

PRC 橋脚耐震性能試験に関する研究

三浦 晋*, 塩井 幸武**, 長谷川 明***

Seismic Performance of Precast Prestressed Reinforced Concrete (PRC) Piers

Susumu MIURA*, Yukitake SHIOI** and Akira HASEGAWA***

Abstract

Precast prestressed reinforced concrete (PRC) pier is advantageous to cast-in-place concrete pier on points of construction period, working space, etc. To clarify the fundamental characteristics of PRC, nine types of models are tested under cyclic lateral loading. As the result, (1) PRC piers have the same maximum load in comparison to RC piers but better ductility. (2) The design of PRC piers should be based mainly on bending moment but not shear force to due bending moment failure.

Keywords: precast, prestressed reinforced concrete (PRC), seismic performance, bending failure, damping coefficient

1. はじめに

鉄筋コンクリート (RC) 橋脚は、現場打ちコンクリートで施工するのが通常である。兵庫県南部地震において曲げせん断破壊で多くの RC 橋脚が崩壊した。これ以降、地震時水平保有耐力について照査が行われ、多くのせん断補強筋の配置が義務付けられている。そのため、現場打ち施工での鉄筋組み立て、型枠の取り付け、コンクリート打設の作業の繰り返しは、工期・作業空間の確保等の点で大きな負担となっている。これらの問題を解決する方法として、プレキャスト橋脚が考えられる。既存の工場製作されたプレキャスト部材による橋脚は各接合目地で継手治具が必要であり、設計上特別な考慮が必要である。

そこで本研究では、各目地で主筋を貫通させて継手治具を省略し、コスト削減および施工性の向上を図った PRC プレキャスト橋脚の耐震性を検討した。従来の現場打ちコンクリート一体施工で製作された橋脚の力学的性状と比較するために、同じ断面性能の PRC プレキャスト橋脚の耐震性を正負交番水平載荷試験で検証した。本論文では PRC プレキャスト橋脚に関する試験の概要、試験結果および得られた知見について述べる。

2. PRC プレキャスト橋脚の概要

PRC プレキャスト橋脚の概念を図-1 に示す。また、施工の流れを図-2 に示す。

PRC 橋脚は、工場で作成されたプレキャスト部材を架設位置に運搬し、部材端面に接着剤を塗布して積み重ね、PC 鋼材により約 1 N/mm^2 程度のプレストレスを導入し仮固定する。この作業を繰り返し行い、構築完了後に部材を貫通するシース内にモルタルの注入および主筋の圧入をするものである。現場打ちコンクリート橋脚

平成 12 年 10 月 15 日受理

* 大学院工学研究科土木工学専攻博士前期課程・2 年

** 構造工学研究所・教授

*** 土木工学科・教授

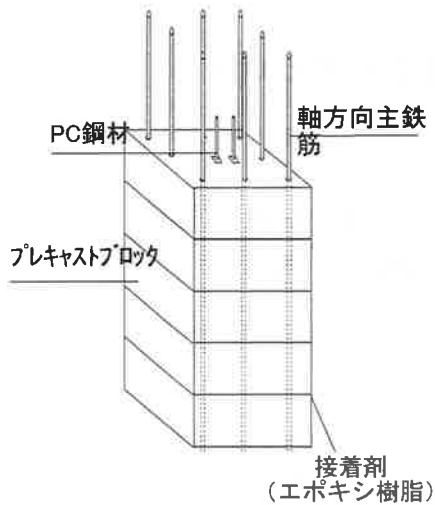


図-1 PRCプレキャスト橋脚の概念

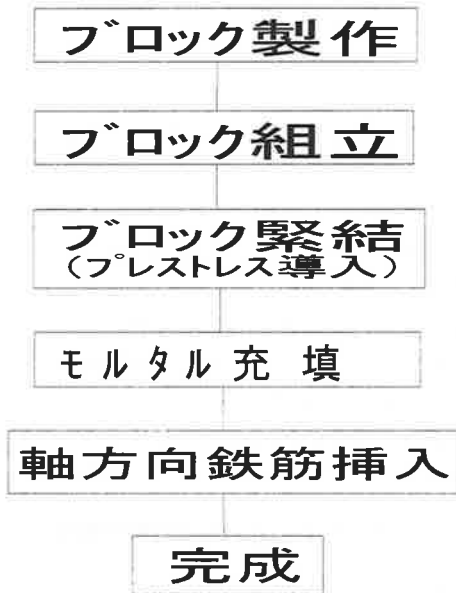


図-2 施工の順序

と比べてコスト面で不利であるが、短期間・狭い空間での施工が可能となるため、全体工事費では優れ、都市内施工や急速施工において適したものである。PRCプレキャスト橋脚は、曲げモーメントに対して主に主筋で抵抗し、せん断力には接合面のせん断伝達およびPC鋼材等の

ダウエル作用で抵抗する。

3. 試験概要

3.1 供試体

実験に用いた供試体の形状、寸法を図-3に示す。柱部の断面寸法を40 cm×40 cmの正方形断面とし、載荷スパンを柱基部から1.5 mとした。これらの寸法は、載荷実験を実施する載荷装置や載荷能力を考慮して決定した。検討項目は①主筋の種類（鉄筋、PC鋼より線）、②プレキャスト部の目地、③主筋端部固定方法（フーチング内の主筋端部の固定方法）、④連結用PC鋼材の付着の有無として、一体施工された供試体（異形鉄筋・PC鋼より線の2体）と各接合方法によって制作されたPRCプレキャスト供試体（7体）との水平方向保有耐力性能の比較を行った。各供試体の一覧、構造諸元を表-1, 2に、断面と配筋を図-4に示す。一体施工された異形鉄筋（TC）、PC鋼より線（YC）供試体以外のPRCプレキャスト部材には目地部にエポキシ樹脂を塗布した。また、主筋を鉄筋としたTシリーズと主筋をPC鋼より線とした

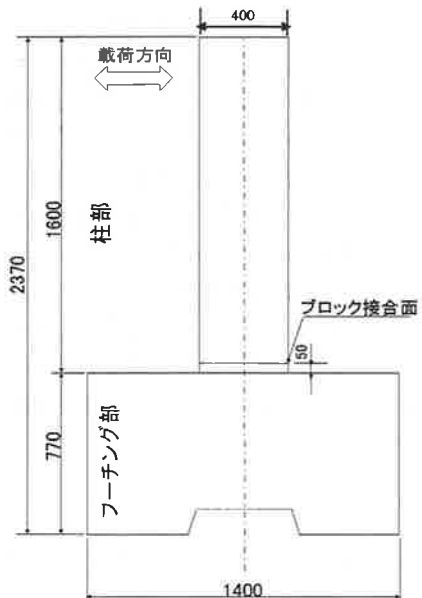


図-3 供試体の基本寸法

表-1 供試体一覧

供試体名	主筋の種類	主筋の定着	固定方法	PC 鋼棒の定着	備 考
TC	鉄筋 (SD345, D13)	コンクリート		アンボンド	プロトタイプ
TMKK		モルタル	完全固定		下端定着体設置 ¹⁾
TMFK			付着固定		定着長 50D
TMSK			支圧固定		主筋端部ナット設置 ²⁾
TSKK		セメントペースト	完全固定	ボンド	下端定着体設置
TMKB		モルタル			
YC	PC 鋼より線 (SWPR7A, 1T9.3)	コンクリート		アンボンド	プロトタイプ
YMKK		モルタル	完全固定		下端定着体設置
YSKK		セメントペースト	完全固定		下端定着体設置

- 1) 付着長が十分に確保できることを前提に、フーチング下端にプレートを設置し主筋端部を外側よりナットで固定したものである。
- 2) 付着固定で不十分な場合の改善策で、主筋下端にナットを設置しその支圧によって固定するものである。

表-2 供試体緒元

		T シリーズ	Y シリーズ	備 考
諸元	断面寸法 (mm)	400×400		
	部材高さ (mm)	1500		
	せん断支間比 (mm)	3.75		
主筋	種類	SD345, D13	SWPR7A, 1T9.3	
	主筋比	0.0095	0.0026	主筋のみ
		0.011	0.0042	PC 鋼棒含む
	降伏点 (N/mm ²)	371	1771	
	降伏力 (kN)	47.0	91.4	
	種類	SD345, D6		
	帯鉄筋	間隔 (mm)		30
	体積比	0.0126		
PC 鋼棒	種類	φ13		930/1080, 伸び 12%

Y シリーズの配筋は終局耐力を同等になるように決定した。

3.2 载荷荷重

軸方向には、各供試体において 1 N/mm² の軸応力度に相当する軸力 160 kN を油圧ジャッ

キにより载荷した。この軸力は水平方向载荷中も一定とした。水平方向は押し引き用の油圧ジャッキを用いて、正負交番水平载荷とした。载荷は回転角(水平変位/载荷スパン)で制御した。载荷ステップは計算上のひび割れ荷重時、鉄筋降伏荷重時、これ以降は 1/200 rad の整数倍と

し、各ステップ毎に3サイクルの繰り返し荷重を行った。押し引きの最大荷重時において1分のホールド時間を設けた。また、最大荷重の80%を下回った場合を部材の終局状態とした。

3.3 荷重装置

試験では供試体に反力フレーム用いて、正負交番水平荷重を行った。荷重時のねじれ等に対してはフーチングの回転角および移動を、変位計を設置して計測した。荷重装置の一例を図-5に示す。

3.4 測定項目

鉛直および水平方向荷重はロードセルで測定した。変位は図-6に示すように荷重点、柱基部の水平変位と鉛直変位を測定した。鋼材のひずみは、軸方向鉄筋およびPC鋼材に貼付したひずみゲージを用いて測定した。表-3に計測項目の一覧を示す。

3.5 モルタル、コンクリートの圧縮強度

供試体を使用したコンクリートおよびシース

内に充填したモルタル・セメントペーストの圧縮強度試験の結果を表-4に示す。

4. 結果および考察

4.1 履歴特性

全供試体の荷重荷重と荷重点変位の履歴を図-7に示す。

(1) 異形鉄筋シリーズ (Tシリーズ)

図-7より最大荷重は、全供試体とも約100kNで一体施工された供試体(TC)と他のPRCプレキャスト供試体の耐荷力は、ほぼ同等と言える。最大変位は、一体施工された供試体では、荷重回転角9/200rad(67.5mm)までの変位であったが、PRCプレキャスト供試体では10/200rad(75mm)以上の変位を示している。一体化施工されたものに比べPRCプレキャスト供試体の主筋をシース内でモルタルまたはセメントペーストで付着固定した事による耐荷力、変位に与える影響は耐荷力では同等で、変形性能では優れていると言える。

主筋を異形鉄筋にしたシリーズの履歴特性は、最大曲げモーメント指向型の履歴曲線を示

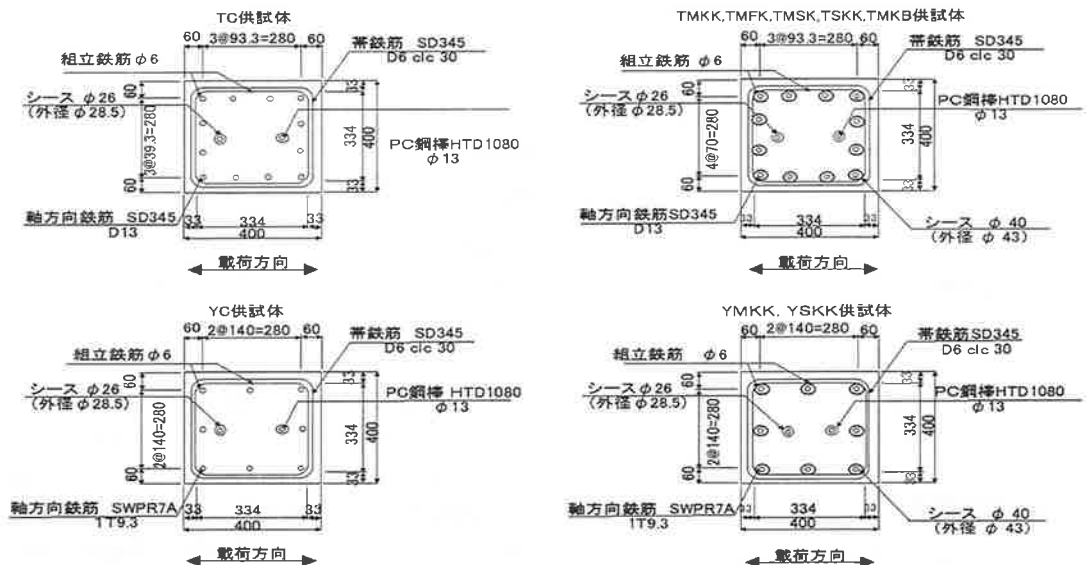


図-4 供試体の断面と配筋

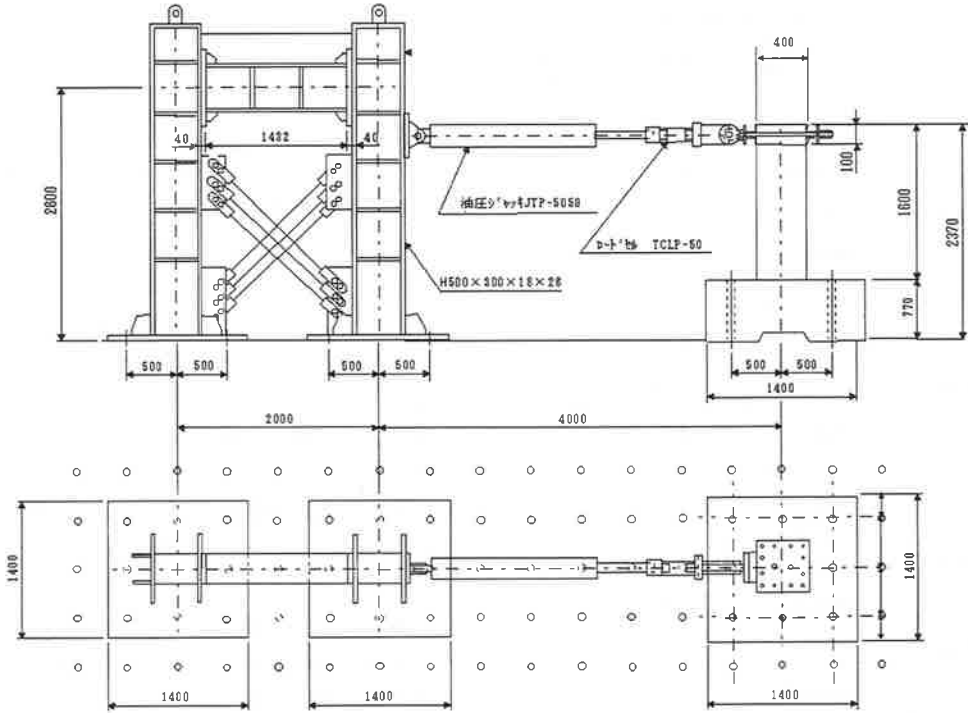


図-5 載荷装置

表-3 計測項目

項 目	計 測 器	計 測 目 的
水平荷重	押引きロードセル (500 kN)	P～Δ
鉛直荷重	ロードセル (300 kN)	PC 鋼棒の増加力の測定
水平変位	変位計 (200 mm, 100 mm)	P～Δ
鉛直変位	変位計 (100 mm)	曲率の検討
フーチング鉛直・水平変位	変位計 (100 mm)	フーチング回転量の測定
主筋のひずみ	塑性ゲージ (10 万 μ まで)	ひずみ分布, 座屈, 塑性ヒンジ長, 伸びだし量測定
PC 鋼棒のひずみ	塑性ゲージ (10 万 μ まで)	アンボンド時の平面保持の確認
帯筋のひずみ	塑性ゲージ (10 万 μ まで)	座屈確認

した。しかし、最大曲げモーメント指向型の履歴曲線を示す RC 橋脚の破壊形態は、曲げせん断破壊による。一体施工された供試体は、曲げせん断の破壊形態をとったが、PRC プレキャスト供試体では、目地部にひび割れが集中する曲

げ破壊であった。

また、完全ボルト固定の TMKK 等において $1/200$ rad で変位が急増して曲線が Y 型になっている理由は、初期降伏 1 サイクル目は荷重制御としていたため、目地部の鉄筋とモルタルの

表-4 圧縮強度試験結果

	テストピース種別	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 ($\times 10^4$)
TC	フーチング部	45.48	3.32
	橋脚部	44.65	3.27
TMKK	フーチング部	50.19	3.18
	橋脚部	45.82	3.12
TMFK	フーチング部	49.95	3.26
	橋脚部	43.82	3.36
TMSK	フーチング部	50.39	3.55
	橋脚部	45.20	3.15
TSKK	フーチング部	50.84	3.12
	橋脚部	45.01	3.14
TMKB	フーチング部	50.16	3.23
	橋脚部	47.86	2.97
YMKK	フーチング部	49.93	3.18
	橋脚部	46.56	3.11
YSKK	フーチング部	50.95	3.23
	橋脚部	45.27	3.28

接着が切れた瞬間に目地が大きく開いたことによる。

(2) PC 鋼より線シリーズ (Y シリーズ)

図-7 より耐荷力, 変形性能とも PRC プレキャスト供試体 (YMKK, YSKK) の方が, 一体化施工された供試体 (YC) より優れていると言える。YC は PC 鋼より線のモルタルとの付着が弱く, 徐々に引抜けて最終の破壊に至らなかった。また, PC 鋼より線シリーズにおいてもモルタルとセメントペーストの間の付着固定の方法による差は見られなかった。

主筋を PC 鋼より線にしたシリーズの履歴特性は, 原点指向型の復元力特性を示した。原点指向型は除荷時の剛性が原点へ戻る勾配をもつため, 変形量が大きいくほど剛性低下が著しい。一方, 最大変形時よりも小さい荷重の繰返しでは, 履歴ループを描かず, 直線的变化をするため, 履歴減衰が極めて小さい。本試験における破壊形態も曲げ破壊であった。

(3) T シリーズと Y シリーズの比較

主筋をモルタルで付着固定させたもの (TMKK と YMKK) は, 変形性能においてほぼ同等である。一体化施工の供試体 (TC と YC) とセメントペーストで付着固定させた供試体

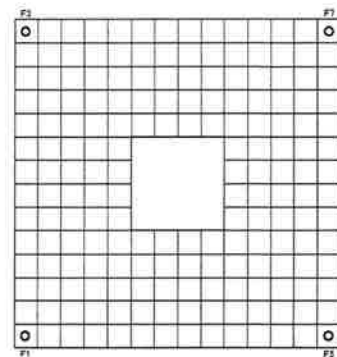
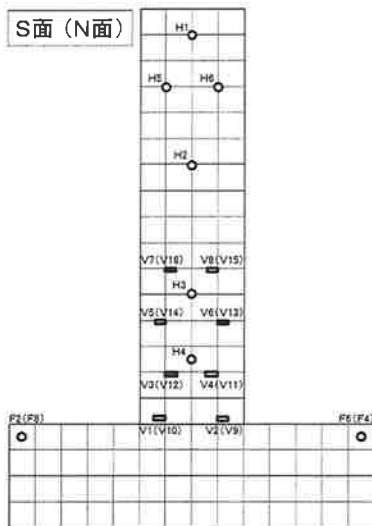


図-6 変位計の計測位置

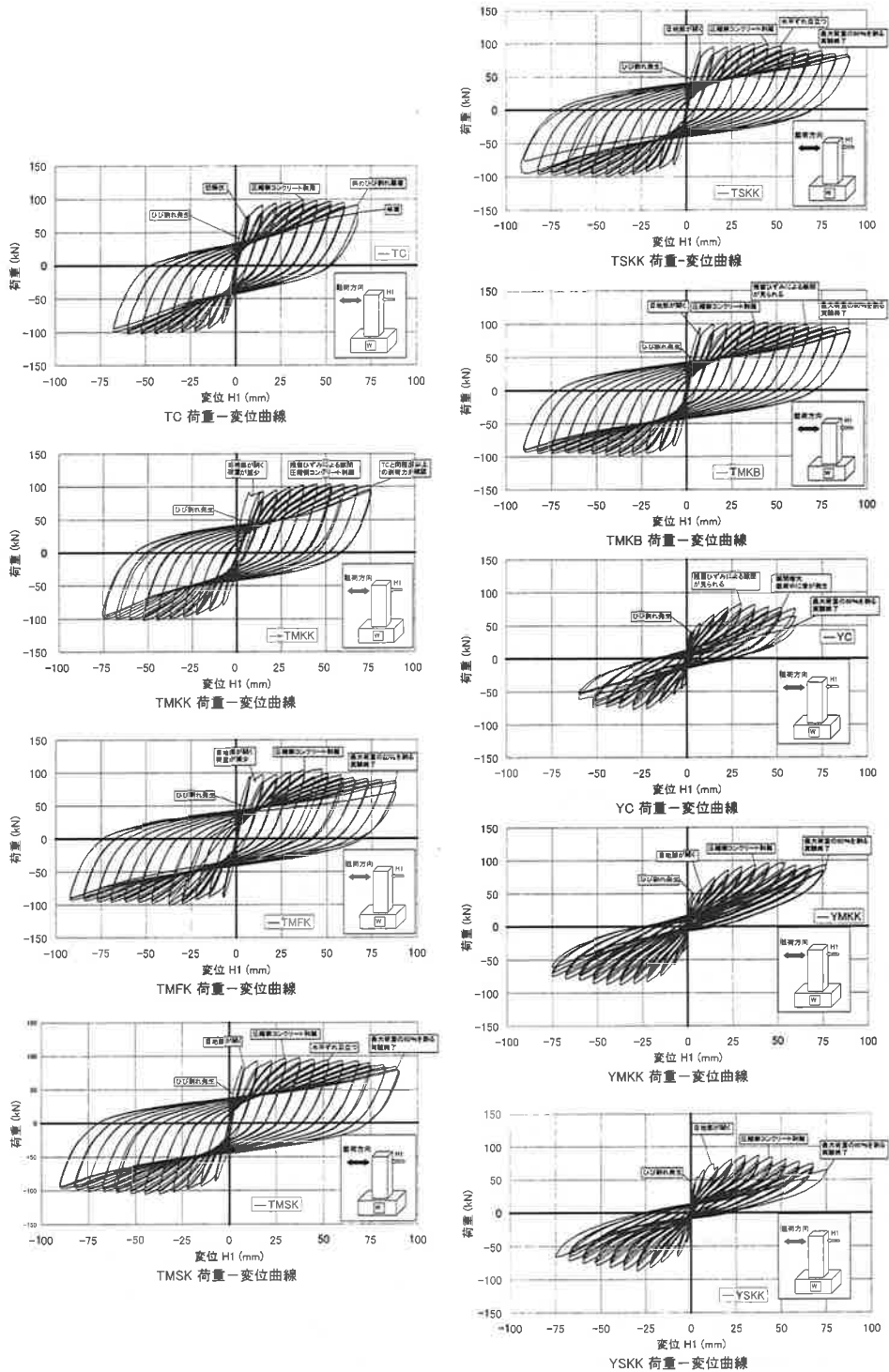


図-7 荷重-変位曲線

(TSKK と YSKK) では、T シリーズの方が優れていると言える。YC と YSKK ではコンクリート、モルタルの付着強度が弱く、早い段階から PC 鋼より線がフーチング部でも伸び出したために耐荷力、変位は小さな値を示したものと思われる。

鉄筋シリーズでは荷重ステップの早い段階で鉄筋が降伏しているが、Y シリーズでは、終局近くまで降伏していない。このことから PC 鋼より線を使用した場合、降伏までには変位が大幅に増大していると言える。

Y シリーズは、T シリーズに比べて復元力特性に優れており、終局時の残留変位は鉄筋シリーズが約 50 mm であるのに対し、約 20 mm である。

4.2 主筋のひずみ分布

全供試体の 1 サイクル目に荷重した時、引張り側となる主鉄筋のひずみ分布を図-8, 9 に示す。

(1) T シリーズ

一体施工された供試体 (TC) において、ひび割れが最初に発生した柱基部 (0 mm) でひずみの増加が見られた。続いて曲げひび割れが発生した位置 (200 mm) が増加しており、ひずみはその 2 点で最大 (約 $3,8000 \mu$) となり、ひずみの局在化が見られた。途中の 10 cm の位置はひび割れ幅も大きくならず、ひずみの増加も見られなかった。これは鉄筋とコンクリートの付着がまだ効いていたためと思われる。

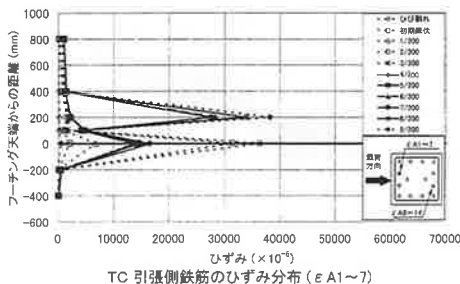


図-8 主筋のひずみ分布 (TC)

PRC プレキャスト供試体においては、初め目地部に発生したひび割れからひずみが増加している。荷重が進むにつれてひずみは目地位置から上下方向にも広がった。主筋をモルタルで付着させたもの 4 体 (TMKK, TMFK, TMSK, TMKK) のひずみの最大値は一体化施工の供試体を上回った。これは、ひずみが一カ所に集中、降伏ひずみ以上の繰返し変形を受ける間に累積された残留ひずみによるものである。

(2) Y シリーズ

PC 鋼より線は付着強度が小さいために、一体施工の供試体 (YC) とセメントペーストで付着固定させた供試体 (YSKK) では、荷重回転角が増加するに従って、PC 鋼より線がフーチング部でも伸び出したが、そのひずみの値は PC 鋼より線の降伏ひずみ ($9,129 \mu$) に至らなかった。

モルタルで付着固定させた PRC プレキャスト供試体 (YMKK) では、最大で降伏ひずみと同程度の値を示した。よって、Y シリーズの PRC プレキャスト供試体は、終局状態に近い段階でも鋼材は未だ弾性域で高い復元力特性を持つ。PC 鋼より線の付着強度を高めれば、さらに大きい耐荷力を保持できるものと思われる。

4.3 主鉄筋の拘束状態

通常 RC 橋脚では、帯鉄筋ならびに帯鉄筋で囲まれたコンクリートが主筋を拘束して座屈を防止している。しかし、PRC プレキャスト橋脚の主筋は、グラウト材 (モルタル・セメントペースト) およびシースを介して帯鉄筋に拘束されている。よって各供試体における主鉄筋の拘束状態を圧縮側帯鉄筋のひずみと主鉄筋のひずみによって比較した結果を表-5、図-10 で示す。

(1) T シリーズ

帯鉄筋のひずみにおいて TC, TMSK で主鉄筋の座屈による大きな変化が見られたが、その他の供試体では見られなかった。TMSK に座屈現象が生じたのは、下端にナットを設置した主鉄筋をシース内のモルタルの中に押し込んでい

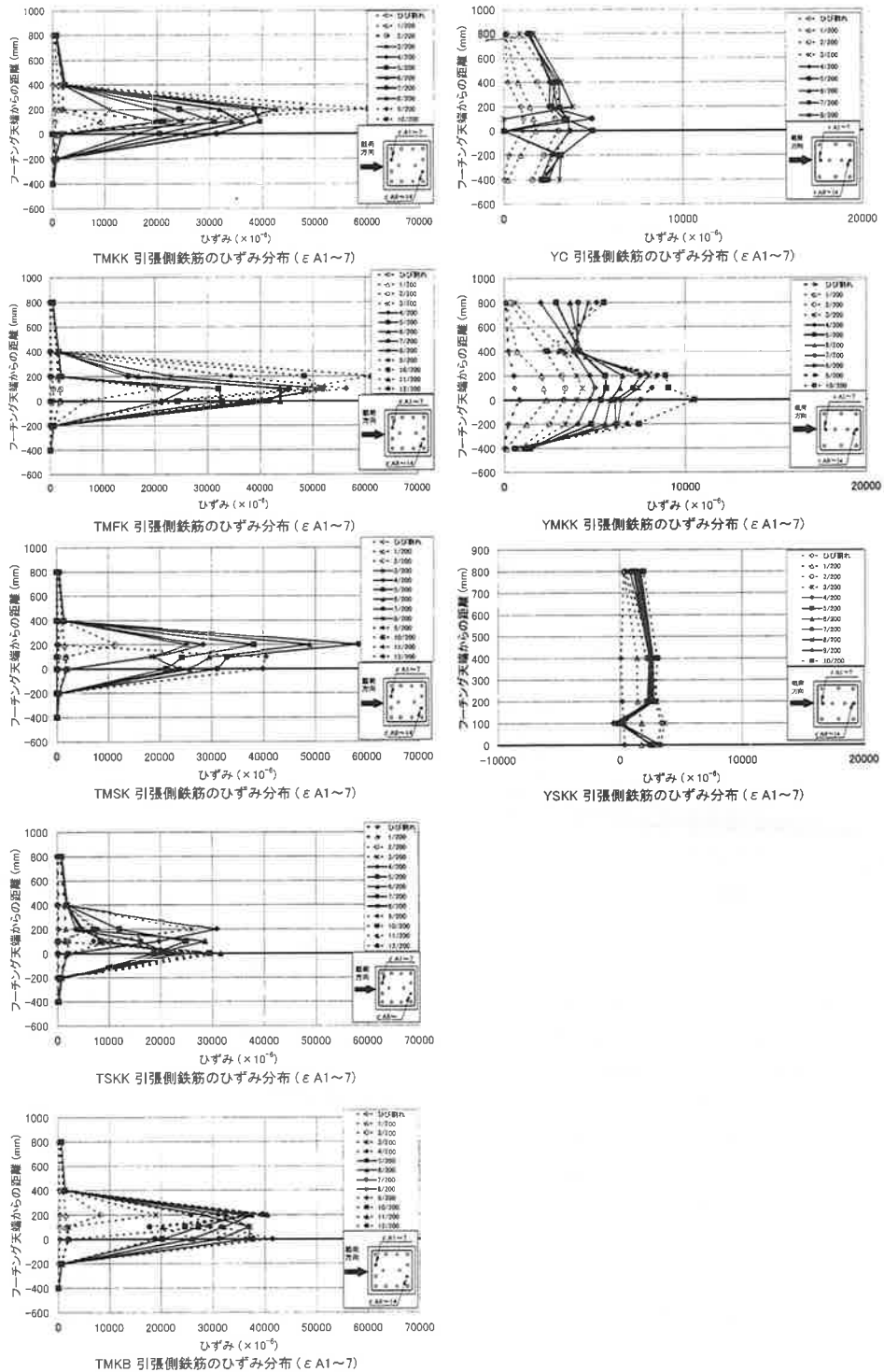


図-9 主筋のひずみ分布 (T, Y シリーズ)

表-5 座屈現象の開始時の回転角

	帯筋のひずみ ¹⁾		主筋のひずみ ²⁾		
	変化点 (rad)	最大ひずみ (μ)	変化点 (rad)	最大ひずみ (μ)	折れ点 ³⁾ (cm)
TC	6/200	889	5/200	13,323	10
TMKK	変化無し	170	7/200	24,094	0, 10, 20
TMFK	変化無し	117	9/200	43,174	0, 10, 20
TMSK	8/200	1,839		32,347	10
TSKK	6/200	294		26,735	0, 10, 20
TMKB	変化無し	256		26,439	0, 10, 20
YC	変化無し	231	5/200	17,345	0
YMKK	変化無し	196	5/200	12,021	20
YSKK	変化無し	217	5/200	7,872	0, 10, 20

- 1) フーチング天端より 10 cm 上の位置。
- 2) 押し裁荷時の圧縮側主筋のひずみ。
- 3) フーチング天端からの距離

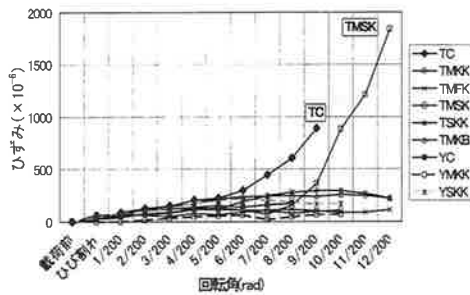


図-10 圧縮側帯鉄筋のひずみ-回転角曲線

るために主鉄筋の周りのモルタル充填が不十分で、圧縮された主鉄筋のひずみが、局部的に集中したためと推測される。主鉄筋の最大ひずみは一体施工された供試体 (TC) よりも PRC プレキャスト供試体の方が大きい。主筋のひずみが大きいに対して帯鉄筋への影響が現れなかった原因として、載荷が進むにつれてシース内のモルタルがひび割れしても、シースが主鉄筋を拘束していた状態であったため、主鉄筋のふくらみで帯鉄筋を押す影響が小さくなったものと考えられる。

(2) Y シリーズ

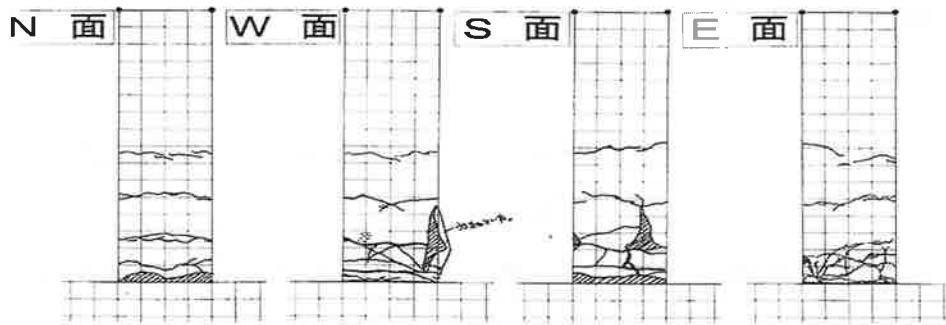
Y シリーズにおいて、主鉄筋の座屈による帯鉄筋ひずみの大きな変化は見られなかった。これは載荷が進むにつれて主鉄筋のよりが解け、モルタルはひび割れたが、シースで主鉄筋を拘束している状態になるため、解れたより線での帯鉄筋を押す力が小さかったためと考えられる。セメントペーストで付着固定した供試体 (YSKK) において主鉄筋のひずみ最大値が小さいのは、PC 鋼より線とセメントペーストの付着が弱いため、早い段階で付着が切れて伸びが全体に拡がったためと推測される。

4.4 破壊状況

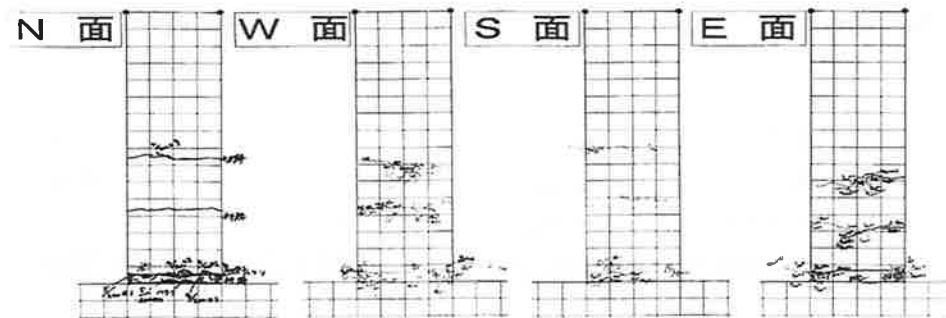
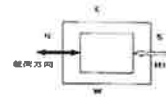
破壊状況のスケッチを図-11~13 に示す。

(1) T シリーズ

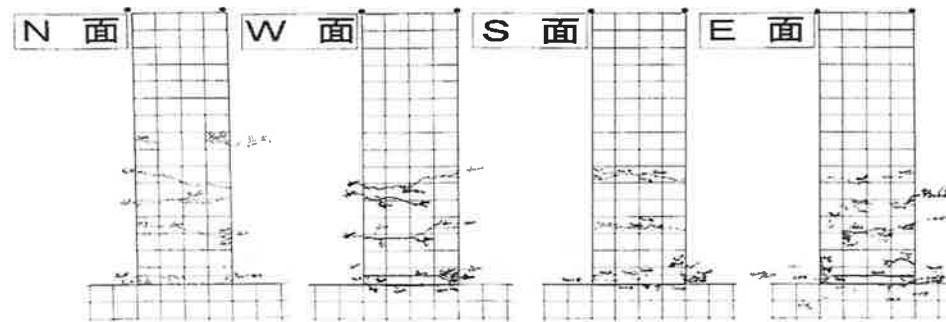
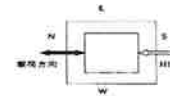
一体施工された供試体 (TC) では、載荷荷重 40 kN にて柱基部にひび割れが発生した。その後、基部より 25, 50, 75 cm の位置にひび割れが生じ、5/200 rad で柱基部の圧縮側コンクリート部分が剥落し始め、6/200 rad において引張側でも剥落し始めた。終局状態の、9/200 rad で



ひびわれ状況－T C



ひびわれ状況－T M K K



ひびわれ状況－T M F K

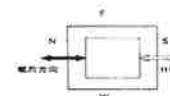
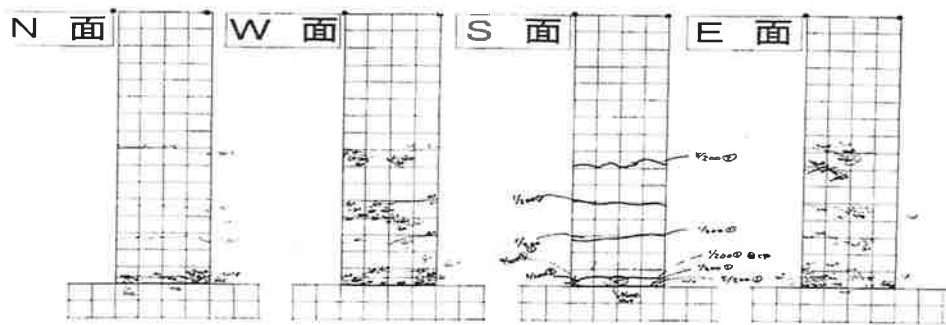
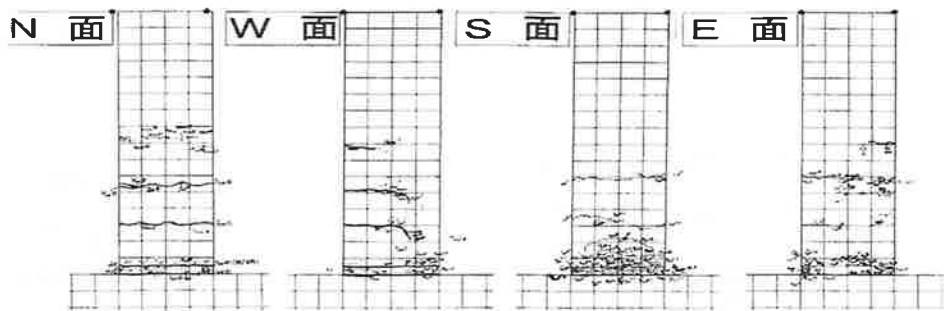
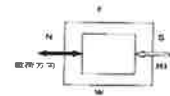


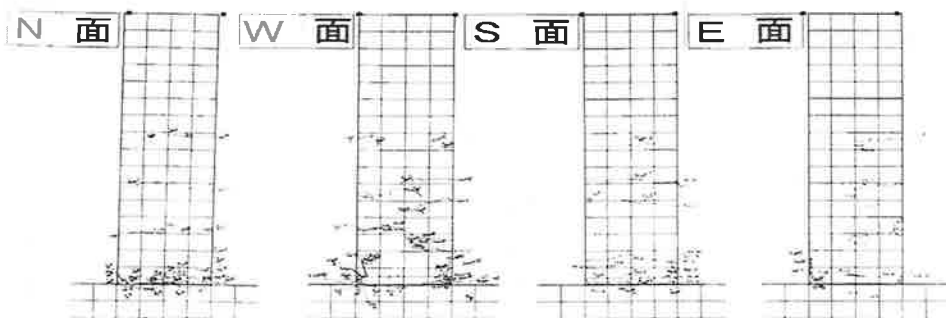
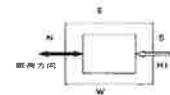
図-11 Tシリーズのひび割れ状況図 (1)



ひびわれ状況－TMSK



ひびわれ状況－T S K K



ひびわれ状況－T M K B

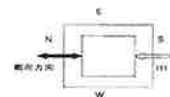
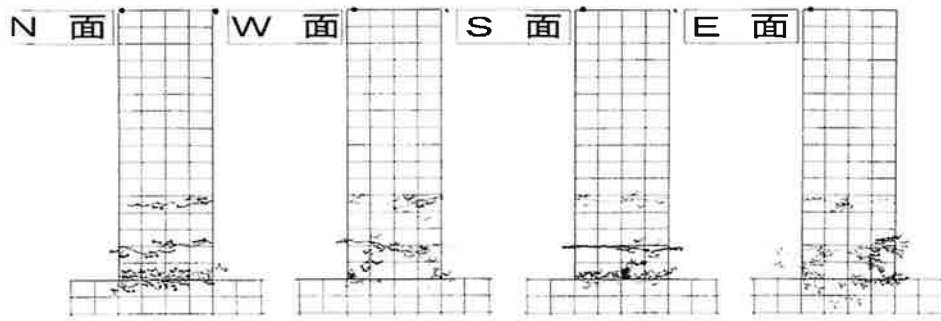
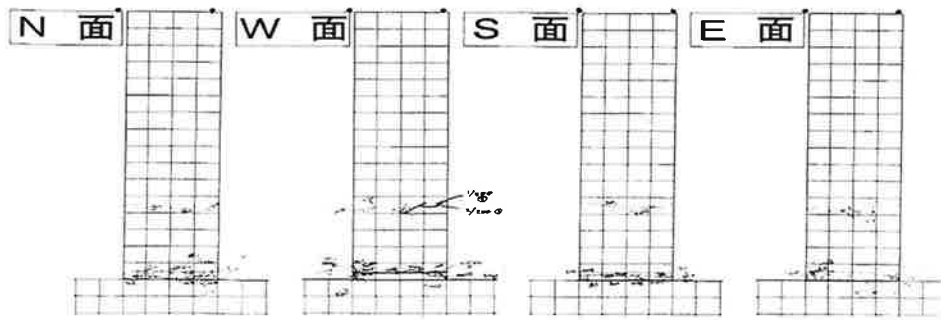
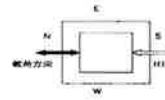


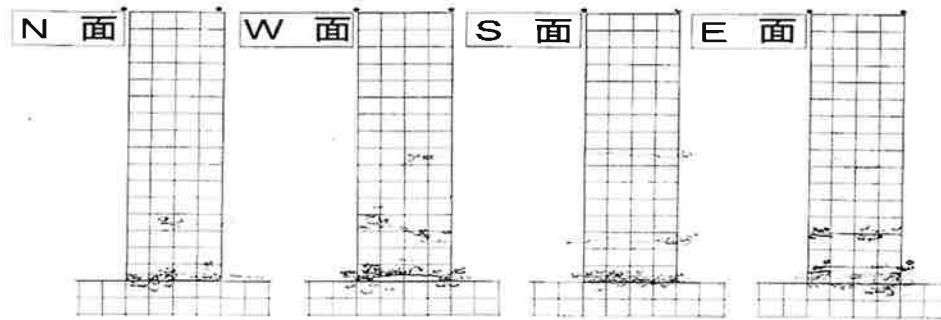
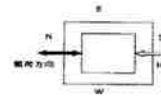
図-12 Tシリーズのひび割れ状況図 (2)



ひびわれ状況－Y C



ひびわれ状況－Y M K K



ひびわれ状況－Y S K K

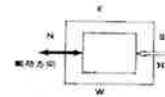


図-13 Yシリーズのひび割れ状況図

斜めひび割れが顕著になり、W面の右側において、柱基部から45 cmの範囲でコンクリートが大きく剝落した曲げせん断破壊であった。圧縮側鉄筋の座屈による影響は、柱基部より5~10 cmの範囲であった。終局時は、基部より20 cmまでの帯鉄筋位置でのひび割れ増加が見られた。

PRCプレキャスト供試体(TMKK, TMFK, TMSK, TSKK, TMKB)においては、載荷荷重約50 kNで柱基部にひび割れが発生、その後5~85 cmの範囲でひび割れが発生した。1/200 radから目地部の接着剤が剝がれ、ひび割れが集中した。変位の増大に伴い、目地部でのひび割れ幅だけが大きくなり、新たなひび割れの発生は無かった。目地部より下側の圧縮側のコンクリートの剝落が顕著となる、目地部での曲げ破壊であった。

(2) Yシリーズ

一体施工された供試体(YC)では、45 kNで、ひび割れが基部に発生した。その後、基部より20 mm, 45 mmの位置にひび割れが生じ、4/200 radにて残留変位が増大すると共に、柱と接するフーチング部のコンクリートの浮き上がりが生じた。また、ひび割れの数は、Tシリーズに比べて少ない。より線がコンクリートからの伸

び出しを生じているために本来の一体化とはならず、フーチング部のコンクリートの浮き上がりによる荷重低下で終局を迎えたが、W面でわずかながら曲げせん断破壊による斜めひび割れが見られた。

PRCプレキャスト供試体(YMKK, YSKK)において、YMKK 40 kN, YSKK 45 kNにて初期のひび割れが発生した。その後、45 cm部分でひび割れが発生、目地部の接着剤が剝がれ、目地部にひび割れが集中し、ひび割れ幅だけが大きくなる曲げ破壊を起こした。

4.5 シース内のモルタル破壊状況

PRCプレキャスト供試体において、曲げ破壊の先行はモルタルと鉄筋の付着が切れていることによると推定されたために、供試体内部のシースを柱基部から1 mの区間を取り出した。それを20 cm間隔で切断、赤インクに浸した後、内部ひび割れの調査を行った。

(1) Tシリーズ

異形鉄筋からは鉄筋に沿った剝離と明らかなGoto Crack (写真2~3)が観察された。Goto Crackとは、鉄筋近傍のコンクリートに発生する微小な付着ひび割れの事である。基部付近(写真-6)では、主鉄筋の一部で座屈が起きている

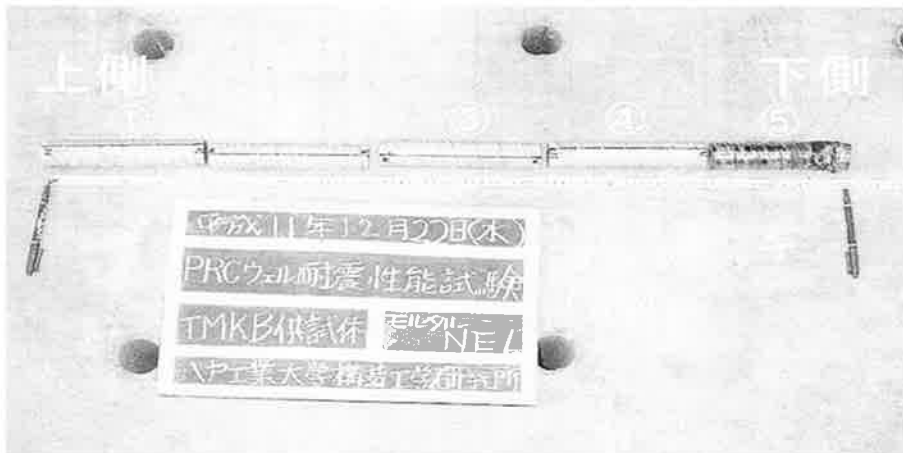


写真-1 切断したモルタルの状況



写真-2 ひび割れ状況（異形鉄筋 ①）

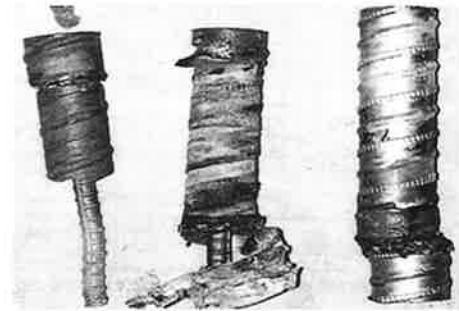


写真-6 鉄筋の座屈状態

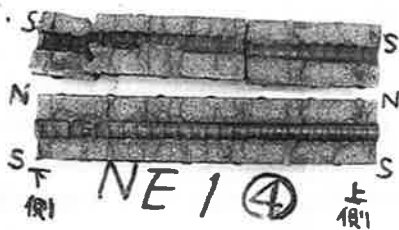


写真-3 ひび割れ状況（異形鉄筋 ④）

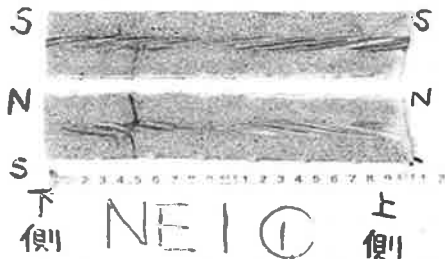


写真-4 ひび割れ状況（PC 鋼より線 ①）

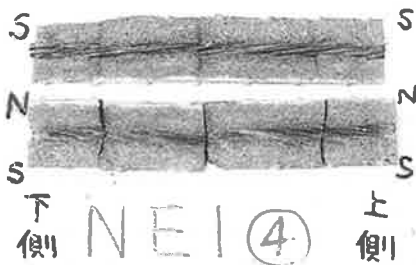


写真-5 ひび割れ状況（PC 鋼より線 ④）

ことが分かる。また、シースを剥ぐとモルタルが形状を保てず粉々の状態で剥がれ落ちたことから、微細なクラックが無数に生じてモルタルが粉碎されていたことが分かる。この事より、載荷が進むにつれて主鉄筋からコンクリートへのせん断力の伝達が低下し、鉄筋の応力が平均化され、大きな変形性能を持つ曲げ破壊になったものと推定される。

(2) Y シリーズ

PC 鋼より線においても、剥離と Goto Crack は観察されたが、T シリーズに比べるとひび割れは極めて少なく、ひび割れ間隔も長い。より線が回転しながら伸縮・移動し、付着が切れていったものと考えられる。

4.6 エネルギー吸収性能

各供試体の荷重-変位曲線の各ステップ 1 サイクル目の履歴曲線より求めた減衰定数（式 (1)、図-14）を比較したものが図-15 である。

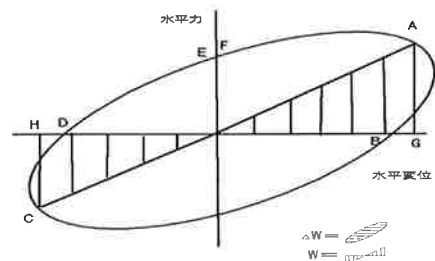


図-14 減衰定数

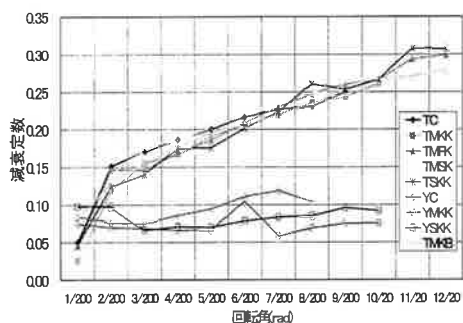


図-15 減衰性能

$$h_e = \frac{1}{2\pi} \times \frac{\Delta W}{W} \quad (1)$$

ここで、 ΔW : 1 サイクルの損失エネルギー (エネルギー吸収量)、 W : ひずみエネルギーまたは仕事量。

T シリーズの場合は、減衰定数は変形と共に直線的な増加を示し、いずれもほぼ同じ値となっている。初期減衰が5% 以下なので RC 橋脚とほぼ同等の履歴減衰を持つものと思われる。

Y シリーズの場合は、変形量の増大に関わらず減衰定数の変化は小さい。PC 鋼より線の値は、異形鉄筋に対し変形量の増大により約半分以下となっている。すなわち異形鉄筋を主鉄筋とした方が、地震時においてエネルギー吸収が大きく、振動を減衰させる性能が優れていることが示されている。また、初期の減衰定数が PC 鋼より線で大きい値 (7%~10%) を示しているのは、シース内のモルタルとの付着が切れたことによると推定される。

5. ま と め

PRC プレキャスト構造に関する耐震性能の結果をとりまとめると次の通りとなる。

(1) 耐力力は従来工法の一体化打ち供試体、PRC プレキャスト供試体ともほぼ同等であった。

(2) 変形性能は、PRC プレキャスト供試体

の方が最大荷重到達以降も、大きな低減は見られず優れている。

(3) 荷重—変位の履歴特性として、異形鉄筋シリーズは最大荷重指向型、PC 鋼より線シリーズは原点指向型の復元力特性を示した。

(4) 異形鉄筋および PC 鋼より線による PRC プレキャスト供試体は、曲げせん断破壊が生じず、構造自体の最も弱い部分となるプレキャストブロック接合面にひび割れが集中する、曲げ破壊であった。これより PRC プレキャスト構造について設計する場合は、曲げ破壊について設計すればよいものと考えられる。

(5) モルタルで主鉄筋を定着させることにより、コンクリートほど主鉄筋を拘束せず主鉄筋からコンクリートへのせん断力伝達も悪くなることで、鉄筋の応力が全体的に平均化され、鉄筋応力が局所に集中することによる破壊を緩和できた。

(6) PC 鋼より線はモルタル付着強度が小さいため、グラウトの中を回転しながらの伸び出しが生じた。その結果、より線の広い範囲でひずみの平均化が生じ、応力度の増加が小さく押さえられている。耐力および変形性能は T シリーズと比較して小さいが、より線は降伏しておらず、逆に残留変形は小さい。

(7) 異形鉄筋で接合した供試体の方が、エネルギー吸収性能については優れている。

(8) PC 鋼より線の場合、より線の滑りを考慮し、耐力と変形性能の関係、比較的小さな減衰定数などに配慮した設計方法を考える必要がある。

参考文献

- 1) 多田孔充・島 弘・中井将博: プレキャスト部材のシース中にグラウトで定着した鉄筋の付着性状, 土木学会四国支部技術研究発表会, 1995 年 5 月
- 2) 多田孔充・島 弘・久野公徳: プレキャスト部材のシース中にグラウトで定着した鉄筋の付着性状, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 18, No. 2, pp 54~59, 1996
- 3) 玉井真一・増田芳久: コンクリート中にグラウ

- トにより定着された鉄筋の付着特性，コンクリート工学年次論文報告，Vol. 17， No. 2， pp1207～1212， 1995
- 4) 増田芳久・玉井真一：プレキャストブロック RC はりの曲げ性状，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 17， No. 2， pp 35～40， 1995
- 5) 村上 温・熊谷治郎：RC プレキャストブロック式橋脚の施工，土木施工 8 巻 8 号， pp 27～34