図 3 に示す加力装置を用い反曲点が壁板中央部へ来るように加力した。測定は、各水平及び鉛直変位の他、主筋や壁筋の歪、部材両端の鉛直方向伸縮量、ひびわれ幅等を測定した。

表 1. 試験体一覧

| Specimen | Objective defect           | $c_B^*$ | Method of repair         | Common affair                                                   |
|----------|----------------------------|---------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| No.1-WL  | lower strength of concrete | 150     | —                        | Axial load $N=14.0\text{ton}$ ( $\sigma_0=18 \text{ Kg/cm}^2$ ) |
| No.2-WC  | existing of initial        | 150     | —                        | Shear span ratio $M/Q \cdot D=0.58^{**}$                        |
| No.3-WCE | cracking                   | 150     | pouring epoxy resin      | Gross sectional area $A_g=9 \times 86=774 \text{ cm}^2$         |
| No.4-WJ  | honey-comb at construction | 150     | —                        | Main bar 2-9 $\phi$ $a_t=1.22 \text{ cm}^2$ $p_t=0.16\%$        |
| No.5-WJE | joint                      | 150     | pouring epoxy resin      | Wall bar 4 $\phi$ @100 double                                   |
| No.6-WS  | — (Standard)               | 220     | —                        | $a_w=0.22 \text{ cm}^2$ $p_w=0.24\%$                            |
| No.7-WT  | lower strength of concrete | 150     | adding thickness of wall | Adding wall bar 4 $\phi$ mesh @50***                            |

\*  $c_B^*$  ; concrete cylinder compressive strength ( $\text{Kg/cm}^2$ ), \*\* ;  $h_o/D=1.16$ , \*\*\* ; thickness 9+2 cm,



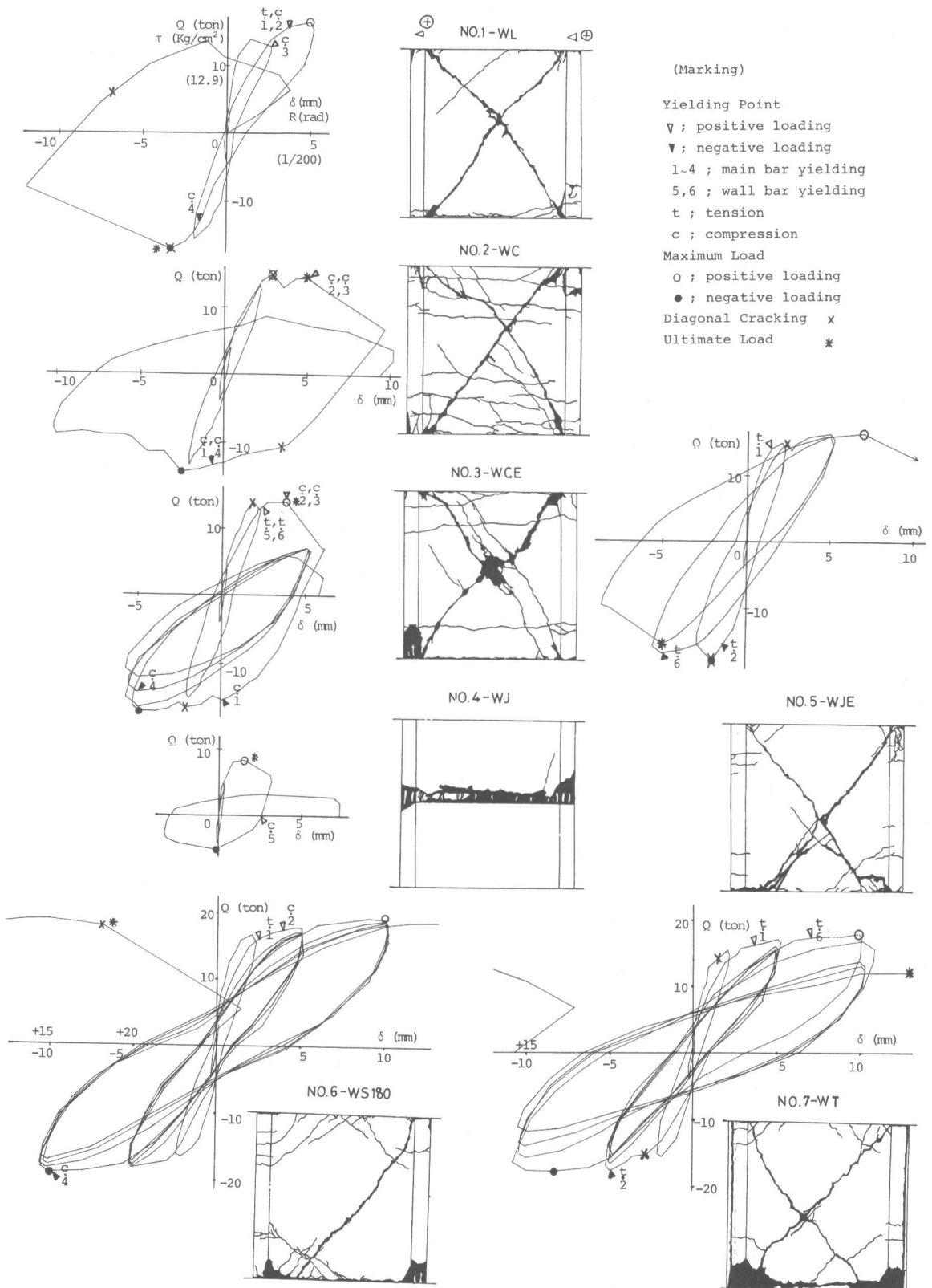


図5. 荷重-変形曲線及び最終破壊状況

#### 4.2 諸ひびわれ強度及び最大耐力

諸ひびわれ発生荷重や曲げ降伏耐力，曲げ最大耐力及びせん断耐力

力を下式により求め，これと実験値とを比較した結果を表3に合わせて示す。

- 1) 曲げひびわれ荷重 ; B C ( 記号 )

$$cQ_{BC} = \frac{2}{h_o} \times ( 1.8 \sqrt{c^{\sigma_B}} \cdot Z + \frac{N \cdot D}{6} )$$

$h_o = 100 \text{ cm}$  ; 部材の高さ

$c^{\sigma_B} \text{ Kg/cm}^2$  ; コンクリート - 軸圧縮強度

- 2) 材端せん断ひびわれ荷重 ( 文献 2 ) ; S C

$Z = 11.1 \times 10^3 \text{ cm}^3$  ; 断面係数

$$cQ_{SC} = 0.971 \sqrt{c^{\sigma_B}} \cdot b \cdot D ( 1 + \frac{\sigma_o}{c^{\sigma_t}} )^{0.411} ( \frac{M}{Q \cdot D} )^{-0.605}$$

$\sigma_o = N / b \cdot D = 18 \text{ Kg/cm}^2$  ; 軸方向応力度

$N = 14 \text{ ton}$ ,  $b = 9 \text{ cm}$ ,  $D = 86 \text{ cm}$ ,

- 3) 対角線伏せん断ひびわれ荷重 ( 文献 2 ) ; D T C

$c^{\sigma_t} = 1.8 \text{ c}^{\sigma_B} \text{ Kg/cm}^2$

$$cQ_{DTC} = \frac{b \cdot D}{1.5} \sqrt{\sigma_o \cdot c^{\sigma_t} + c^{\sigma_t^2}}$$

$M / Q \cdot D = 0.58$  ; シアスパン比

$p_t = 0.16 \%$  ; 引張主筋比

- 4) 曲げ降伏荷重・曲げ最大耐力 ( 文献 3 ) ;  $Q_y$ ,  $Q_m$

$p_w = 0.0024$  ; 壁筋比

e 関数法による解析結果

$s^{\sigma_{wy}} = 2440 \text{ Kg/cm}^2$  ; 壁筋の降伏点強度

- 5) せん断耐力 ( 文献 4 ) ;  $Q_{su}$

$j = 72.6 \text{ cm}$  ; 応力中心距離

$$cQ_{SU} = \{ \frac{0.068 p_t^{0.23} (180 + c^{\sigma_B})}{\sqrt{M / Q \cdot D + 0.12}} + 2.7 \sqrt{p_w \cdot s^{\sigma_{wy}} + 0.1 \sigma_o} \} b \cdot j$$

№4 - W J を除く全試験体共曲げ降伏耐力の計算値前後の耐力を有していたが，その中で№1の正側加力時と№5，№6の正側及び№7の正負両側加力時に於いて引張主筋の降伏が確認された。又，各試験体の最大耐力は修正大野・荒川式 ( minimum式 ; 上記5)の式 ) の値に近いものとなった。

#### 5 結 び

コンクリート強度の差，初期ひびわれ，打つき面ジャンカの有無等の鉄筋コンクリート造壁板に対する耐震上の影響及び，その補修方法に関して，7体の試験体について実験を行なった。まず，コンクリート強度の差に関しては，今回の実験の範囲内では初期剛性及び耐力低下はほとんど見受けられなかったが，変形能に大きな違いを生じた。又，曲げ変形のみに関してもe関数法の解析結果に大きな差が生じた。初期ひびわれの影響については初期剛性に差が見られた。コンクリート打つき不良面の影響はジャンカが過大のせいもあって，剛性，耐力共大きく落込んでしまった。これらの補修方法としてエポキシ樹脂注入が有効であったが，ひびわれの幅が小さい場合や，ひびわれ位置によっては注入が困難な場合があって，その効果が十分発揮されない。また，壁厚を増加する方法は脆性破壊する部材の耐震性能の改善にかなり効果があった。

- ( 文献 ) 1) 東 洋一，小森清司・酒井 純 「過大たわみとひびわれ傷害をうけた床スラブの補修と補強に関する研究」 第1回コンクリート工学年次講演会・1979  
2) 広沢雅也 「鉄筋コンクリート部材の強度と靱性」 建築研究報告 №76 1977.3  
3) 武藤 清 「鉄筋コンクリート構造物の塑性設計」 耐震設計シリーズ2 丸善 1964.8  
4) 日本建築学会 「地震荷重と建築構造の耐震性」 1976

表3. 試験結果

|          | Initial Stiffness                       |                                         |                                           | First Cracking                          |                                           |                                         |                        |      |      |      |      |      | Yielding |      |      | Maximum |      |      |      |      |  |
|----------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------|------|------|------|------|------|----------|------|------|---------|------|------|------|------|--|
|          |                                         |                                         |                                           | BC                                      |                                           |                                         | SC                     |      |      | DTC  |      |      |          |      |      |         |      |      |      |      |  |
|          | T <sub>K</sub><br>C <sub>K</sub><br>T/C | T <sub>Q</sub><br>C <sub>Q</sub><br>T/C | T <sub>SC</sub><br>C <sub>SC</sub><br>T/C | T <sub>D</sub><br>C <sub>D</sub><br>T/C | T <sub>OY</sub><br>C <sub>OY</sub><br>T/C | T <sub>O</sub><br>C <sub>O</sub><br>T/C | C <sub>SU</sub><br>T/C |      |      |      |      |      |          |      |      |         |      |      |      |      |  |
| No.1-WL  | 379                                     | 299                                     | 1.27                                      | 6.3                                     | 8.9                                       | 0.71                                    | 13.4                   | 16.4 | 0.81 | 8.3  | 15.3 | 0.54 | 15.9     | 15.6 | 1.01 | 16.5    | 18.1 | 0.91 | 16.9 | 0.98 |  |
| No.2-WC  | 133                                     | 299                                     | 0.44                                      | 4.8                                     | 8.9                                       | 0.54                                    | 13.2                   | 16.4 | 0.80 | 15.0 | 15.3 | 0.98 | —        | 15.6 | —    | 15.0    | 18.1 | 0.83 | 16.9 | 0.89 |  |
| No.3-WCE | 152                                     | 299                                     | 0.51                                      | 7.0                                     | 8.9                                       | 0.79                                    | 14.1                   | 16.4 | 0.86 | 14.1 | 15.3 | 0.92 | —        | 15.6 | —    | 14.2    | 18.1 | 0.78 | 16.9 | 0.84 |  |
| No.4-WJ  | 217                                     | 299                                     | 0.73                                      | —                                       | 8.9                                       | —                                       | —                      | 16.4 | —    | —    | 15.3 | —    | —        | 15.6 | —    | 8.4     | 18.1 | 0.46 | 16.9 | 0.50 |  |
| No.5-WJE | 275                                     | 299                                     | 0.92                                      | 6.9                                     | 8.9                                       | 0.78                                    | 14.8                   | 16.4 | 0.90 | 14.8 | 15.3 | 0.97 | 12.9     | 15.6 | 0.83 | 16.5    | 18.1 | 0.91 | 16.9 | 0.98 |  |
| No.6-WS  | 368                                     | 336                                     | 1.10                                      | 7.9                                     | 9.9                                       | 0.80                                    | 11.9                   | 19.1 | 0.62 | 18.3 | 17.8 | 1.02 | 15.8     | 15.3 | 1.03 | 19.4    | 19.7 | 0.98 | 19.4 | 1.00 |  |
| No.7-WT  | 125                                     | 365                                     | 0.34                                      | 9.0                                     | 9.9                                       | 0.91                                    | 14.8                   | 20.0 | 0.74 | 14.8 | 18.7 | 0.79 | 16.5     | 15.9 | 1.04 | 18.5    | 20.4 | 0.91 | 23.0 | 0.80 |  |
|          | ton/cm                                  |                                         |                                           | ton                                     |                                           |                                         | ton                    |      |      | ton  |      |      | ton      |      |      | ton     |      |      |      |      |  |

T ; testing value, C ; calculating value, Yielding ; main bar yielding,  
All testing values are at positive loading.