

## [145] 震災を受けた橋脚のRC巻立て補修の効果

正会員 ○ 森濱 和正 (建設省土木研究所)

正会員 小林 茂敏 (建設省土木研究所)

高橋 正志 (建設省土木研究所)

### 1. はじめに

地震により被害を受けた鉄筋コンクリート橋脚は、その損傷程度によって鉄筋コンクリート(RC)巻立て補修、補強がおこなわれることがある。しかし、その効果についての実験的検討は比較的小ない。そのため補修計画にあたっては、補修のために新たに巻立てた部分だけの耐荷力を期待し、元の軸体の耐荷力は無視するような設計をしている。その一方では新旧部材が一体に合成されたものとして耐荷力を推定できるとの報告もあるが<sup>1)</sup>、鉄筋座屈、定着部強度の低下などがおこっているような損傷柱に対してRC巻立て補修をおこなった場合でも、補強されて合成柱となったものとしての耐荷力、変形性能が期待できるのか不明なところが多い。したがって、これを確かめることを目的として以下の実験をおこなった。

### 2. 補修前の供試体の損傷状況

補修前の供試体は図-1のとおりである。これに交番繰返し載荷をおこない、供試体A、Cは曲げ破壊、B、Dは段落し部から斜ひびわれを生じ、その先端で圧壊させた(段落し破壊)。そのときの損傷状況を図-5に示す。供試体A、Bについては樹脂による補修後、再載荷して破壊させた。<sup>2)</sup>

### 3. 補修・補強の設計方法

#### 3.1 補強後の耐荷力の計算方法

設計するあたり計算仮定は、補強前の柱(旧部分)と巻立てとは一体とし、応力-ひずみ関係はコンクリートについては圧縮強度まではひずみ0.2%の放物線、それ以上は0.35%までひずみのみとした。鉄筋については図-2のようにひずみ硬化を考慮し、旧部分の鉄筋は破線のように仮定した。

#### 3.2 補強の着目点

供試体A、C:曲げ耐荷力の向上をはかり、補強量を変える。

供試体B:段落し部の補強をはかると同時に耐荷力を増加させる。

供試体D:段落し部の補強をはかり変形性の向上をはかる。

#### 3.3 補強必要高さ

補強にあたっては全供試体とも柱下端で曲げ破壊するように、図-3のとおり補強高さを決めた。

供試体D:段落し破壊は、段落ししていない鉄筋の降伏強度にはほぼ一致しており、段落し破壊させないためには少なくとも終局時においても鉄筋を降伏させないことが必要である。終局耐力まで確保するには、段落し部で鉄筋を追加し引上げる必要がある。

供試体A、B、C:耐荷力を増加させるには補強前の断面が破壊しないところまで補強すればよく、Dと同じように旧部分の降伏低抗モーメントまでを補強高さとした。定着長は鉄筋径の15倍とした。

このようにして設計した供試体が表-1、図-4である。

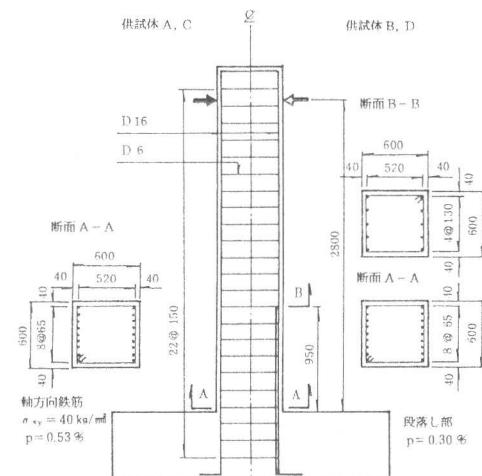


図-1 供試体(補強前)

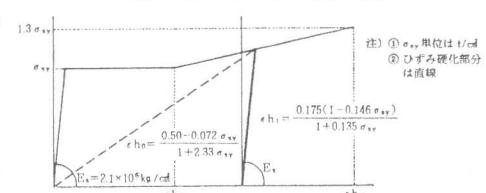


図-2 鉄筋の応力-ひずみ関係

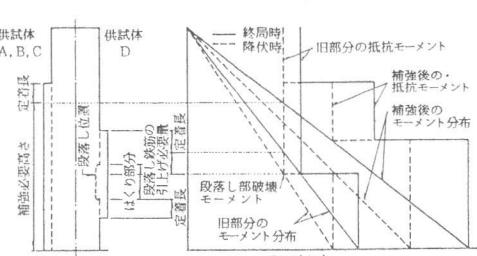


図-3 補強高さの決定

### 3.4 補強の施工方法

R C 卷立て補強は、つぎのような手順でおこなった。

①チッピング：コンクリート打継面を 5~10mm 程度はつる

②フーチングへの鉄筋定着：膨張モルタルにより鉄筋径の 30 倍を定着。定着孔  $\phi = 32\text{ mm}$

③柱軸体への定着：径 25mm, 深さ鉄筋径の 6 倍の孔に樹脂アンカ

ー

④モルタル、樹脂硬化後、配筋、型枠組立てコンクリート打設  
ただし、供試体 B, D について R C 卷立て前に斜ひびわれに樹脂注入をおこない、補強後曲げ変形するようにした。

補強後は、補強前と同様の正負反復載荷をおこなった。

### 4. 実験結果

#### 4.1 ひびわれ・破壊状況

ひびわれ・破壊状況を図-6 に示す。

全供試体とも曲げひびわれ発生、柱下端で鉄筋降伏後曲げ圧壊、鉄筋破断の経過をたどった（供試体 A, B は最終的にはフーチングのせん断破壊）。しかし、つぎのようなひびわれも生じており補強の際改善する必要があると考えられる。

i) 斜ひびわれ、打継目・鉄筋に沿ったひびわれ：供試体 A, C は 30t 付近から斜ひびわれを生じ、とくに C は斜ひびわれ端部から打継目、軸方向鉄筋に沿ったひびわれを生じた。供試体 A, C は補強前コンクリートはくり後に斜ひびわれが発生していたにもかかわらず、補修することなく R C 卷立て補強をおこなったものである。そのため旧部分のコンクリートによるせん断抵抗ではなく、補強部分のみのせん断抵抗のため旧部分と同じ位置に斜ひびわれを生じた（図-7）ものである。斜ひびわれ発生後、ホゾ作用により鉄筋に沿ったひびわれも生じやすくなる。せん断力修復のため、補強前には樹脂注入などの補修をおこなう必要がある。

ii) 軸体アンカー部から鉄筋に沿ったひびわれ：断面が急変する補強端部では、樹脂アンカーされた補強鉄筋に応力が集中し鉄筋に沿ったひびわれを生じたものと考えられる。そのた

め、①補強高さを上げる  
②段落し鉄筋の引上げ、  
などをおこない応力を分担させる③横方向補強鉄筋を増やすなどする必要がある。

#### 4.2 耐荷力

耐荷力の実測値、計算  
値を表-2 に示す。計算

表-1 補強方法

供試体	の 破壊	補強方法		
		補強目標	補強方法	補強量
A	曲げ 破壊	耐力向上	柱下端から R C 卷立て	上段：軸方向鉄筋 下段：帶鉄筋 D6 ctc 150
B	段落し 破壊	せん断耐力 変形性向上	〃	7-D13 D6 ctc 150
C	曲げ 破壊	耐力向上	〃	7-D13 D6 ctc 150
D	段落し 破壊	変形性向上	段落し鉄筋 1/2 引上げ段落し 部卷立て	4-D13 D6 ctc 150

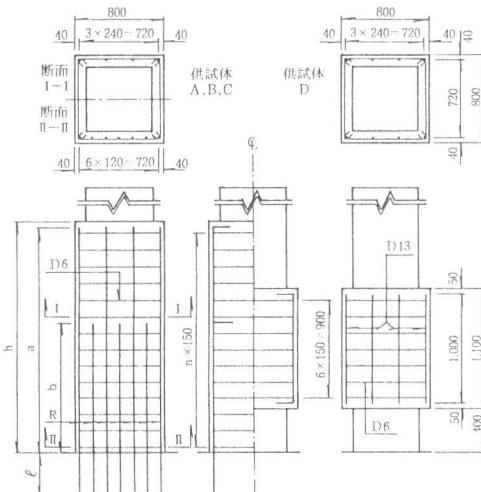


図-4 補強供試体

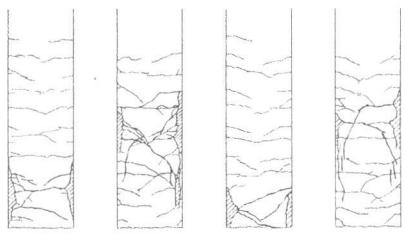


図-5 破壊状況（補強前）

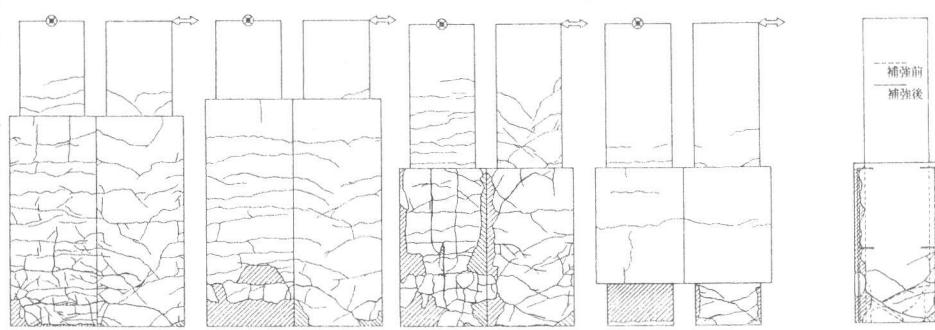


図-6 破壊状況（補強後）

図-7 新・旧ひびわれ

①は3.1の補強計算である。計算②は旧部分の鉄筋の応力-ひずみ関係を図-2の太い実線のように仮定し、フーチング定着部の定着強度は低下していることを考慮したものである。すなわち、補強鉄筋の定着部は健全であり、そこからの抜出し相当の旧部分の鉄筋の抜出しにともなう応力を仮定し、つり合いを求めたものである。旧鉄筋の抜出しは、補強鉄筋が完全に定着されているため補強鉄筋の抜出しに支配される。平面保持を仮定するならば、旧鉄筋の抜出し  $S_{OR} = S_R \cdot (d_{OR} - x) / (d_R - x)$ 、ひずみ  $\epsilon_{OR} = \epsilon_R (d_{OR} - x) / (d_R - x)$ 、そのときの応力  $\sigma_{OR} = \sigma_0 \cdot S_{OR} / S_0$  とみかけ上なる。この関係をあらわしたもののが図-8の一点鎖線である。ここに、添字o: 補強前 original, R: 補強 reinforcement, OR: 補強後の旧部分、を付し区別した。このときの抜出し量の計算は、図-9のように降伏以後のひずみは直線と仮定し降伏域を考慮する方法とした。降伏前の抜出しは、文献の1/2とした。計算③は旧部分も健全で補強部分と一緒にと仮定して求めたものである。

供試体A, Cの降伏時の耐荷力の実測値は、計算③よりもかなり小さく健全なものと一体とはいいがたい。これを柱下端のひずみでみてみると図-10のとおり計算②に近く、フーチング定着部の定着強度の低下によるものが大きいことがわかる。そのため初期においては旧部分の鉄筋は耐荷力にはあまり寄与せず、補強鉄筋に大きく負担されており降伏耐力は小さくなる。最大耐荷力は、供試体Cについては旧鉄筋まで降伏しておりいずれの計算値も実測値にほぼ一致している。

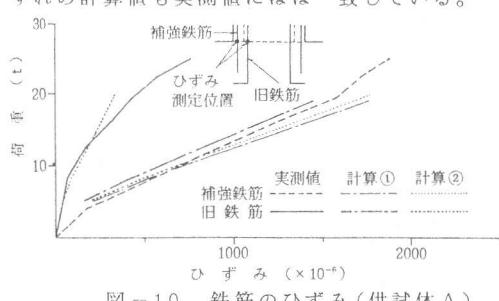


図-10 鉄筋のひずみ(供試体A)

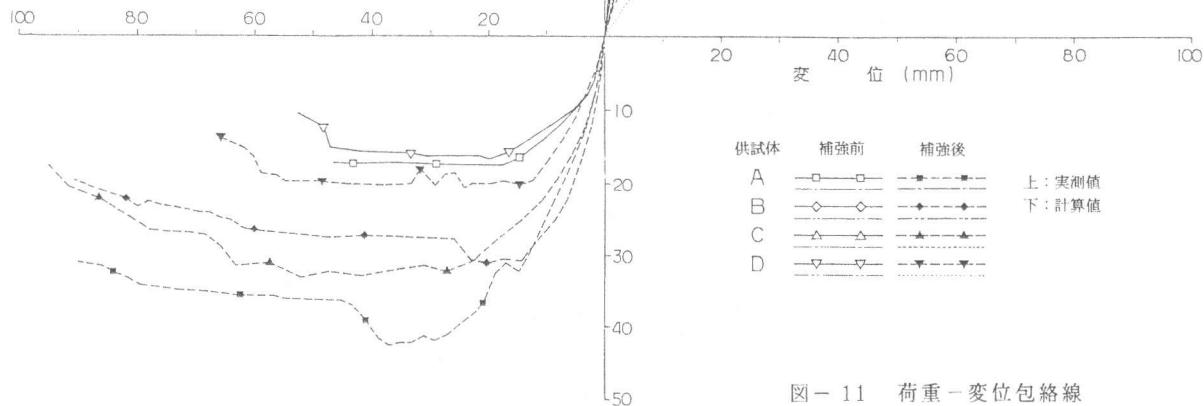


図-11 荷重-変位包絡線

表-2 実験結果

供試体	補強前耐力 計算値(t)		降伏時剛性 (t/cm) 実/計	補強耐力(t)			補強後耐力 補強前耐力
	降伏	最大		降伏	最	大	
				実/計	実/計	実/計	
A	実測値	25.4	22.3	42.4	2.36		
	計算①	16.00	17.96	23.80	1.07	19.07	2.13
	計算②			27.03	0.94	19.72	1.78
B	実測値	30.9	25.0	32.1	2.04		
	計算③	15.73	—	24.14	1.28	24.62	1.05
	実測値	28.3	16.7	31.9	1.78		
C	計算①	16.00	17.96	21.01	1.35	14.01	1.65
	計算②			20.95	1.35	16.46	1.68
	計算③			19.86	1.42	24.62	1.70
D	実測値	14.8	16.6	19.8	1.26		
	計算値	15.73	—	12.27	1.21	16.80	1.21

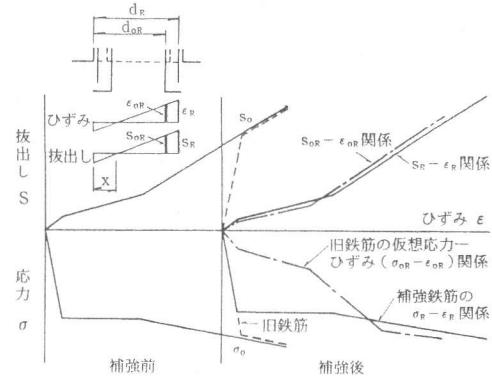


図-8 旧鉄筋の抜出しにともなう仮想応力-ひずみ関係

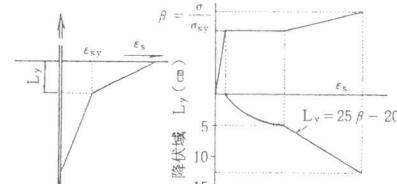


図-9 鉄筋の抜出し

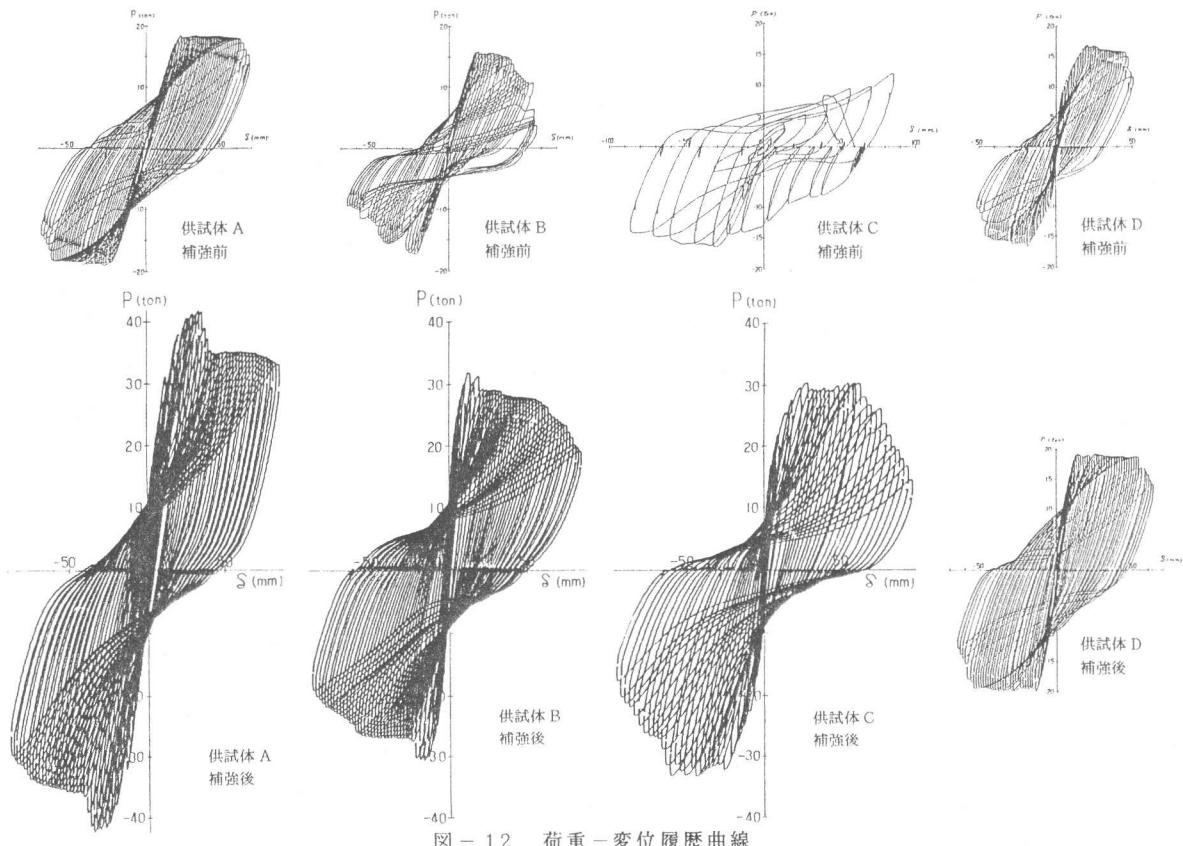


図-12 荷重-変位履歴曲線

供試体Aについて、計算②は旧部分鉄筋は降伏にまでは至っておらず低い値となっている。大ひずみ時の抜出しの算定法はいまだに定ったものではなく、今後の検討課題である。計算①は旧部分鉄筋のひずみ硬化の影響をよくあらわし、計算③より大きく実測値に近い。

段落し破壊した供試体B、Dは補強前でも柱下端は健全であり、段落し部斜ひびわれには樹脂注入したことから、旧部分と補強部分とを一体と仮定した計算値とほぼ一致した。

#### 4.3 変形性

補強前・後の荷重-変位包絡線および計算①による計算値を図-11に示す。全体に計算値の剛性は小さくなっているものの、最大耐荷力までの傾向はほぼ一致している。供試体A、Bについては30±付近でフーチングに大きな斜ひびわれが発生したため耐荷力は減少しているが、全供試体ともコンクリート圧壊後も耐荷力を維持しておりじん性も確保されている。また、荷重-変位履歴曲線は図-12に示したとおり、コンクリートの圧壊する最大耐荷力時まではきれいな紡錘形をしており、エネルギー吸収能力も高いことを示している。

#### 5. 結論

本実験により、RC巻立て補強をおこなった結果つきのことがわかった。①曲げ、段落し破壊に対し、補強後に耐震性が期待でき有効な補強方法である。②設計には新旧一体と仮定してよい。ただし、被災履歴によって旧部分の寄与度は異なり、それを考慮する必要がある。今回提案した計算②の旧鉄筋の定着強度を低減する方法は、降伏までの挙動の適合性はよい。③補強効果をあげるために、補強前に樹脂注入などの補修をおこなうのがよい。

#### ＜参考文献＞

- 1) 石橋忠良、古谷時春「橋脚の耐震補修、補強に関する実験的研究」第5回コンクリート工学年次講演会講演論文集、1983
- 2) 森瀬和正、小林茂敏「震災を受けた柱状RC部材の補修効果」第6回コンクリート工学年次講演会論文集、1984
- 3) 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、No.76、1977.3
- 4) 柳田 力、太田 実「コンクリート構造物（橋脚・橋台）耐震設計法（案）」土木研究所資料 第1284号、1977.8