

中央大学理工学部 正員 西沢紀昭

全上 正員 羽田忠弘

全上大学院 学生員 高野昭信

川崎製鉄建材技術部 正員 原道彦

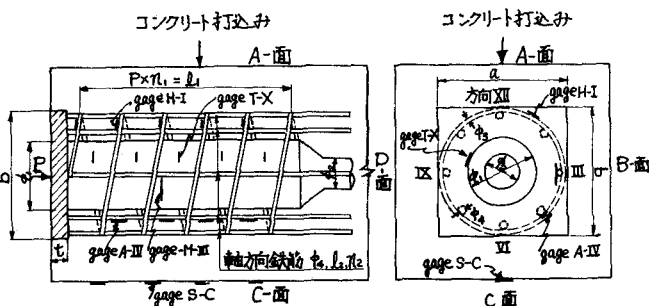
1. まえがき プレストレストコンクリートの定着部の補強は、光弾性実験あるいは弾性解による応力分布を基として、その引張応力に抵抗するよう鉄筋を配置することによって行なわれているのが通常である。定着部には複雑な応力が作用し、そのうえその部分のコンクリートにはひびわれの生じる場合もあり、このような場合には弾性設計では不十分であることが考えられたので、補強方法とその効果を調べるために、実物大の定着部供試体を用いて歪の測定、ひびわれの状態の観察、破壊などの実験を行った。実験の対象としたPC工法は、MDC工法(川崎製鉄)のみであったが、この工法による定着部は、PCケーブルブレースよりも直径を大きくしたトランペットシースの周囲を、らせん鉄筋、鋼製支圧板などによって補強されたものであって、同様な補強方法によっている他のPC工法の場合にも、本実験の結果は応用できるものと思う。

2. 実験方法 実験に用いたコンクリートは、川砂利(最大寸法25mm)と川砂および膨張頁岩の粗骨材(最大寸法20mm)と細骨材をそれぞれ使用したもので、いずれのコンクリートもその配合量、試験時の圧縮強度が約400 kg/cm^2 および約300 kg/cm^2 となるように決定した。

定着部の補強のため支圧板と鉄筋とを図1のように配置し、またらせん鉄筋のかぶり高が30~90mmとなるようにコンクリート供試体の断面寸法を決め、この最大幅の1.5倍以上となるようにその長さを決めた。鉄筋およびトランペットシースの表面にワイヤ歪ゲージ(ゲージ長5mm)を予め貼っておき、またモールドゲージ(ゲージ長30mm)をも埋めこみ、さらにコンクリート表面にもゲージ(ゲージ長60mm)を貼り、それぞれの歪を測定した。

供試体への载荷には、500トン圧縮試験機を用い、支圧板上においたセンターホールジャッキ用ラムチエヤあるいは、PCケーブル定着用止めナットを通じて圧縮荷重を加えた。(図6参照) これらの载荷方法はそれぞれプレストレス導入時あるいは、それ以後の状態に相当するもので、設計プレストレス、PC鋼材の降伏点と破断などに相当する荷重のときの鉄筋、コンクリートなどの歪およびコンクリート表面のひびわれの発生の状態、開き幅を調べ、さら

図1 供試体の配筋とワイヤ歪ゲージの位置



PC鋼材 の種類	支 圧 板					らせん状鉄筋					軸方向鉄筋		
	ϕ_1 (mm)	ϕ_2 (mm)	t (mm)	a (mm)	b (mm)	P (mm)	π_1	l_1 (mm)	ϕ_3 (mm)	l_2 (mm)	π_2 (本)	ϕ_4 (mm)	
8- $\phi 12$	135	60	22	230	230	60	5	300	13	400	8	16	
12- $\phi 12$	165	75	32	300	300	60	5	300	13	400	8	16	

に供試体の破壊荷重も求めた。

3. 実験結果 図2は、らせん鉄筋の歪の測定結果の一例である。ゲージNO.2の測定歪が他の測定値に比べて大きいのは、その位置にコンクリートのひびわれがたまたま生じたためと思われる、設計荷重 $R_b = 151$ tにおいて鉄筋の応力度は、 $\sigma_s = 1400 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^6 = 2800 \text{ } \mu\text{m/m}$ に達し、すでに鉄筋(SR24)の降伏点をこえていることが推定された。しかしながら測定結果の大部分から、設計荷重時のらせん鉄筋の応力度は、 $1200 \sim 1300 \text{ } \mu\text{m/m}$ 以下であることが認められたから、らせん鉄筋の配筋量は図1に示した程度で十分であると考えられた。軸方向鉄筋は組立鉄筋として配置したものであるが、その圧縮応力度は、設計荷重のときで、 $1000 \text{ } \mu\text{m/m}$ 程度であって軸方向力を分担するのにある程度有効であることが認められた。トランペットジースの周辺方向の歪は設計荷重のときで、 $(100 \sim 500) \times 10^{-6}$ 程度であって、ジースに接するコンクリートにはすでにひびわれが生じており、供試体表面からジース表面まで連続したひびわれの存在することが考えられた。これらのひびわれが鉄筋およびジースを腐蝕する原因となるおそれがあり、さらにジース内のPC鋼材にも悪い影響を及ぼすことが考えられ、ひびわれの開き幅をなるべく小さくするよう配慮することが、定着部の設計のさい重要であると思われる。

図3は表面歪の測定結果の一例であり、図2に示したものと同一の供試体による測定結果である。図3で実線で示したのは、供試体の側面のうち、ラムチェヤの脚が接する側面Bの測定結果であり、荷重が約100 tより大きくなると表面の引張歪が急激に大きくなるのが認められる。この傾向は、図4、図5に示したひびわれ幅が同程度の荷重以上となると急に大きくなるの一致していた。図3で実線で示したのは、ラムチェヤの脚部の接しない側面Cの表面歪の結果であり、全体として引張歪が小さく、 $130 \sim 150$ tより大きい荷重のときには、歪が圧縮となっていることが認められた。これはB面の引張歪が大きいことおよびB面にひびわれが生じたことによるものと思われる。

図2 らせん鉄筋の歪

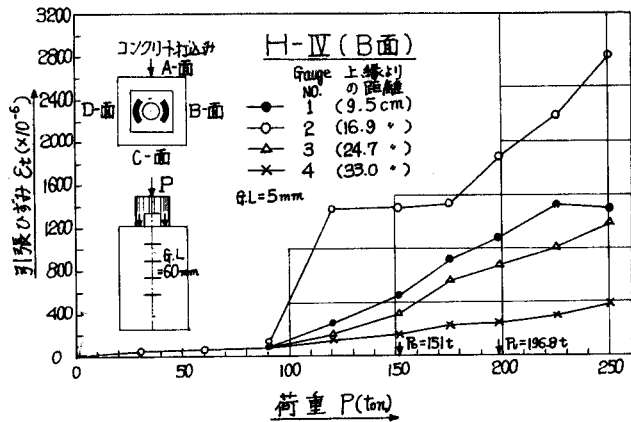
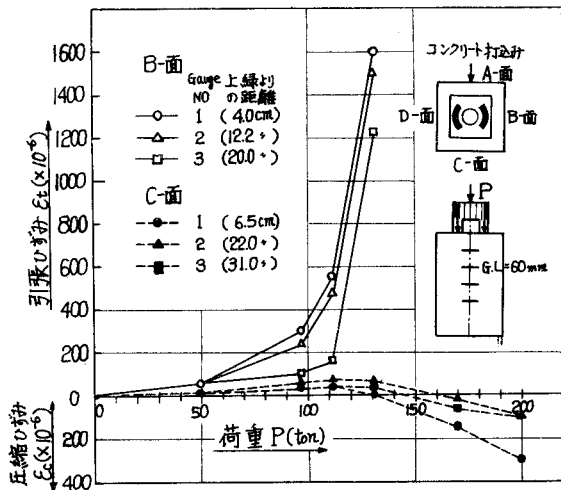


図3 表面歪



ラムチエヤの脚の方向によって、引張歪およびひびわれの状態が非常に影響されるのであるから、現物のはりの定着端にラムチエヤを置くと、その脚の方向がはりのウェブの薄い断面寸法の方角に一致しないように注意する必要があることが考えられた。

図6は、ラムチエヤを用いて設計荷重 $P_0=151$ tまで荷重を加え一旦荷重を0に戻したのち、チエヤを止めナットに代え再び荷重を加えたときのひびわれ幅の測定結果の例である。これによると、同じ荷重であっても、ラムチエヤと止めナットとを用いた場合、ひびわれ幅は後者の方が大きく、1.5～2倍以上となっており、載荷条件としては止めナットの方がきびしいことが認められた。また、図6、図7および表1から圧縮強度が 300 kg/cm^2 および 400 kg/cm^2 のコンクリートで造った供試体のひびわれ幅は、前者の方が相当地に大きいこと、人工軽量骨材コンクリートの方が普通骨材コンクリートよりも、そのひびわれ幅の大きいこと、などが認められる。図7は、らせん鉄筋のかぶりとひびわれ幅との関係を示したもので、ひびわれ幅を小さくするにはかぶりを大きくすることが有効であって、ひびわれ幅を 0.2 mm 以下とするためには、プレストレス導入時の圧縮強度が 400 kg/cm^2 の普通骨材コンクリートを用いた場合、設計荷重 98 tに対してはかぶりを 65 mm 程度以上、 151 tに対しては 90 mm 以上とする必要があることが認められた。この場合、ひびわれ幅 0.2 mm 以下であれば、コンクリート内部の鉄筋が腐蝕するおそれは少ないとした。

表1は、コンクリートの種類、補強の方法、かぶり、および載荷方法を変えた各供試体の設計時のひびわれ幅 w_0 と破壊荷重 P_0 とを示したものである。止めナットを用いた場合の破壊荷重は、チエヤを用いた場合の 75% 前後である場合が多いこと、人工軽量骨材コンクリート供試体の破壊荷重は、普通骨材コンクリート供試体の 80% 前後であること、普通骨材コンクリートを用い、らせん鉄筋で十分に補強した場合、破壊荷重は設計荷重の $2\sim 2.5$ 倍程度、らせん鉄筋で補強しない場合 $1.2\sim 1.7$ 倍程度であり、一方、人工軽量骨材コンクリートを用いた場合は、十分に補強したときで $1.4\sim 1.9$ 程度であること、などが認められた。

図4 表面ひびわれ幅(1)

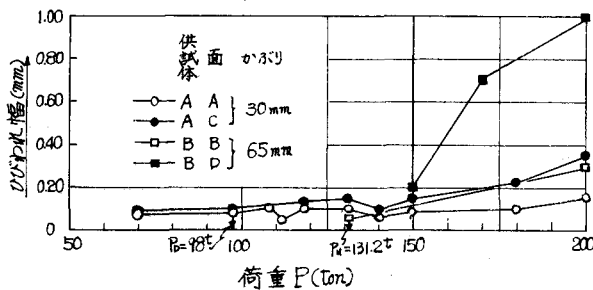


図5 表面ひびわれ幅(2)

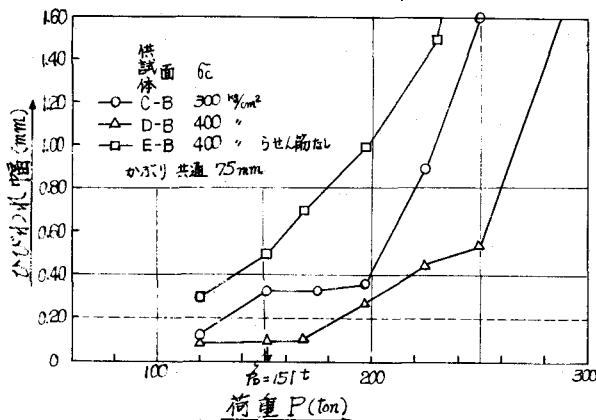


図6 表面ひびわれ幅

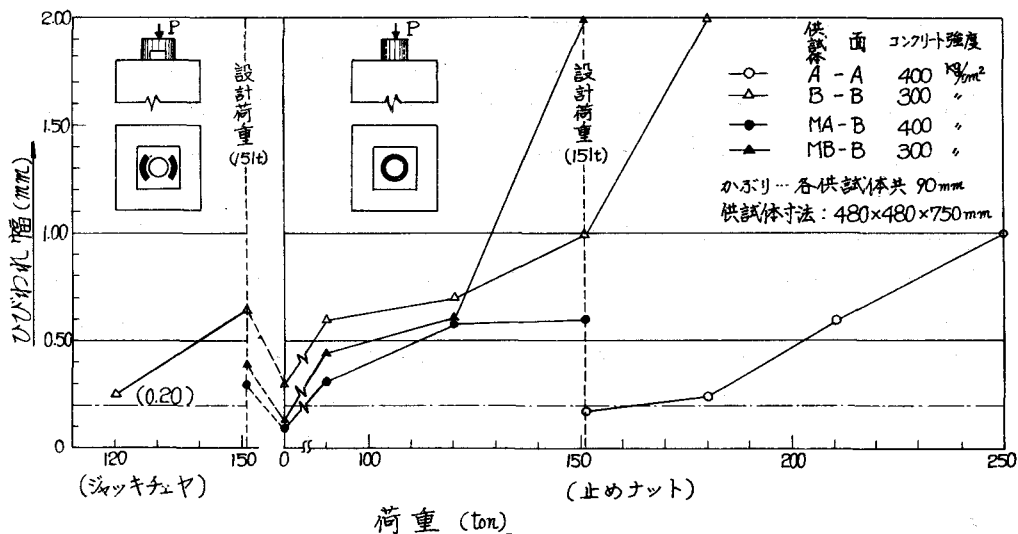


表1 破壊荷重およびひびわれ幅の実験結果

供 試 体		普通骨材コンクリート				メサライトコンクリート				コンクリート強度,スパイラル筋,かぶり等
		載荷方法				載荷方法				
		ジャッキヤ		止めナット		ジャッキヤ		止めナット		
		P_u	w_d	P_u	w_d	P_u	w_d	P_u	w_d	
A	I	208 (813) (168)	0.08 ~0.10			180 (184) (86)	0.15			$f_c \geq 400 \text{ kg/cm}^2$
	II		0.08 ~0.13	160 (163) (77)	0.23 ~0.50					かぶり=30mm
B	I	238 (243) (100)	0			179 (182) (75)	0.05 ~0.40			$f_c \geq 400 \text{ kg/cm}^2$
	II		0.07 ~0.13	244 (249) (101)	0.05 ~0.17					かぶり=65mm
C	I	262.5 (174) (100)	0.08 ~0.33			216 (143) (82)	1.20 ~1.80			$f_c \geq 300 \text{ kg/cm}^2$
	II		0.15 ~0.75	198 (131) (73)	0.40 ~1.10	※ {	0.40 (188) (62)	1.64 (162) (62)	1.50 ~2.00	かぶり=75mm
D	I	357 (236) (100)	0.08 ~0.10			293 (194) (82)	0.10 ~0.37			$f_c \geq 400 \text{ kg/cm}^2$
	II		0.10 ~0.11	280 (185) (78)	0.23 ~0.30	※ {	0.25 ~0.30	200 (132) (56)	0.32 ~0.60	かぶり=75mm
E	I	263 (174) (100)	0.50			207 (137) (79)	1.00 以上			$f_c \geq 400 \text{ kg/cm}^2$
	II			191 (126) (73)	0.40 ~0.70					スパイラルなし かぶり=75mm

P_u : 破壊荷重 (ton) w_d : 設計荷重時のひびわれ幅 (mm)

上段()は設計荷重に対する安全率。

下段()は普通骨材のジャッキヤの P_u とした値。

※は、かぶりが90mmの場合。

図7 かぶり-ひびわれ幅

