

# [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一とした。 $\#1-WL$ はコンクリート強度が低い場合を想定しており、 $\#6-WS$ 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。 $\#2-WC$ 、 $\#3-WCE$ 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、 $\#3$ 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0.3mmになるまで広げたものである。 $\#4-WJ$ と $\#5-WJE$ は壁板中央部に幅約4cmジャンカがあるので、 $\#5$ は上記 $\#3$ と同様にこれにエポキシ樹脂(E610)を注入したのである。図4にこれららの状態を示す。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4cm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と、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。 $\#6-WS$ は比較のための標準試験体である。 $\#7-WT$ は $\#1$ に対して、後打ちに壁厚を打ち増す事により、 $\#6$ 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14t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4t( $\tau = 5.2 \text{ Kg/cm}^2$ )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	$c\sigma_B^*$	Method of repair	Common affair
No.1-WL	lower strength of concrete	150	—	Axial load N=14.0ton ( $\sigma_0=18 \text{ Kg/cm}^2$ )
No.2-WC	existing of initial cracking	150	—	Shear span ratio M/Q·D=0.58**
No.3-WCE		150	pouring epoxy resin	Gross sectional area $A_g=9\times 86=774 \text{ cm}^2$
No.4-WJ	honey-comb at construction joint	150	—	Main bar 2-9φ $a_t=1.22 \text{ cm}^2$ $p_t=0.16\%$
No.5-WJE		150	pouring epoxy resin	Wall bar 4φ@100 double $a_w=0.22 \text{ cm}^2$ $p_w=0.24\%$
No.6-WS	(Standard)	220	—	Adding wall bar 4φ mesh @50***
No.7-WT	lower strength of concrete	150	adding thickness of wall	

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

2.3 使用材料 コンクリートは早強セメントと最大寸法 10 mm の川砂利、川砂、混和材を練りませて使用した。尚、型枠は木製とし、打込みは M4、M5 は縦打ちとし、他の試験体は横打ちとした。又、M7 の増し打ち壁部分には早強膨張モルタルを用いた。

本実験で用いた鋼材は、材質 S R 2 4 の 9 φ となし鉄線の 4 φ 及び 4 φ メッシュ筋であるが、エポキシ樹脂を含めて、これらの使用材料の試験結果を表 2 に示す。

### 3 実験結果

実験によって得られた各種のひびわれ発生荷重や降伏荷重及び最大耐力等を一括して表 3 に示す。尚、降伏点は主筋降伏時とした。壁板頂部で測定した水平変位とせん断力との関係及び、最終破壊状態を図 4 に示す。

### 4 実験結果の検討

4.1 初期剛性の検討 初期剛性に関しては M1-WL と M6-W-S とではほとんど差が無かったが、M2-W-C や M4-W-J の剛性はかなり低い値となった。又、M3-W-C-E では壁頭危険断面位置にある一本の初期ひびわれにエポキシ樹脂注入が施工不可能であったため、その初期剛性は回復できず、結局、M2 とほぼ同様な値となってしまった。尚、M5-W-J-E を見るとエポキシ樹脂注入により多少共初期剛性が回復している事がわかる。

以上の実験結果及び、梁理論を適用して求めた弾性剛性の値を表 3 に合せて示す。

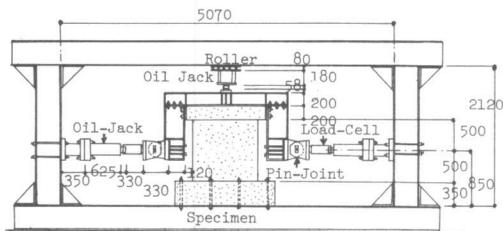


図 3. 加力装置

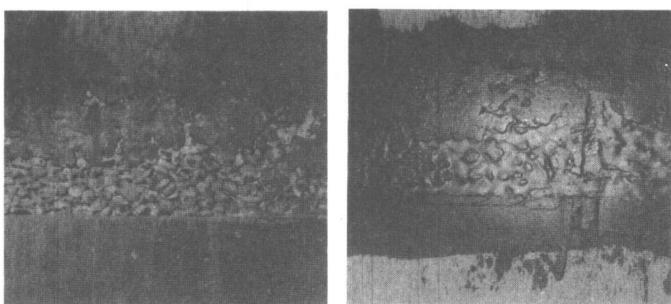


図 4. 打つぎ不良面のジャンカ

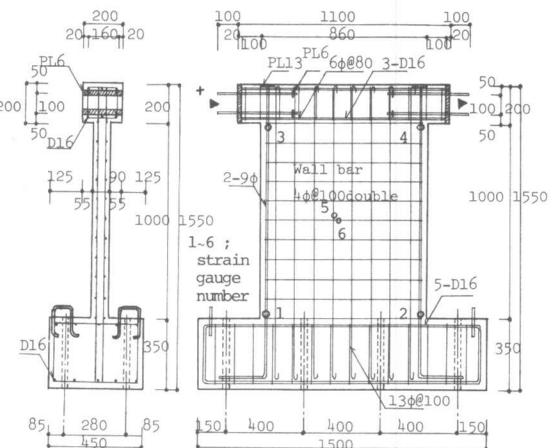


図 1. 試験体配筋図

表 2. 材料の物理的性質

Reinforcing Steel Bar

Name	9φ*	4φ**	4φmesh***
$s_a \text{ cm}^2$	0.61	0.11	0.11
$s_y \sigma \text{ Kg/cm}^2$	2500	2440	5300
$s_m \sigma \text{ Kg/cm}^2$	4050	3570	6000

\* main bar, \*\* wall bar

\*\*\* adding wall bar for No.7-WT Concrete

	$c \sigma_B$	$E_s$	$c \epsilon_B$
No.1-No.5	150	1.64	1780
No.7			
No.6	220	1.82	1950
mortar	230	1.70	1960

Epoxy Resin

	No.3-WCE	No.5-WJF
pouring material	E-250	E-610
flexural strength	550	585
tensile strength	150	350
$\text{Kg/cm}^2$	$\text{Kg/cm}^2$	$\text{Kg/cm}^2$

a ; sectional area  $(\text{cm}^2)$

$s_y \sigma$  ; steel yielding strength

$s_m \sigma$  ; steel maximum strength  $(\text{Kg/cm}^2)$

$E_s$  ; Young's modulus at  $1/3 c \sigma_B$   $(x 10^5 \text{ Kg/cm}^2)$

Concrete and mortar strength were determined by cylinder tests ( $10 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ ), cured adjacent to the specimens at outdoor temperature.

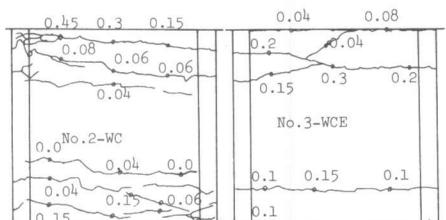


図 2. 初期ひびわれ

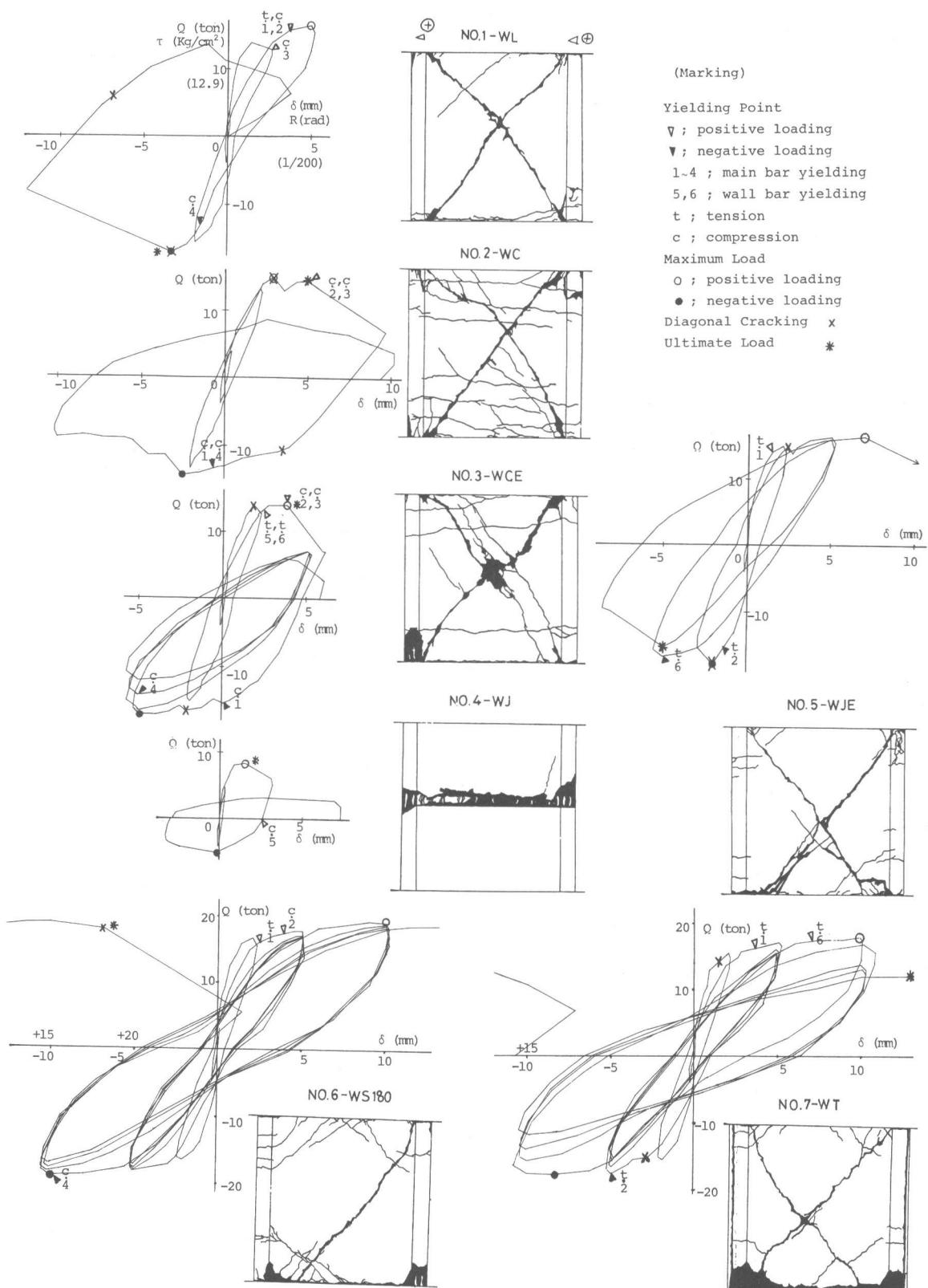


図 5. 荷重-変形曲線及び最終破壊状況

## 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

$$cQ_{BC} = \frac{2}{h_0} \times (1.8 \sqrt{c^6_B} \cdot Z + \frac{N \cdot D}{6})$$

### 2) 材端せん断ひびわれ荷重(文献2)

; S C

$$cQ_{SC} = 0.971 \sqrt{c^6_B} b \cdot D \left(1 + \frac{\epsilon_0}{c^6_t}\right)^{0.411} \left(\frac{M}{Q \cdot D}\right)^{-0.605}$$

### 3) 対角線伏せん断ひびわれ荷重(文献2); D T C

$$cQ_{DTC} = \frac{b \cdot D}{1.5} \sqrt{\epsilon_0 \cdot c^6_t + c^6_t^2}$$

### 4) 曲げ降伏荷重・曲げ最大耐力(文献3); Qy, Qm

e関数法による解析結果

### 5) せん断耐力(文献4)

; Qsu

(記号)

$h_0 = 100 \text{ cm}$ ; 部材の高さ

$c^6_B \text{ Kg/cm}^3$ ; コンクリート - 軸圧縮強度

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

$\epsilon_0 = N / b \cdot D = 18 \text{ Kg/cm}^2$ ; 軸方向応力度

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

$c^6_t = 1.8 c^6_B \text{ Kg/cm}^3$

$M/Q \cdot D = 0.58$ ; シアスパン比

$p_t = 0.16\%$ ; 引張主筋比

$p_w = 0.024$ ; 壁筋比

$s^6_{wy} = 2440 \text{ Kg/cm}^2$ ; 壁筋の降伏点強度

$j = 7.26 \text{ cm}$ ; 応力中心距離

M4-WJ 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M1の正側加力時とM5, M6の正側及びM7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、打つぎ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。コンクリート打つぎ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ボ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、その効果が十分發揮されない。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「过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韌性」建築研究報告 M76 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		$T_Q$	$C_Q$	T/C	$T_Q$	$C_Q$	T/C
		$T_K$	$C_K$	$T_Q$	$C_Q$	$T_Q$	$C_Q$						
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
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	—
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	—
No.4-WJ	217 299 0.73	—	8.9	—	—	16.4	—	—	15.3	—	—	15.6	—
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
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
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
		ton/cm	ton	ton		ton		ton	ton		ton	ton	ton

T : testing value, C : calculating value, Yielding : main bar yielding,

All testing values are at positive loading.