

[65] 補修された鉄筋コンクリート部材の力学的特性に関する研究

正会員 町田 篤彦 (埼玉大学工学部)

正会員 睦好 宏史 (埼玉大学工学部)

1. まえがき

施工不良により生じた鉄筋コンクリート構造物の欠陥を補修あるいは補強する場合、コンクリート表面のはく離、じゃんか、あるいは収縮ひびわれ等の軽微な表面的欠陥は、モルタルなどを用いて比較的容易に補修を行うことが可能である。しかし、施工不良により、鉄筋コンクリート構造物に致命的な構造的欠陥が生じた場合は、構造物の取壊し、再構築が行われることがある。このため、施工不良により構造的欠陥を生じた鉄筋コンクリート構造物に対しても、何らかの工法を用いて補修、あるいは補強を行い、原設計に近い形状及び機能を有する構造物に修復できることが望ましい。

本研究はこのような観点から、鉄筋コンクリート柱あるいは橋脚等を対象として、柱下端部に施工不良による構造的欠陥が生じた構造物に対して、2種類の補修工法を用いて修復し、補修後の部材の力学的特性がどの程度復元できるかを実験的に検討したものである。

2. 実験概要

(1) 供試体

実験に用いた供試体のうち、正常に施工された供試体(O)は、断面が10×15cm高さが60cmである。主鉄筋としてD6を6本用い、帯鉄筋はφ2を4cm間隔で配筋した。引張鉄筋比は0.8%、帯鉄筋比は0.1%である(図-1)。補修に用いた供試体(N, M, E)は図-1と同様であるが、Type Nは柱下端部に欠陥(斜線部)が生じたものとして、荷重方向に対して圧縮、引張側のかぶり部分が高さ7cm程度にわたって欠損しているものを製作し、実験に用いた。Type M, Eは形状寸法はType Nと同様なものを用いたが、その後②に述べるように欠損部を2種類の補修工法を用いて修復を行った。コンクリートの打設方法は通常の構造物と同様に先に基礎部を打込み、その後柱部を打設した。また補修に用いた供試体は、柱下端部に発泡スチロールを挿入しておき、人工的に欠陥を生じさせた後コンクリートを打設した。実験に供した試験体は、Type Oが1体で、Type N, M, Eは各々2体である。

(2) 補修方法

本実験では補修材料として、膨張モルタル及びエポキシ樹脂モルタルを用いた。それぞれの配合を表-1に示す。補修方法は、補修後の供試体の形状寸法が原設計の形状と同一となるように、柱下端部の欠損している部分に型枠を組み、膨張モルタル、エポキシ樹脂モルタルを打設した。

(3) 載荷方法

載荷は正負の繰返し載荷を行い、降伏変位(δv:鉄筋が降伏したときの変位)の整数倍となるような変位でそれぞれ10回ずつ載荷を行った。

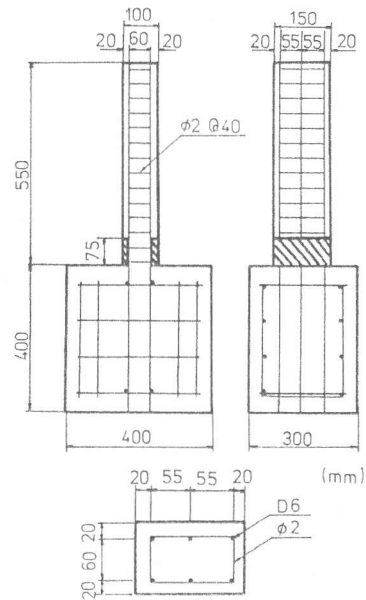


図-1 供試体の形状寸法

表-1 配合

(kg/m ³)	W	C	S	G	AE剤	備考
コンクリート	235	362	876	756	C×0.2%	Gmax=15mm Slump10±1cm

(kg/m ³)	W	C	S	膨張材
膨張モルタル	350	780	874	94

重量比	エポキシ樹脂	S	備考
エポキシ樹脂モルタル	3	1	砂は標準砂を使用

3. 実験結果

(1) 荷重-変位曲線

実験によって得られた主な結果を表-2に示す。図-2は各履歴曲線の包絡線を示したもので、1回目及び10回目に描く荷重-変位曲線を示している。断面欠損があり、補修を行わなかった供試体(N-1)は正常に製作された供試体(O)に比べて耐力は2割程度小さい値を示している。これは明らかに柱下端部における断面欠損による有効高さ、即ちアーム長が小さくなったためである。従って、膨張モルタル及びエポキシ樹脂モルタルを用いて補修を行う場合、曲げモーメントに対して、補修に用いたモルタルが既に打設されているコンクリートと一体となって圧縮力に抵抗しえるかどうかが問題であり、さらに大変形時においては、補修を行わなかった供試体では、3 δ_y 程度で柱下端部にある主鉄筋が座屈し始める。このため、補修した場合には主鉄筋の座屈により補修した部分が、正常に施工されたものと比べてどの程度抵抗しえるかということが主要問題となる。図に示すように1回目に描く荷重-変位曲線は、膨張モルタル、エポキシ樹脂モルタルともに正常に供試体と同じ程度の耐力を示しており、補修による効果は十分であるといえる。また変形性能についても、補修した部分が急激に破壊することがなく良好であるといえる。各変位の10回目に描く荷重-変位曲線に対しては、いずれの供試体についても1回目と比較して、耐力の低下は認められるがその程度は健全なものと同程度あるいは少ないといえる。またエポキシ樹脂モルタルを用いた方が膨張モルタルを使用したものに比べ、繰返しによる耐力の低減はいく分小さくなる傾向がある。

図-3は各供試体の履歴曲線の1, 5, 10回目について示したものである。正常に施工された供試体(O)は典型的な曲げ降伏型の破壊であり、柱の根元部に大きな損傷を受けたが、主鉄筋の座屈による圧縮部のはく離現象は生じなかった。無補修の供試体(N)については、3 δ_y 前後で欠損部において斜引張クラックが生じ、主鉄筋の座屈が起り、最終的には繰返し載荷の影響により鉄筋が破断することによって破壊に至った。膨張モルタルによって補修した供試体(M)は、2 δ_y ~3 δ_y にかけて補修した部分と既存のコンクリート部分の界面にクラックが生じた。このため部材としての一体性はなくなり、補修したモルタルの挙動は柱部のそれとは異なるものである。

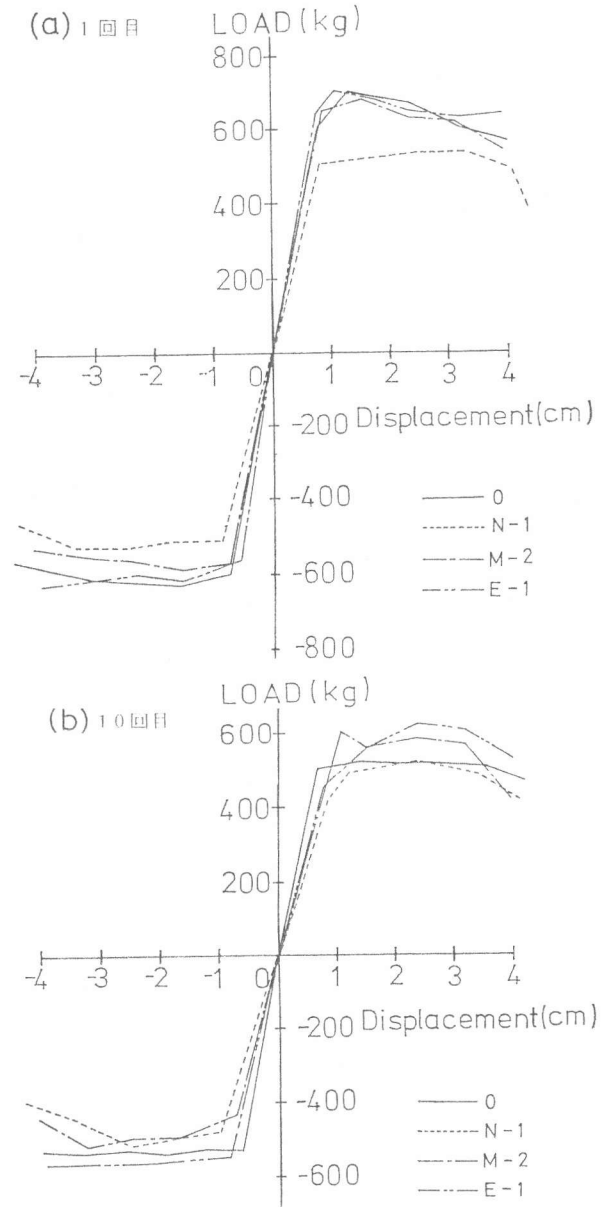


図-2 荷重-変位曲線

表-2 試験結果

供試体 型式 ¹⁾	降伏変位 ²⁾ δ_y (cm)	降伏荷重 ³⁾ (計算値) (kg)	最大荷重 ³⁾ (計算値) (kg)	コンクリート強度 f_c (kg/cm ²)	補修材強度 (kg/cm ²)
O	0.7	590 (585)	680 (647)	3.60	—
N-1	0.8	505 (471)	532 (540)	2.41	—
N-2	0.65	480 (471)	568 (540)	2.41	—
M-1	0.7	596 (585)	600 (647)	2.41	3.74
M-2	0.8	640 (585)	674 (647)	3.50	3.74
E-1	0.8	696 (557)	696 (772)	3.50	4.63
E-2	0.8	664 (557)	716 (772)	3.50	4.63

注：1) O：正常に施工された供試体
N：断面欠損を有する無補修供試体
M：膨張モルタル補修供試体
E：エポキシ樹脂モルタル補修供試体
2) 負荷両側の平均値を示す
3) 正負両側において大きい方の値とした

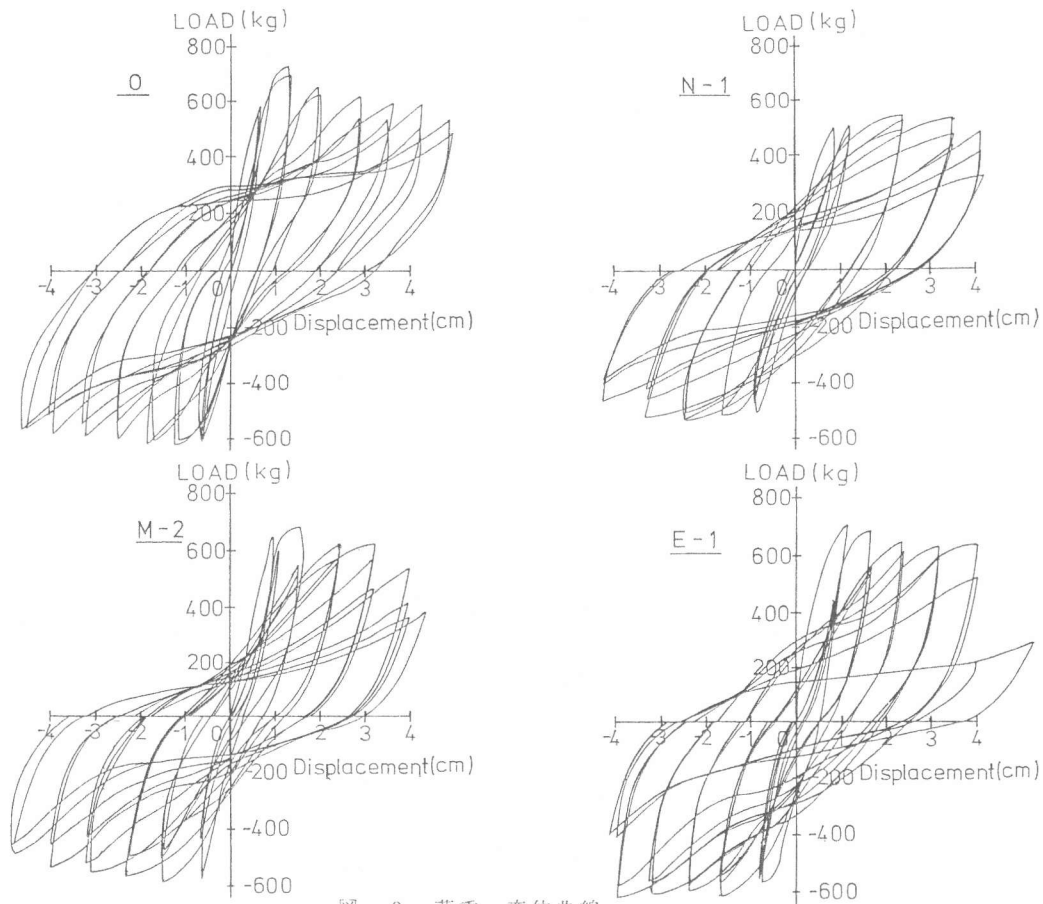


図-3 荷重-変位曲線

即ち、 $3\delta y$ 以後からは変形が進んで、欠損部上面の既存コンクリートが補修モルタルに接したときから圧縮力に対して抵抗するが、逆方向の変形に対しては、力を全く受け持たず、単に独立して存在しているという状態となった。さらに変形及び繰返しが進むことにより主鉄筋の座屈が生じ、モルタル部分のみはく離する現象がみられた($5\delta y$ 途中)。モルタルがはく離した後の状態は無補修の供試体と全く同じ状態であり、最終的な破壊形式も同一であった。荷重-変位履歴曲線は $5\delta y$ の途中までは安定したループを描いているが、ループの形状は健全な供試体と比較していく分やせている傾向にある。エポキシ樹脂モルタルによる場合は、 $3\delta y$ 程度までは既存コンクリートと一体となって荷

重に抵抗し、 $4\delta y$ 程度から補修部分と既存コンクリートとの界面にひびわれが生じ、 $5\delta y$ では膨張モルタルを用いた場合と同じように、主鉄筋の座屈などにより補修した部分のはく離する現象がみられた。しかし補修部分のエポキシ樹脂モルタルは、膨張モルタルに比べてそれ自体大きな損傷はなく、むしろ既存コンクリートとエポキシ樹脂モルタルとの打継ぎ方に主な問題があると思われる。荷重-変位履歴曲線は図に示したように、健全な供試体と同様なループを描き、十分に復元されたといえる。

(2) 柱下端部の回転能の比較

本実験で用いた供試体には柱下端部に断面欠損があるので、この部分における損傷程度を補修した各供試体について比較してみることにする。図-4に示すように、補修箇所の真上に圧縮側及び引張側の2ヶ所に変位計を取付け、回転角を測定した。この測定した回転角の値の中には、曲げモーメントによって生じる曲率を柱下端部

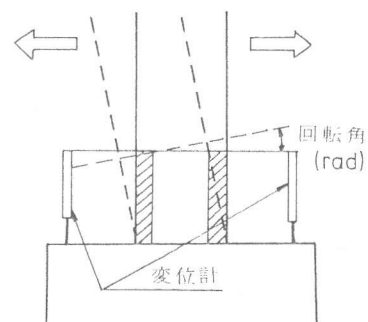


図-4 回転角

から変位計取付位置におけるまでを総和したもの、及びフーチングから主鉄筋が抜け出すことによって生じる回転角などが含まれている。従ってこの回転角は、補修部分に生じた損傷のすべてを含んだ量であるといえる。

図-5は各供試体の第1回目に描く荷重-変位曲線の頂点において測定された回転角とモーメントとの関係を示したものである。一般に曲げ降伏型の部材では、柱頭部の変位は柱下端部の回転量によって大部分が支配されるので、補修方法あるいは補修材料によって、変位と回転角の挙動は相違するはずである。しかし本実験で用いた補修材料の材料特性は、コンクリートとほぼ同じであるため、モーメントと柱下端部の回転量との関係は図-2に示した荷重-変位曲線とほとんど同じ挙動を示している。また各変位段階における柱下端部の回転量を示したのが図-6である。

図から分かるように、 $3\delta_y$ 程度の変位では、いずれの供試体についても柱下端部の回転量は変わらないが、それ以後は正常に製作された供試体、エポキシ樹脂モルタル、膨張モルタル、無補修の順でわずかながら回転量は大きくなってきており、補修箇所の損傷程度も同様の順であるといえる。

4. 結 論

本研究は、鉄筋コンクリート柱あるいは橋脚などに、施工不良が原因で構造的欠陥が生じたものについて、膨張モルタル及びエポキシ樹脂モルタルの2種類の材料を用いて補修し、これにより、どの程度もとの部材の力学的性状に復

元できるかを実験的に検討したものである。本実験で使用した供試体は、鉄筋比が小さく、せん断支間比は大きいので、その変形性能に関してはあまり問題とならず、むしろ耐力的に復元しえるかどうか、および繰返しによって生じる補修部の損傷の程度などが主な問題である。本実験の範囲内で得られた結論は以下に示すとおりである。

(1) 補修材として用いられた膨張モルタル、およびエポキシ樹脂モルタルは、耐力的には正常に施工された部材とほとんど変わらない。しかし繰返し荷重による耐力の低減度は、膨張モルタルを用いた方がやや大きい傾向にある。これは主に、既設コンクリートと補強材との打継ぎ方による影響が大きいと思われる。

(2) 大変形を受ける場合には、圧縮側主鉄筋が座屈し、これにより圧縮部の補修モルタルがコンクリートからはく離する現象が生じた。このような状態においても圧縮部ではモーメントに抵抗することができるので、荷重-変位曲線にはほとんど影響を及ぼさない。しかし、実際の構造物に適用した場合には、このようなはく離、あるいははげ落ちる現象は外見上及び使用性からも好ましくない。従って、既設コンクリートと補修材にアンカー等をもうけて補強するか、あるいは帯筋のようなものを巻き、補修材がはげ落ちないように補強する必要がある。

本研究を行うにあたり、埼玉大学工学部文部技官 佐藤昭七郎氏、山田康司氏の協力を得た。ここに記して謝意を表します。また本研究の一部は文部省科学研究費補助金(課題番号57850151)を受けて行ったものである。

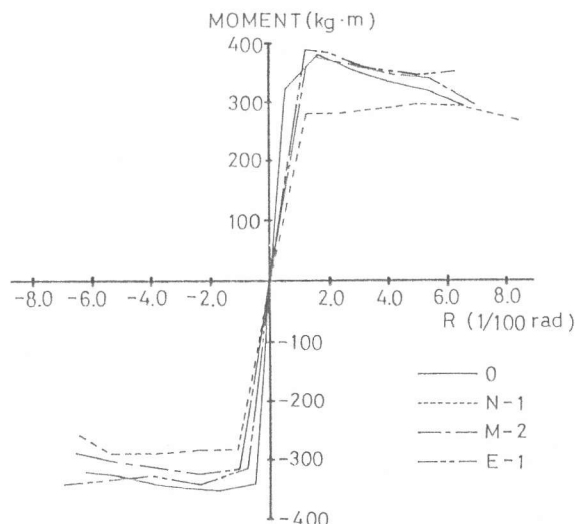


図-5 モーメントと回転角との関係

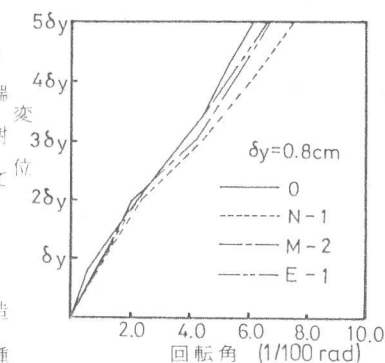


図-6 変位と回転角との関係