

国鉄 構造物設計事務所

正会員

尾坂芳夫

全

と

○

全

と 橘田敏之

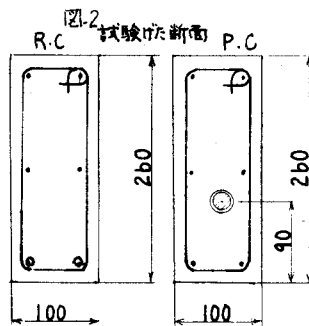
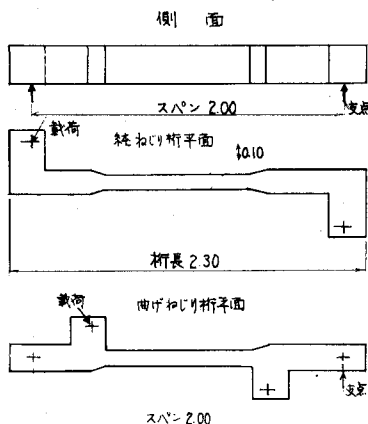
1. まえがき

軽量コンクリートをPC橋梁に使用することにより、重量軽減による上部構造コンクリート量の減少、上部構造の重量軽減による下部構造工費の低減などが認められて、PC橋梁への軽量コンクリートの使用についての研究が盛んに行なわれるようになり、すでに国鉄においても小スパンの単線工形PC橋、高架橋などが建設された。

しかしながら、軽量コンクリートを桁に使用する場合、さらにスパンを長大にし、大きなマスのコンクリートを使用する構造物に使用して、十分にその軽量性の長を發揮することができる。

長大PC下路橋は、スパンが長大で、大きなマスを要することから、軽量コンクリートを使用することにより、桁の経済性をさらに有利にすることが可能であるので、軽量コンクリート使用の好条件を備えているものと考えられるが、構造上、主桁は大きなおじりモーメントを受けるので、下路桁に軽量コンクリートを使用するにあたっては、部材の曲げおじりの特性を十分確かめる必要がある。

図-1 試験桁概要図



国鉄では、構造上の有利性のため、従来から、PC下路橋をしばしば使用しているが、さらに長大化する要請に対し、昭和42年、PC下路橋に対するおじりの試験を重要技術課題に選定し、一連の試験を実施した。

本文は、その研究の一部の概要をとくに、軽量コンクリートと普通コンクリートのおじり特性の比較という観点から報告することにする。

2. 試験桁

2.1 材料

(1) コンクリート

試験桁の配合、および同柱供試体による強度

表-1 試験げた配合表 (粗骨材最大寸法10mm)

配合 けた種別	配合 種別	スラブ (cm)	Ce. (%)	w/c (%)	W (kg)	S 6+5 (kg)	G (kg)	S (kg)	砂 (kg)	設計 強度
R.C	天然骨材	75	300	62	186	50	912	891	1.5	240
"	軽量骨材	"	320	49	157	48	532	626	1.6	240
P.C	天然骨材	"	460	42	193	43	967	712	2.3	400
"	軽量骨材	"	460	36	166	40	567	481	2.3	400

表-2 同柱供試体試験結果

けた種別	強度 (kg/cm ²)	σ _y	σ ₂₈	引張係数 (試験時)
R.C	普通コンクリート 243 ~277	363 ~395	22~35	
"	軽量コンクリート 244 ~260	328 ~376	28~31	
P.C	普通コンクリート 405 ~487	616 ~694	40~50	
"	軽量コンクリート 401 ~450	430 ~534	36~40	

* 試験材料は、14~30日7日間養生した。

表-4 試験区間 鉄筋

けた種別	種類	P.C 鋼棒φ	スラブ φ-@	軸方向筋 φ-本数
R.C	補強大	—	9-50mm	15-24
"	小	—	4-50	13-24
P.C	補強大	24	9-50	9-6
"	小	24	6-50	6-6

表-3 骨材の性質

骨材	比重 実乾	実乾 容積	吸水率 %	単位重量 (kg/m ³)	粗率
軽量 粗骨材	1.43	1.22	17.3	740	6.52
軽量 細骨材	1.90	1.67	14.0	1,040	2.74

図-3

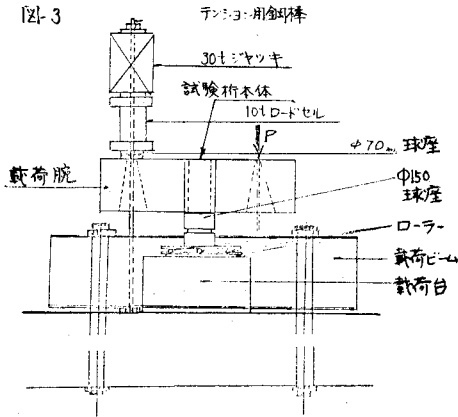


図-5 初期ひねりモーメント (kg/cm)

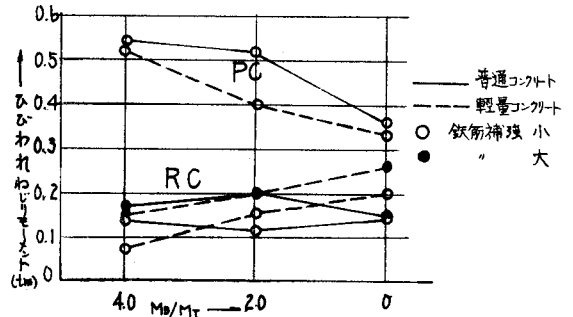


表-5 試験けた種類別本数

種類 補強量 骨材	P C げた				R C げた			
	小	大	小	大	小	大	小	大
鉄筋配り	1	1	1	1	1	1	1	1
曲げ耐力 $M_b/M_{tr}=2$	1	1	1*	1*	1	1	1	1
" $M_b/M_{tr}=4$	1	1	1*	1*	1	1	1	1
純曲げ	1	1			1	1		

試験の結果を表-1, 2 に示す。

軽量コンクリートは、細粗骨材ともすべて軽量骨材を使用した。骨材の試験成績を表-4に示す。(骨材はメサライト)

(2) 鉄筋

試験桁の種類により鉄筋の径を変えている。また径により鋼材の質がかわっている。

中b, 9, 13 は S R 材を用い中4 は S R 材の入手が困難であったので冷間引抜鋼線(引張強度 53 kg/mm^2 , 降伏点応力度 41 kg/mm^2)を用いた。

(3) PC 鋼棒

S B P C 110, $\phi 24$ を用いた。

2.2 試験桁の構造概要

試験桁の構造概要を図-1に示す。試験桁は中央に曲げとねじりを受ける長さ1米の試験区間があり、ここに図-2の断面形に示すスターラップおよび軸方向筋を配置している。桁の種類別の鉄筋寸法は表-4に示す。

スターラップは試験区間にわたり 50 mm 間隔に配置してある。

2.3 試験桁の種類と本数

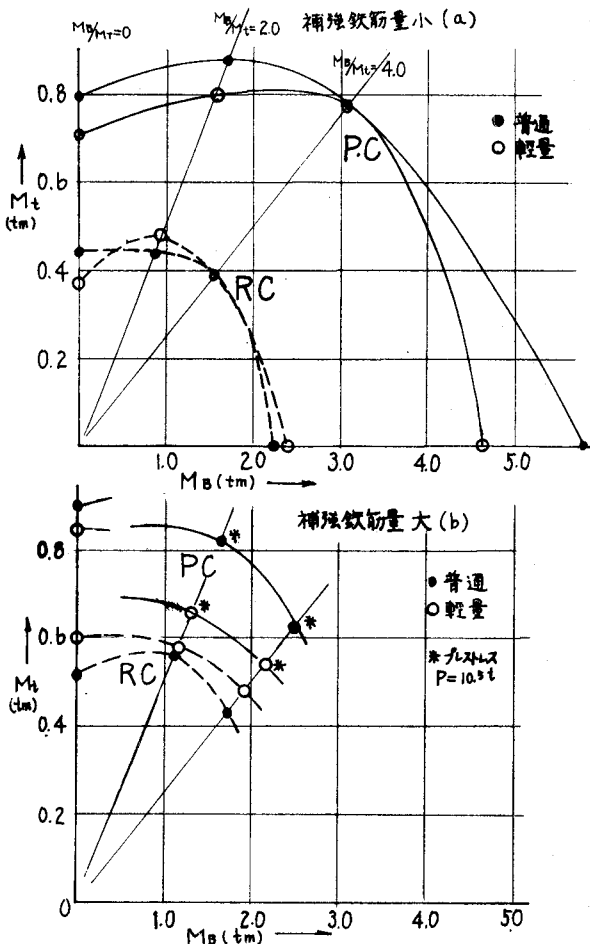


図-4 破壊時の曲げモーメント、ねじりモーメント相互関係

試験桁の種類と本数を表-5にあげる。鉄筋の補強別2種、軽量、普通コンクリート別、PC、RC別、鉄筋の種類4種類の組合せに對し、合計28本の試験を行なった。

3 載荷、載荷装置

載荷装置の概要を図-3に示す。

載荷は、30tジャッキにより試験桁の側方に突出した腕に加えた。曲げねじり桁は、曲げとねじりモーメントが同時に作用する載荷方法を用いた。(図-1載荷位置参照)

4. 試験にともなう測定および記録

コンクリートの試験

円柱供試体によるコンクリートの強度試験(圧縮強度、引張係数)試験時のコンクリートのヒズミ測定などを行なった。

試験桁の測定および記録、

載荷の大きさの測定、スターラップ、軸方向筋のヒズミ測定、ねじりねじり角の測定、荷重段階毎のひびわれ図の作成

5 試験結果

5.1 試験結果の総括

試験結果の概略の総括を表-6~8に示す

5.2 破壊時の曲げとねじりの相互関係

図-4に曲げとねじりの破壊時の相互の関係を示す。本図より軽量コンクリート桁、普通コンクリート桁の間に曲げとねじりの相互関係についてはほとんど差異がないことが示されている。

図-4(b)の*印の桁は、他の桁の半分の10.5tの導入緊張力に相当するプレストレスが加えられているに過ぎず、プレストレスは、下縁で64 kg/cm^2 と上縁で13 kg/cm^2 と

表-6 純ねじりげた $M_b/M_t = 0$

項目	破 壊 コンクリート別	P C げた				R C げた			
		鉄筋量小		鉄筋量大		鉄筋量小		鉄筋量大	
		G	L	G	L	G	L	G	L
荷重 (t)		2.65	2.35	3.00	2.80	1.50	1.25	1.70	2.00
破 壊	ねじりモーメント (kg-m)	0.79	0.71	0.90	0.84	0.45	0.38	0.51	0.60
深	ねじりモーメント (kg-m)	0	0	0	0	0	0	0	0
	ねじり回転角 $\times 10^3$ rad	32.7	22.0	32.7	20.0	24.1	26.8	28.0	30.8
	たわみ mm	0.08	0.20	0.10	0.10	0.15	0.23	0.12	0.20
	破壊形式	FD, FC, DC	FD, FC, DC	FD	FD, DC	FD	FD	FD	FD
ひびわれ	斜初ひびわれ荷重 $\times 10^3$ (kg)	1.2	1.1	1.3	1.5	0.5	0.7	0.5	0.9
	"ねじりモーメント (kg-m)	0.86	0.33	0.39	0.45	0.15	0.21	0.15	0.27
	"ねじりモーメント (kg-m)	0	0	0	0	0	0	0	0
	"ねじり回転角 $\times 10^3$ rad	2.18	3.64	2.91	3.72	1.05	2.99	1.50	3.55
	"ねじりたわみ (mm)	0.04	0.05	0.01	0.03	0.03	0	0.03	0

表-7 曲げねじりげた $M_b/M_t = 2.0$

項目	破 壊 コンクリート別	P C げた				R C げた			
		鉄筋量小		鉄筋量大		鉄筋量小		鉄筋量大	
		G	L	G	L	G	L	G	L
荷重 (t)		4.40	4.00	4.10	3.30	2.20	2.40	2.80	2.90
破 壊	ねじりモーメント (kg-m)	0.88	0.80	0.82	0.60	0.44	0.48	0.56	0.58
深	ねじりモーメント (kg-m)	1.76	1.60	1.64	1.32	0.88	0.96	1.12	1.16
	ねじり回転角 $\times 10^3$ rad	26.9	25.5	26.3	16.4	31.8	40.0	19.1	26.4
	たわみ mm	2.10	2.20	1.60	1.30	1.70	0.50	1.20	1.50
	破壊形式	FD, FC, DC	FD, FC, DC	FD, DC	FD, DC	FD	FD, DC	FD	FD, FC, DC
ひびわれ	斜初ひびわれ荷重 $\times 10^3$ (kg)	2.6	2.0	2.0	1.8	0.6	0.8	1.0	1.0
	"ねじりモーメント (kg-m)	0.52	0.40	0.40	0.36	0.12	0.16	0.20	0.20
	"ねじりモーメント (kg-m)	1.04	0.80	0.80	0.72	0.24	0.36	0.40	0.40
	"ねじり回転角 $\times 10^3$ rad	3.95	4.10	3.30	4.46	1.28	3.08	1.75	3.18
	"ねじりたわみ (mm)	0.22	0.18	0.48	0.44	0.24	0.28	0.35	0.35

表-8 曲げねじりげた $M_b/M_t = 4.0$

項目	破 壊 コンクリート別	P C げた				R C げた			
		鉄筋量小		鉄筋量大		鉄筋量小		鉄筋量大	
		G	L	G	L	G	L	G	L
荷重 (t)		7.75	7.75	6.20	5.40	3.80	3.85	4.30	4.80
破 壊	ねじりモーメント (kg-m)	0.775	0.775	0.62	0.54	0.38	0.39	0.43	0.48
深	ねじりモーメント (kg-m)	3.10	3.10	2.48	2.16	1.52	1.54	1.72	1.93
	ねじり回転角 $\times 10^3$ rad	20.6	17.5	23.2	18.4	19.7	23.0	19.7	22.7
	たわみ mm	1.40	1.07	0.48	0.43	0.32	0.25	0.16	0.20
	破壊形式	FD, FC, DC	FD, FC, DC	FD, DC	FD, FC, DC	FD, DC	FD, DC	FD, DC	FD, DC
ひびわれ	斜初ひびわれ荷重 $\times 10^3$ (kg)	5.80	5.25	2.20	1.50	1.40	0.75	1.70	1.80
	"ねじりモーメント (kg-m)	0.55	0.525	0.22	0.150	0.14	0.075	0.17	0.15
	"ねじりモーメント (kg-m)	2.20	2.10	0.88	0.60	0.56	0.30	0.68	0.60
	"ねじり回転角 $\times 10^3$ rad	4.45	5.36	1.72	1.23	2.27	1.84	1.32	0.82
	"ねじりたわみ (mm)	0.41	0.52	0.16	0.15	0.10	0.05	0.10	0.09

(注) 破壊形式

F.D 斜引張破壊

F.C 曲げ圧縮破壊

D.C 斜圧縮破壊

F.T 純ねじり破壊

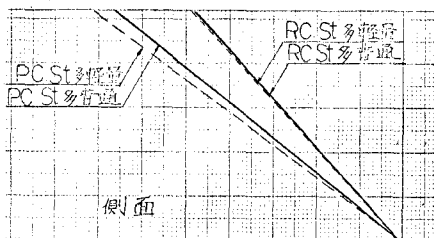
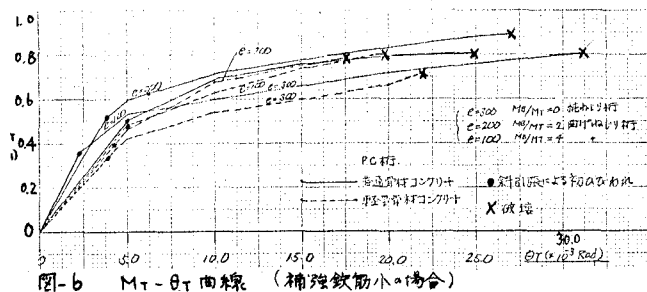


図-9 ひびわれの方向 純ねじり筋・PC・RCの比較

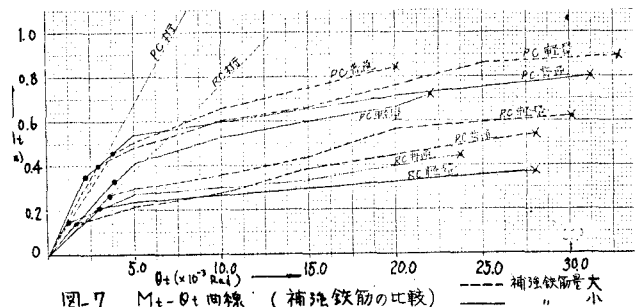


図-7 $M_t - \theta_t$ 関係 (補強鉄筋量の比較)

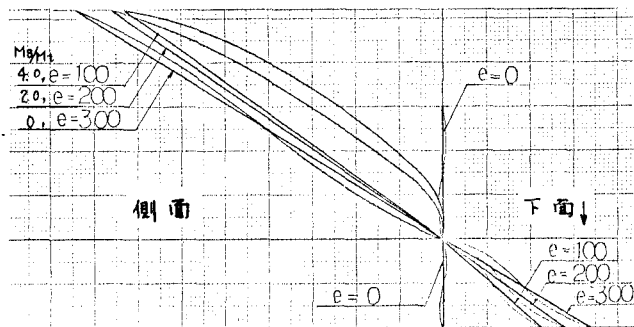


図-8 平均ひびわれ角度 PC桁 軽量 補強鉄筋小

よりねじり剛性の低下を考慮すればこの値はそれ程大ではない。

5.4 ねじりモーメントとねじり回転角 図-6.7はねじりモーメントとねじり回転角との関係を示す。この曲線は、破壊にいたるまで 抵抗ねじりモーメントは次第に増大し、弾性限と破壊時のねじりモーメントの比は約2倍程度となっている。弾性限の回転角と破壊時の回転角比は大変大巾な変動を示しており3~25倍の値となっている。図-6は $M_t - \theta_t$ の関係を補強鉄筋量小の場合について軽量コンクリート桁と普通コンクリート桁との比較を示しているが、軽量コンクリートの方がねじり強度が小さくねじり剛性が小さいことを示しているが、 $M_t - \theta_t$ 曲線に対する材料以外の要素たとえば載荷速度などによる曲線への影響が確かめられていないので、さらに検討を要するものと思われる。

図-7はねじり補強鉄筋量が異なる場合の $M_t - \theta_t$ の関係を示す。図によれば鉄筋量がねじり剛性に大きな影響を与えていることを示している。

5.5 ひびわれの傾斜 図-8.9 はひびわれの平均傾斜を示している。図-9によれば 純ねじり筋では軽量コンクリートと普通コンクリートの間にほとんど相違がないことを示している。(以上)

なっている。このプレストレスの減少により破壊時の値が著しく低下していることが示されている。

5.3 おじりによるひびわれ応力度

図-5には主としておじりによる初ひびわれが生じたときのねじりモーメントの値が示されている。これによるとRC桁たでは0.1~0.25tm, 平均0.15tmのねじりモーメントとなっている。これを応力度に直すと、斜引張応力度は15~37, 平均22kg/cm²となっている。PC桁では0.35~0.50tmとなっている。これは斜引張応力度で26~50kg/cm²に相当しており、その値は後者が大きい。これは後者は、 M_b/M_t が40の載荷の場合で、おじりによるひびわれを生ずるさい曲げの影響でけたの下縁よりひびわれが伸展するので、この影響に