

国鉄におけるPCまくらぎの現況と展望

樋口 芳朗*・青戸 章**
岩崎 岩雄**・浅沼 久志***

まえがき

わが国におけるPCまくらぎは、初期のPC界において重要な地位を占め、大発展の基礎を固めるのに貢献した。いまではPCパイルその他に主流的位置をゆずったとはいえ、新幹線がほとんど全面的にPCまくらぎを採用していることに象徴されているとおり、幹線用まくらぎとして不動の地位を占めるとともに、特殊区間用ないし支線用としても、その活用範囲をいよいよ広げる形勢にあること。国鉄における使用実績をバックとして私鉄にも本格的に採用されつつあること等の大勢をうかがうことができる。わが国におけるPC界は、早く発達した橋梁がほとんど外国技術に頼り、遅れて用いられたポール、パイルがほとんど国産技術に頼って成長したという特色を有しているが、この間にあって、まくらぎは内外いずれの技術にも一辺倒とならず着実な歩みが続けてきたという点が注目される。PCまくらぎの歴史をふり返ってみると、特にこの数年顕著な技術的發展をとげた形勢が見取られるので、この機会にきびしい種々の条件下にさらされるこの小部材を取り上げ、国鉄における現況と展望につき考察を加えたいと思う。

1. 国鉄におけるPCまくらぎの歴史と現況

国鉄におけるPCまくらぎの歴史は、昭和26年度に36本を試作して東海道本線大森～蒲田間に敷設されたことから始まっている。したがって、1942～43年に始まったイギリス、ドイツなどに比べ10年近く遅れて出発したわけであるが、この昭和26年には他に6種類のもので設計され、合計7600本を全国の本線に敷設している。簡単のため現在までに国鉄で用いられたPCまくらぎを表示すると表-1のとおりである。

わが国のPCはフレシネーの基本特許のもとで発展したわけであるから、このような意味では在来線（新幹線

以外の線）で大量に用いられたプレテンション方式のPCまくらぎも、すべて外国技術によったといわれる面を有することは確かであるが、後にも述べるとおり、まくらぎは理論的に明快に割り切れない面を多く有しており、現場に敷設した経験をもとにして、不断の改良研究を行なわなければならないという宿命を有していること、このような点についての詳細は外国においても明らかにされていなかったこと等を考えると、PCまくらぎが外国技術によってつくられたとするのは公正を欠くと判断される。埋込栓その他の重要部分に象徴されるとおり、まくらぎに関してもわが国で世界に先がけた新技術が開発されていたことは銘記されるべきであろう。

東海道新幹線用のPCまくらぎを短期間に大量調達する必要にせまられたためにポストテンション方式が導入されたことは表-1に示すとおりであり、このさい西ドイツから輸入された即時脱型機が大きな役割を果たしたことは事実である。しかしながら、プレテンション方式も含めると、東海道新幹線のPCまくらぎの約2/3が国産技術によってつくられたことは表-2に示すとおりであり、東海道新幹線のPCまくらぎが全部西ドイツ技術によってつくられたとも受け取られるような外誌の報道は明らかに誤りである。

2. 設計上の問題点

設計上の問題点としては、反力分布の仮定の当否、輪重（鉛直荷重）と横圧（横荷重）の大きさと作用の仕方のほかに、PC鋼材緊張力の有効率、コンクリートの曲げ引張応力を許容するか否か、ひびわれに対する安全率をどのように考えるか等の問題をあげることができる。

(1) 反力分布

PCまくらぎは砂利道床の上にあつて一応平らに支持されているとしても、道床反力は列車荷重の作用によって次第に変化するものである。したがって、当初PCまくらぎを設計するにあたっては、まだ十分な資料がなかったため図-1のように道床反力を仮定し、レール位置断面については(5)の状態を、中央断面については、次に

* 国鉄鉄道技術研究所構造物研究室長

** 国鉄鉄道技術研究所構造物研究室主任研究員

*** 国鉄鉄道技術研究所構造物研究室研究員

表-1 在来線用PCまくらぎの歴史

項目 まくらぎ種別	製造年 (昭和)	プレ、ボスの別	締結装置	P C 鋼 材
鉄研式	26	プレテンション	タイプレート付き	φ 3.0 mm 28 本
堀越式	〃	〃	木せん、ほか	φ 3.0 mm 22 本
外山式	〃	〃	〃	φ 3.0 mm 20 本
PC 1号	27	〃	木せん	φ 2.9 mm×2 14 本
〃	28	〃	アンカーボルト A形	〃
〃	〃	〃	〃 B形	〃
〃	〃	〃	〃 C形	〃
〃	〃	〃	〃 D形	〃
〃	28, 29	〃	硬質ゴム埋込せん E形	〃
〃	29	〃	D改造形 F形	〃
〃	〃	〃	フランス形	〃
〃	〃	〃	ポリエステル樹脂埋込せん G形	〃
〃	〃	〃	E改造形	〃
〃	〃	〃	G改造形	〃
〃	30	〃	標準E形	〃
〃	〃	〃	標準G形	〃
〃	30, 31	〃	〃	〃
〃	30~32	〃	〃	〃
PC 0号	30	〃	E改造形	φ 5 mm 16 本
PC 2号	31~33	〃	1 形	φ 5 mm (異形) 16 本
〃	31, 32	〃	2 形	〃
〃	32, 33	〃	1 形 37 レール用	〃
〃	33~38	〃	3, 4 形	φ 2.9 mm×2 16 本
〃	33	〃	4 形 37 レール用	〃
PC 3号	36~44	〃	5 形	φ 2.9 mm×2 16 本
PC 3G号	37~44	〃	5 形木せん付在	〃
PC 3A号	39~44	ポストテンション	5 形	φ 11 mm 4 本
PC 3B号	〃	〃	5 形	〃
PC 4a号	〃	プレテンション	6 形	φ 2.9 mm×2 20 本
PC 4b号	〃	〃	6 形	〃
PC 4c号	43~44	〃	6 形	φ 5 mm (異形) 16 本
PC 4d号	〃	〃	6 形	φ 2.9 mm×3 (異形) 12 本
PC 1F号	41~44	〃	F-1 形	φ 2.9 mm×2 20 本
PC 5号	40	〃	7-1, 7-2 形	φ 2.9 mm×2 21 本
PC 6号	44	〃	8-1, 8-2 形	φ 2.9 mm×3 (異形) 12 本 φ 5 mm 12 本
PC 7-1号	〃	〃	7-3 A, 7-3 B 形	φ 2.9 mm×3 (異形) 8 本 φ 5 mm 10 本
PC 7-2号	〃	〃	7-4 形	φ 2.9 mm×3 (異形) 10 本 φ 5 mm 12 本

表-2 新幹線用PCまくらぎ

項目 まくらぎ種別	製造年 (昭和)	プレ、ボスの別	P C 鋼 材	製作本数 (本)
1Ta	36~41	プレテンション	φ 2.9 mm×2 22 本	80 400
2Ta	〃	ポストテンション	φ 12 mm 4 本 両端ねじ	25 500
2Tc(ドイツ)	〃	〃	φ 12 mm 4 本 ヘヤビン型	59 500
3Ta	〃	プレテンション	φ 2.9 mm×2 22 本	910 287
3Tb	〃	〃	φ 5 mm 20 本 (異形)	5 000
4Ta	〃	ポストテンション	φ 12 mm 4 本 両端ねじ	18 000
4Td(ドイツ)	〃	〃	φ 12 mm 4 本 ヘヤビン型	380 176
4Te	〃	〃	φ 12 mm 4 本 両端ねじ	108 506
4Tg	〃	〃	φ 12 mm 4 本 本片面ヘッディング	30 339
4Tf	〃	〃	φ 12 mm 4 本 〃	22 593

大きな(4)の状態をとって((2)の状態は一般の保守を行なっている限りきわめてまれな場合であるから除外した)。設計曲げモーメントを計算していた。このように昭和 26 年以来種々の現場における経験をもとに改良を重ねてきたが、東海道新幹線を建設するに際し、全線にわ

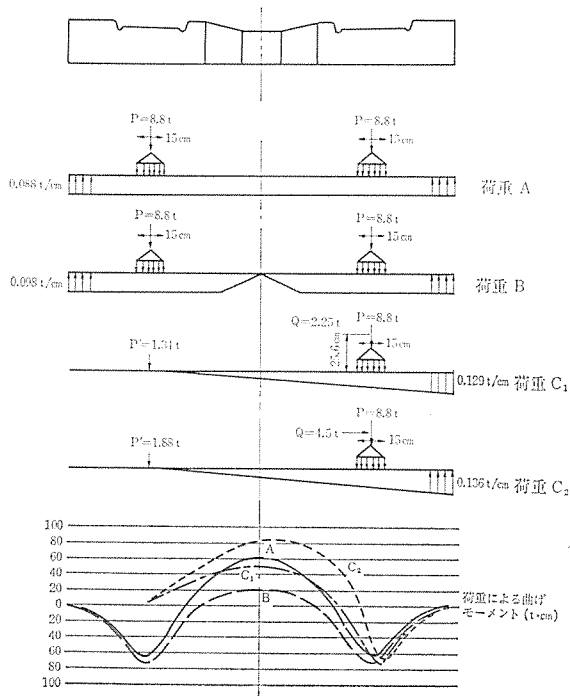
たってPCまくらぎが採用されるにおよび、図-2 に示すごとくドイツ式をとり入れて従来の仮定を整理統合し、あわせて横圧の概念を加えた設計方法を導入してきた。以上のごとく、まくらぎ設計上の変化を見ると、現場における経験から反力分布状態が合理的に整理され、新たに横圧という考え方が採入れられ縦荷

モーメントを発生させ、これによりプレストレス量が左右されることも少なくない。

図-1 道床反力の仮定

仮定道床反力状態	曲げモーメント (kg-cm)	
	軌条下	中央
(1)	40,000	0
(2)	37,800	-97,000
(3)	47,300	-46,200
(4)	55,700	-52,000
(5)	85,500	46,200
(6)	74,600	28,000

図-2 道床反力の仮定



(2) 輪重と横圧

しかし現場測定をしてみると、車体構造によっていちがいにはいえないが、非常に複雑な作用をまくらぎに及ぼしており、設計上の仮定とはかなり相違していることがわかった。これは1本のまくらぎに作用する輪重、横圧が正確にわかっておらず、測定方法もむずかしいのでまだ資料が少ないことに起因している。急曲線区間における実測結果によれば輪重、横圧が内、外軌それぞれに作用しており、極端な場合は両レール位置断面下縁においても圧縮応力が測定されることもあるくらいである。

輪重、横圧がそれぞれ単独または組み合わせられて内・外軌に作用する場合、まくらぎに対してどのように働くかについて現在室内実験を行っており、結果の一例を示せば、図-3、4のとおりである。図-3は輪重を一定にして横圧を増した場合のまくらぎ各部における曲げモーメントを、また図-4は輪重を各段階に変えて横圧を加えた場合のまくらぎ中央上面における引張応力の増加をそれぞれ示したものである。この問題は設計上重要なことであるから、室内実験のみでなく現場測定結果ともあわせ総合的に検討し、実際によく合致する合理的設

図-3 まくらぎに対する輪重、横圧の影響

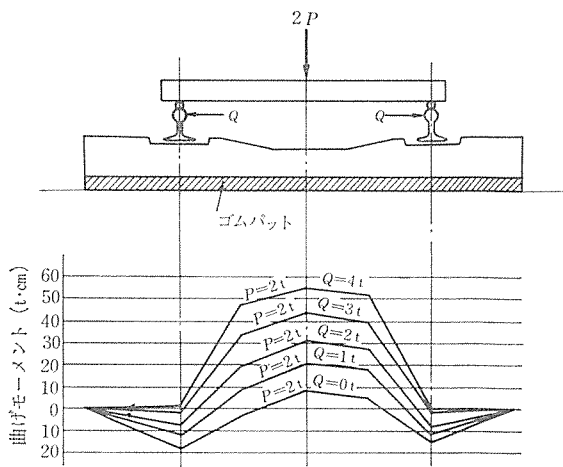
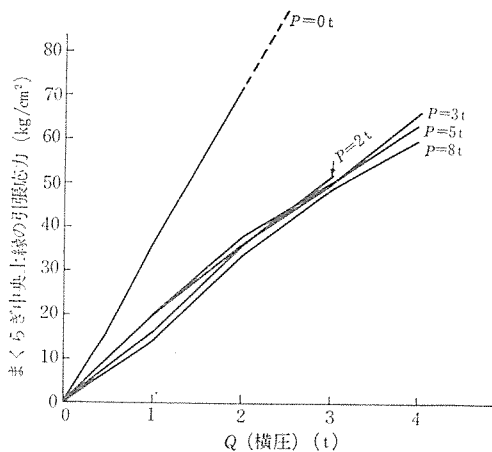


図-4



計方法を見出す必要がある。

(3) コンクリートの曲げ引張応力

昭和 43 年度からは支線区用 PC まくらぎも試験敷設して軌道強化をはかっているが、本線区のものにくらべて軽量小型で安価なものが要求される。しかし、最近では支線区間といえども大型機関車が入線しており、列車荷重の点からは本線区と大差ない状況である。

従来 PC まくらぎは設計荷重作用時にコンクリートの曲げ引張応力を認めない設計方針をとってきたが、支線区においては通過トン数や速度も低く、しかも機関車による大きな荷重を受ける頻度が全荷重数に対して約 15% 程度と少ないので、これらの荷重に対してはコンクリートの曲げ引張応力を 25 kg/cm² まで認めて設計する新しい考えを導入している。まくらぎのように数量が多く、不確定要素の多い部材に対するひびわれ安全率については、実情にあった経済的考慮が必要となってきている。

(4) 有効率

これは製作上の問題とも関連することであるが、導入

プレストレスの有効率の問題がある。プレテンション方式の場合、はじめのころには 80% を有効としていたが、初期故障的事故や実測の結果を考えてこれを 65% と引下げ現在に至っている。この問題については、現在 PC まくらぎによるクリープの測定や残留緊張力の実測試験を実施中であり、後述する異形 PC 鋼線の使用や製造技術の進歩などを考えあわせ再検討を行なっている。

上述のように、PC まくらぎには 15 年を経た今日でも、まだ設計上で未解決の問題が残っているわけであり、理論と実際の両面を常ににらみながら、試行錯誤的に決定してゆかなければならないという、一すじなわではゆかない性格を明らかに示している。

なお、現在までに設計敷設された代表的 PC まくらぎの諸元、その他を示せば表-3 のとおりである。

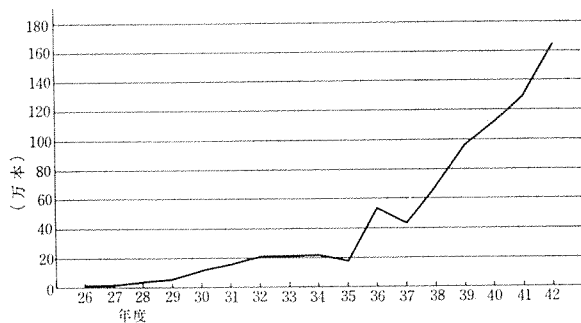
3. 製作上の問題点

昭和 26 年以来 PC まくらぎの生産量は逐年その数を増し、昭和 42 年には年間 160 万本の多きをかぞえるに

表-3 代表的 PC まくらぎの形状寸法その他

断面位置	まくらぎ種類	昭和 26 年 プレテン 1号		昭和 31 年 プレテン 2号		昭和 36 年 プレテン 3号		昭和 39 年 ポストテン 3 A, B号		昭和 41 年 凍上用 1 F号		昭和 43 年 急曲, 勾配線用 4号	
		中央	レール下	中央	レール下	中央	レール下	中央	レール下	中央	レール下	中央	レール下
上	幅 cm	22.00	22.00	19.30	18.00	19.68	18.25	19.68	18.25	19.20	18.30	14.98	18.50
中	幅 cm	〃	〃	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	—	—
下	幅 cm	〃	〃	16.00	24.00	16.00	24.00	24.00	24.00	16.00	24.00	20.00	24.00
高	さ cm	11.00	14.00	13.00	15.425	13.00	15.97	13.00	15.97	14.30	16.00	17.00	18.50
長	さ cm	200		200		200		200		200		200	
使用 PC 鋼材	本	φ 2.9×2-14		φ 2.9×2-16		φ 2.9×2-16		φ 11-4		φ 2.9×2-20		φ 2.9×3-10 φ 5 -12	
有効緊張力	%	80		65		65		80		65		65, 58	
底面積	cm ²	4 400		4 480		4 480		4 792		4 480		4 644	
コンクリート体積	m ³	0.0570		0.0662		0.0665		0.0665		0.0705		0.0796	
重量	kg	140		162		163		163		173		195	
断面位置	まくらぎ種類	昭和 44 年 急曲線用 6号		昭和 44 年 中, 下級線用 7号		昭和 44 年 中, 下級線用 7号		東海道新幹線 3 Ta(プレテン ション)		東海道新幹線 4 Td(ポストテ ンション)			
		中央	レール下	中央	レール下	中央	レール下	中央	レール下	中央	レール下	中央	レール下
上	幅 cm	16.15	18.50	16.97	18.50	21.60	25.00	16.50	18.45	16.50	18.50		
中	幅 cm	—	—	—	—	—	—	—	23.80	—	24.00		
下	幅 cm	21.00	24.00	20.00	22.00	26.00	30.00	23.00	28.30	23.00	28.30		
高	さ cm	15.00	17.00	13.00	15.00	14.00	16.00	17.50	19.00	17.50	19.00		
長	さ cm	200		200		200		240		235			
使用 PC 鋼材	本	φ 2.9×3-12 φ 5 -12		φ 2.9×3-8 φ 5 -10		φ 2.9×3-10 φ 5 -12		φ 2.9×2-22		φ 12-4			
有効緊張力	%	65, 64		65, 64		65, 64		65		80			
底面積	cm ²	4 657		4 396		5 800		6 430		6 264			
コンクリート体積	m ³	0.0700		0.0622		0.0849		0.1030		0.097			
重量	kg	172		152		208		252		238			

図-5 年度別 PCまくらぎ生産量
(新幹線用PCまくらぎを除く)



至った。その実績を調べて見ると 図-5 のとおりである。

これらのPCまくらぎを製造技術的に見るとプレテンションとポストテンション方式にわけられ、現在のところ前者がその大部分をしめている。そしてプレテンションの場合は、付着性のすぐれたPC鋼線の使用、合理的で実際的な養生方法の検討、スターラップ補強の有無等の問題があり、一方ポストテンション方式の場合には、養生の問題のほかに作業工程上の合理化の問題等がある。以上のごとく合理化とコストダウンの要求がますます強まるなかで、われわれ使用者としてはこれに対処するため十分な性能を確認する必要のあることは当然である。

(1) 異形PC鋼線の使用

従来プレテンション方式PCまくらぎには、その緊張材としてφ2.9mm 2本より線にさびつけしたものがもっぱら使用されてきた。しかし、この方法には疲労強度を低下させること、鋼線表面に一樣なさびつけをすることが管理上非常に困難であり、また長時間を要することなどの欠点があり、これを補なう合理的で確実な方法として異形PC鋼線の使用が考えられた。そこで昭和43年度以来、異形PC鋼線使用によるPCまくらぎの試作試験を実施しているが、その結果について述べると次のとおりである。異形PC鋼線を使用してまくらぎのような短小部材を製作する場合、必要十分な付着力があり所要のプレストレスが得られること、列車荷重による変動応力に対して十分な疲労強度があること、まくらぎ断面に対して線群として配置させた場合に端部に有害なひびわれが生じないこと、また曲げ部材としてくり返し荷重に対して十分な付着疲労強度があることのほかに、まくらぎ製作時に作業性がよいことが要求される。

したがって、試験内容としては、以上の問題点を究明すべくコンクリートとの付着効果を実際に則した方法で調べ、あわせて鋼線自身の疲労強度も試験したのちとにもすぐれたものについては、まくらぎとほぼ等大の桁を製作して疲労試験を行なって安全性を確かめた。

代表的異形PC鋼線の外形形状と機械的性質は写真

一1、表-4に示すごとく、大別すればより線と単線であり、また異形の形状からは表面に突起のあるデフォームワイヤーと圧痕を施したインデントワイヤーにわけられる。強度としてはφ2.9mm×2で2600/2300kg(破断荷重/降伏点荷重)以上、φ4.2mmで2600/2300kg以上、φ5mmで3250/2850kg以上を規格値として試験を行なった。

狭軌PCまくらぎは全長が2m、レール締結部中心までがまくらぎ端部から43cmであるから、まくらぎに使用するPC鋼線の付着長としては、レール位置においては完全にプレストレスが導入されなければならないの

写真-1 異形PC鋼線の形状の一例

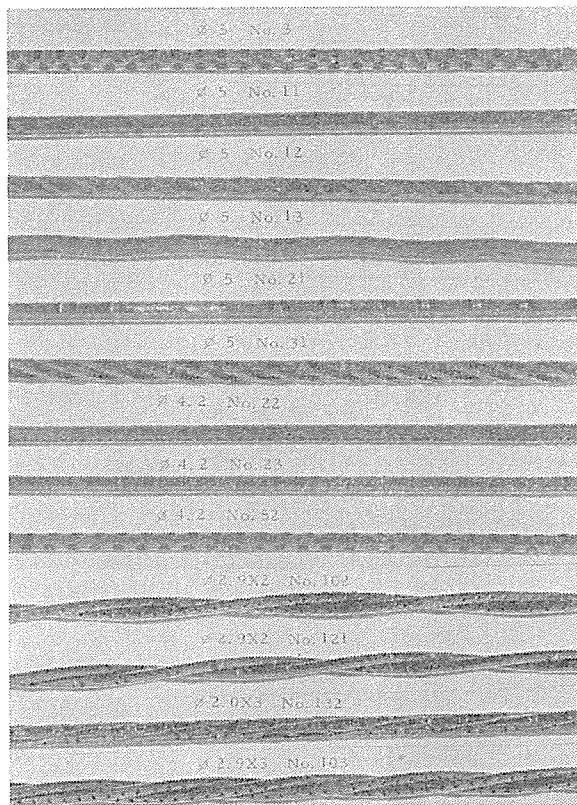


表-4 異形PC鋼線の諸性能の一例

公称外径 (mm)	種別	表面形状	破断荷重 (kg)	降伏点荷重 (kg)
4.2	単線	卵形圧痕3面、深さ0.3mm ピッチ6.8mm	2660	2440
5.0	〃	球形圧痕4面、深さ0.5mm ピッチ6.9mm	3400	3000
5.0	〃	直角ふし2面、高さ0.24mm ピッチ14.0mm	3330	2925
5.0	〃	ハ形ふし2面、高さ0.2mm ピッチ15mm	3620	3230
2.9	2本より	球形圧痕4面、深さ0.12mm ピッチ3.5mm	2700	2520
2.9	3本より	球形圧痕4面、深さ0.12mm ピッチ3.5mm	3987	3700
2.9	2本より	異形なし	2820	2630

で、40 cm 以下であることが要求される。

したがって、付着性試験においては、図-6、写真-2 に示すように埋み込深さを 15, 30, 45, 60 cm の各点として、電気抵抗線ひずみ計により埋込深さと緊張力損失量との関係を測定した。試験結果の一例を示せば 図-7 のごとくであり、従来使用されている $\phi 2.9$ mm 2本より線にさびづけしたものにまさり、かつ、付着長も 40 cm 以下のものが見出された。また 図-8 は部材端における P C 鋼線のすべり込み量を 1/1000 mm ダイヤルゲージを用いて測定した結果であるが、導入直後より数時間は

図-6 異形 P C 鋼線の付着性試験

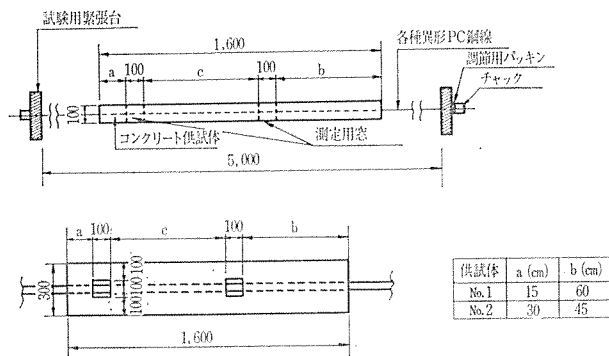
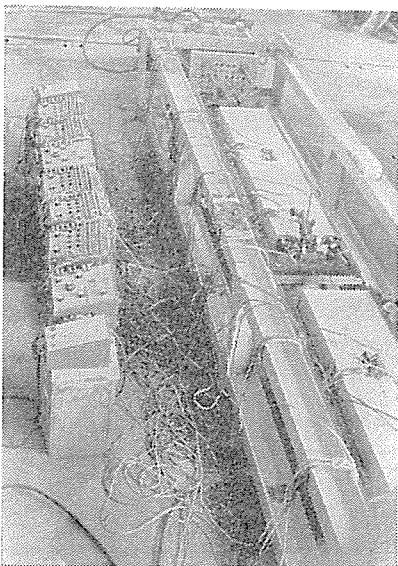


写真-2



かなり急激に移動しており、付着性試験においては少なくともプレストレス導入後 2 日間以上は測定する必要がある。

一方 P C 鋼線自身の疲労強度であるが、まくらぎとほぼ等大の曲げ部材における設計荷重作用時の P C 鋼線応力増加量は、この試験では、約 5 kg/mm^2 であ

った。もし、ひびわれが発生すれば、その部分の鋼線には過大な応力が集中することになるので、安全のためには 15 kg/mm^2 程度以上の疲労強度が必要である。

疲労試験では下限荷重の設定が問題となるが、まくらぎの場合、初期緊張力が規格破断荷重の約 80% で、リラクゼーションやクリープによる損失を考えて有効率を 65% として設計している。ゆえに最終的には規格破断荷重の 52% が残ることになるが、安全を考えて規格破断荷重の 60% を下限荷重として繰返し載荷試験を行な

図-7 異形 P C 鋼線の付着性

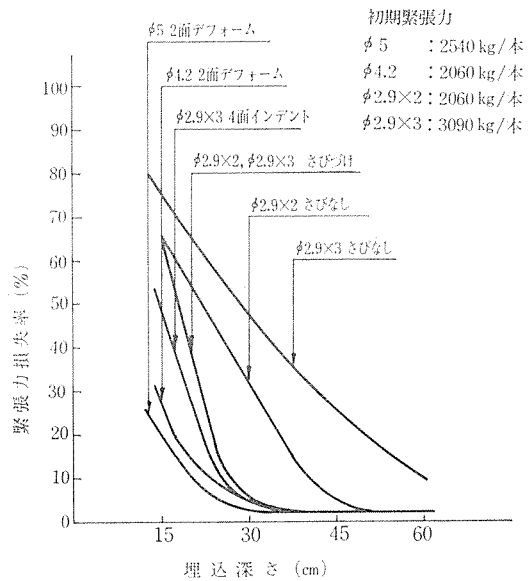
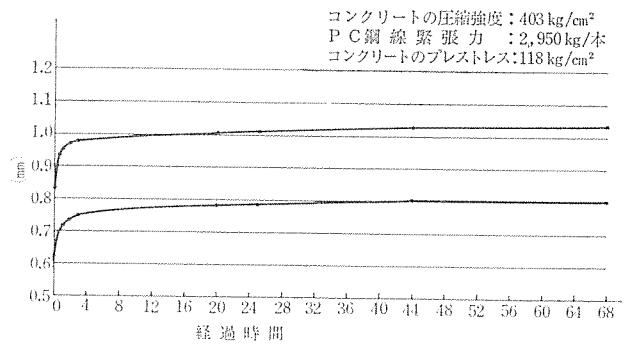


図-8 $\phi 5$ 異形 P C 鋼線のすべり込み量

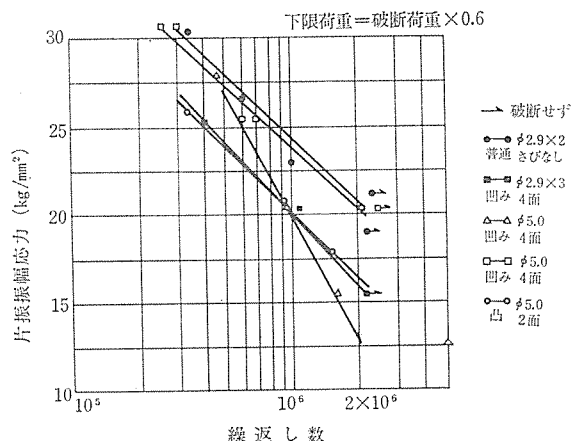


った。

しかし、P C 鋼線はもっと高い荷重段階で疲労をうけることもありうるので、一部は下限荷重を 80% まで上げた試験を行なった。図-9 は試験結果の一例である。

試験の結果 $\phi 2.9$ mm 2本より線のさびづけしないものの繰返し数 200 万回における疲労強度は約 20 kg/mm^2 であり、異形 P C 鋼線では $15 \sim 20 \text{ kg/mm}^2$ であった。したがって、付着強度、疲労強度ともに満足されるものが見出されたのであるが、このほかにも、実際上は締着方法や、作業性などが重要な要素となる。またまくらぎのように初期緊張力が高く、比較的多数の P C 鋼線を配置する部材においては、プレストレス導入時に鋼線にそったひびわれが発生することがある。この実験においてもこのことは経験されたところであり、付着性が必要以上によすぎることが原因と思われるが、これは曲げ部材としての耐荷力を著しく低下させる恐れがある。したがって、ひびわれ防止のためには、この種異形 P C 鋼線を使用する場合、端部の付着を一部断つか 3 cm 以上のかぶりと間隔をとることが必要と思われる。

図-9 疲労強度—繰返し数曲線



最後に曲げ部材としての疲労強度も繰返し荷重を載荷することにより確かめた。まくらぎは当然通過列車の車軸数に相当する繰返し応力をうけるわけで、きわめて荷重頻度が高く、また応力の大きさも列車荷重と速度、反力状態によりばらつきの大きいものである。疲労試験ではこれらすべての条件を満足するような試験を行なうことは困難なので、この試験では一般土木構造物で行なわれているように、繰返し数を200万回とし、下限荷重は機械の性能上1t、上限荷重はプレストレスが0 kg/cm²となる荷重の90%、支点間隔150 cm、荷重スパン70 cmの2点載荷で行ない、PC鋼線のすべり込みやひびわれの観察をし、最後に、破壊荷重を測定して耐荷力の減少をしらべ、安全性を確かめた。以上一連の実験結果から、異形PC鋼線の使用が、従来用いられたφ2.9 mm 2本より線によるよりも、曲げ部材としての性能を安定して向上するのに有効であり、高品質のまくらぎを製造することができることがわかったので、昭和43年度にはこれら異形PC鋼線のうちφ2.9 mm 3本より線とφ5 mmのインデント鋼線を用いて急曲線急勾配線用PCまくらぎを試作して、山陽本線八本松～瀬野間に敷設し、引続いて急曲線、支線区間のPCまくらぎも試作してそれぞれ山手線と川越線に試験敷設してある。

以上のように異形PC鋼線の付着性と疲労強度について個別即物的に試験を行なったのであるが、それらのことについては、もっと系統的に数量化できれば非常に有意義になるわけであり、今後の研究にまつところが大きい。なお、今後の問題として、もっと太径のφ9.5 mm 7本より異形ストランドについても現在試験を実施中であり、すぐれた特性のものが開発されれば、まくらぎのみならずプレテンションPC桁製作技術上、役立つことができるものと思う。

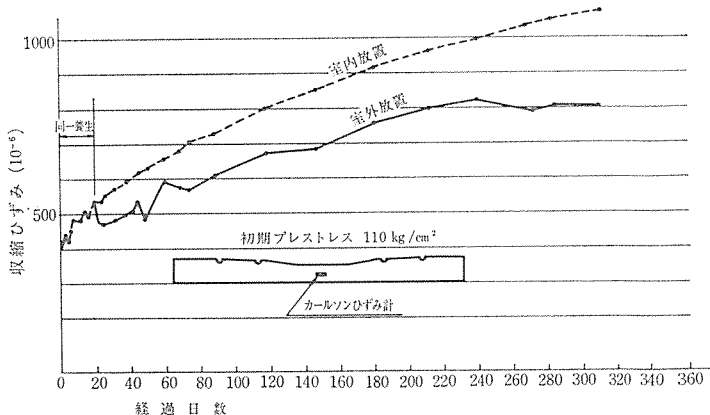
(2) PCまくらぎの養生

PCまくらぎの養生の問題であるが、プレテンション、ポストテンション方式とも現在では高温促進養生を行なっているのが普通である。この場合、国鉄におけるPCまくらぎの規格では、前置時間3時間、最高温度60°C、温度上昇勾配は毎時15°C以下と規定しているが、外国では最高温度を80°Cまで許しているところもあり、現場の実情にあった養生方法がとれるように試験結果をもとに再検討の必要があるものと思われる。

(3) PCまくらぎのクリープ

図-10は当研究室におけるPCまくらぎに埋込んだカルソンひずみ計によったクリープ測定の結果であるが、まだ増大傾向をたどっている。クリープによるプレストレスの損失は大なるものであり、この正確な測定はきわめて重要である。クリープはプレストレスの大きさ、断面の形や大きさ、コンクリートの配合、強度、環境等によりばらつきの大きなものであり、実験室の結果をそのまま実際に適用するには無理がある。そのような意味でクリープに関する基礎資料を得るために、単位水量、単位セメント量、セメントの種別の相違がクリープ特性に及ぼす影響をしらべる準備を整えつつあるので、後日発表したいと思う。

図-10 3号型PCまくらぎの収縮とクリープ



4. PCまくらぎ使用上の問題点

PCまくらぎは道床上にあって軌間を保持し、列車荷重を路盤に伝達することがそのおもな役目であるが、そのほかにレールの伸縮を制限し、レールと一体化された軌きようとして縦、横の移動に対して抵抗の大きなものでなければならない。軌道は本来、不完全な構造物であり常に整正作業を加えなければならないものであるが、できるだけ保守のかからない構造であることが望まれる。そういう意味ではPCまくらぎ化することにより、保守作業は軽減されるが、まくらぎの寿命としては、木まくらぎの2倍以上もたなくては経済的な利点が失なわれる

ことになる。ごく初期におけるPCまくらぎは、設計、製作上の不備のために、現場に敷設されてから曲げによるひびわれが相当数出たり、両レール位置断面が平行でなかったために、ねじれにより折れたもの、また横圧をボルトで受ける構造であったため、そのくさび作用によって長手方向に割れたものや、PC鋼線のさびつけ不足により最初からプレストレスが不足するもの等の初期故障的事故があった。

これらの事故原因は、設計の改良、製造技術の進歩により解決されているとしても、細心の注意を払わなければならないことはいまでもない。

そのほか、PCまくらぎの電食と電気抵抗の問題がある。前者は直流区間のトンネルで特に水のある所では電食がひどいようであるが、それも主にレールや締結装置についてのものが多く、まくらぎ本体についてはまだデータが少ない。実験室での促進試験の結果はある程度出ているけれども、実際線区との相関関係はまだ明らかではない。電気抵抗は自動信号区間で問題となることであるが、ごく初期においては、結束線がコンクリート表面に出ていて、それが両レールを短絡して信号事故となった例があったが、大体1kmあたり2~3Ωという現場における測定結果が得られている。

最近は大架区間においても噴泥を生じている箇所が発生している。これは道床砂利表面に付着していた微粉末が主因と思われるが、まくらぎと道床砂利の摩擦により発生した粉末も一因をなしているものと思われる。それは長年敷設されたPCまくらぎの底面が相当すりへっていることから察せられる。

最後に継目用PCまくらぎについて述べなければならない。現在レール継目には木まくらぎ2本を結合して使用しているが、継目部の道床破壊は非常にはげしいものであり、ひどい所では保守作業の大半がこれに費やされているといっても過言ではない。レール継目衝撃はレール、道床の状態により著しく違うものであり、ポストテンションPCまくらぎのグラウト注入不良のもので鋼棒が切断した事故も経験しているので、十分注意して設計製作し軌道強化をはかることが必要である。

5. 今後のPCまくらぎに関する展望

PCまくらぎが、国鉄の幹線を制し、余勢をかって支線、私鉄を制しつつある現状を見ると、今後のPCまくらぎを展望するのにいささか戸まどいを感じずにはいられない。すなわち、PCまくらぎは量質ともにその絶頂を過ぎ、もう新しい発展など期待できないのではないかと戸まどいである。しかしながらマスプロ製品的性格の強いPCまくらぎに対し、本質的にはマスプロに向

かないプレテンション方式がポストテンション方式とならんで実施されていることは、わが国のPCまくらぎに関するポストテンション方式の技術が未完成であることを示唆していると解釈することもできる。現在とられているPCグラウト方式からさらにマスプロ向けのボンドレス方式へ、もっと進んで製作時ボンドレス、のちにボンドを生ずる方式に発展すべきであろう。この時点でわが国のポストテンションPCまくらぎの技術が世界のトップにたつことは明りょうであるが、さらに進んで直結軌道をPC桁に取り付け、橋脚頂部との間に調節可能な剛結構造とする大PC縦まくらぎ方式などといいたすと漸く展望らしくなってきたようにも思われる。無道床軌道としてコンクリートスラブ式のもの国鉄で開発されつつあり、この段階ではPCのかけは薄い、大縦まくらぎとなれば再びPCの世界となるであろう。以上のような展望にたつて現在国鉄では技術開発を進めているわけである。

あとがき

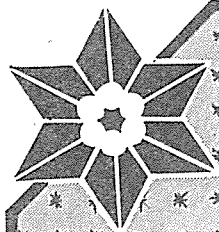
わが国におけるPCまくらぎは、国の基幹動脈を支えるという重責を十分果たしてきた。あらゆる悪条件下にあった敗戦後のわが国において、このように顕著な技術的発展をとげる原動力となられた仁杉、猪股、三浦の三博士の功績は改めて特筆されなければならない。ひるがえって現時点のわが国を考えると、名実ともに世界の先進国たんとする国民的志向はあまりにも強烈であるからPCまくらぎ技術においても、できれば世界の鉄道、少なくともアジアの鉄道ぐらいを支えることが期待されているといっても過言ではなかろう。負荷の重さをかみしめつつ筆をおく次第である。

参 考 文 献

- 1) 三浦一郎：プレストレス コンクリートまくら木的设计および製作方法，鉄研報告 No. 307, 1962.5
- 2) 三浦一郎：コンクリートまくら木，鉄道線路 11-7~12, 12-1~6 号
- 3) 三浦一郎，ほか：東海道新幹線のPCまくらぎ，材料試験 11-111
- 4) 松原健太郎：新幹線の軌道，日本鉄道施設協会
- 5) 保線講習テキスト，日本保線協会，昭和 33 年 11 月
- 6) コンクリートマクラギ設計図集 日本保線協会 昭和 32 年 4 月
- 7) コンクリートマクラギ設計資料，新幹線総局計画審議室 軌道 昭和 36 年 1 月
- 8) 渡辺借年：わが国におけるPCマクラギの発展 および問題点，プレストレス コンクリート，4-6
- 9) 星野，大境，野口：PSコンクリート枕木の電食試験，鉄研速報 No. 6-208, 昭和 31 年 2 月
- 10) 河辺 一，ほか：PC枕木区間の直流軌道回路残留電圧対策及びAF軌道回路定数測定試験，鉄研速報 No. 62-88, 昭和 37 年 4 月

1969.12.26・受付

東京製鋼製品



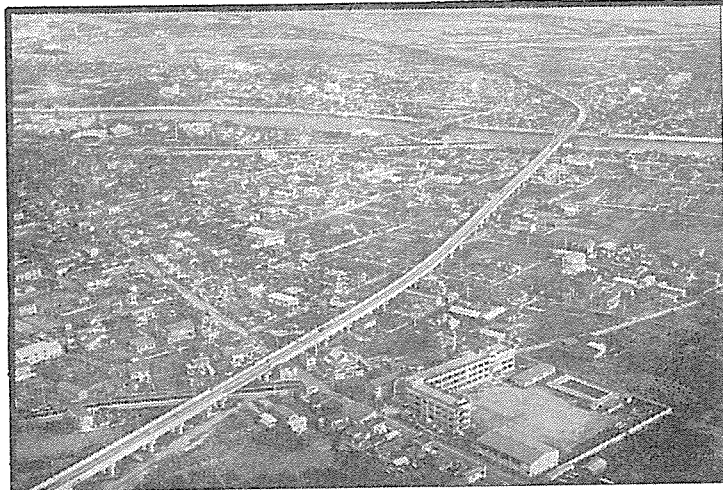
PPC

JIS G 3536

鋼線・鋼より線
BBR工法鋼線
多層鋼より線 (19~127本より)

製造元 東京製鋼
発売元

東京都中央区日本橋室町2丁目8番地 古河ビル四階
電話 (211) 2851 (大代表)



プレストレスト・コンクリート

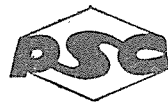
○各種構造物の設計・施工

BBRV, フレシネー, MDC, SEEE工法

○セメント二次製品の製造・販売

PC製品 (桁, ハリ, 版類, マクラギ)
ポール
パイプ (PC, RC)
ブロック類

帝都高速度交通営団 5号線長島町工区
延長 643m 複線



北海道ピー・エス・コンクリート株式会社

本社・東京営業所	東京都豊島区北大塚1丁目16番6号(大塚ビル)	電話 東京(918)6171(代)
札幌営業所	札幌市北三条西4丁目(第一生命ビル)	電話 札幌(24)5121
大阪営業所	大阪市北区万才町43番地(浪速ビル東館)	電話 大阪(361)0995~6
福岡営業所	福岡市大名1丁目1番3号(石井ビル)	電話 福岡(75)3646
仙台事務所	仙台市元寺小路172番地(日本オフィスビル)	電話 仙台(25)4756
名古屋事務所	名古屋市中区錦3丁目23番31号(栄町ビル)	電話 名古屋(961)8780
美唄工場	美唄市字美唄1453の65	電話 美唄4305~6
幌別工場	北海道幌別郡登別町字千歳	電話 幌別2221
掛川工場	静岡県掛川市富部	電話 掛川(2)7171(代)