

# PCまくらぎ

岩崎 岩 雄\*

## 1. 設計条件

PCまくらぎの設計に当たり、まず必要な荷重と反力分布を国鉄では次のように考えている。PCまくらぎには在来線の狭軌用と新幹線の標準軌間用の2種類があるが、設計方法の基本的考え方は同じであるので、ここでは在来線の場合について紹介することにする。

### 1.1 荷重について

$$P = W \times \tau_V \times (1 + \alpha)$$

$$Q_F = H_F \times \tau_H \times (1 + \beta)$$

$$Q_S = H_S \times \tau_H \times (1 + \beta)$$

ここで、

$W$  : 最大静的輪重

$\tau_V$  : 輪重分散率

$\tau_H$  : 横圧分散率

$\alpha$  : 車輪フラット、波状摩耗、速度等による割増し率

$\beta$  : 横圧に対する速度割増し率

$H_F$  : 常時の車輪横圧

$H_S$  : 偶発的に発生する車輪横圧

そこで国鉄では現在、 $W=8.0t$ 、 $\tau_V=0.5$ 、 $\tau_H=0.5$ 、 $\alpha=1.0$  (幹線) または  $0.8$  (中、下級線)、 $\beta=0.5$ 、 $H_F=2t$  (直線および  $R>800m$ ) または  $3t$  ( $R\leq 800m$ )、 $H_S=4t$  (直線および  $R>800m$ ) または  $6t$  ( $R\leq 800m$ ) としている。

### 1.2 反力分布について

#### 1) 反力分布A状態について

道床突固め作業後、列車荷重と振動により再分配が行われ、まくらぎ全長にわたり一様な道床反力を仮定した状態。

#### 2) 反力分布B状態について

道床突固め直後の状態として、まくらぎ中央部の道床反力は0で、その左右20cmの間の道床反力は三角形分布、その他の反力分布は一様と仮定した状態。

#### 3) 反力分布C<sub>1</sub>状態について

横圧作用時を想定した場合で、片側レールだけにレール圧力  $P$  とレール横圧として常時横圧  $Q_F$  をとり、反対側のレール位置の道床反力を0とした三角形分布

を仮定した状態。

#### 4) 反力分布C<sub>2</sub>状態について

反力分布  $C_1$  と同様で、レール横圧として偶発横圧  $Q_S$  をとった場合。

以上がPCまくらぎの設計に必要な単純化された外力と反力のパターンであり、これまでの経験上妥当なものと考えられる。図-1がその例である。

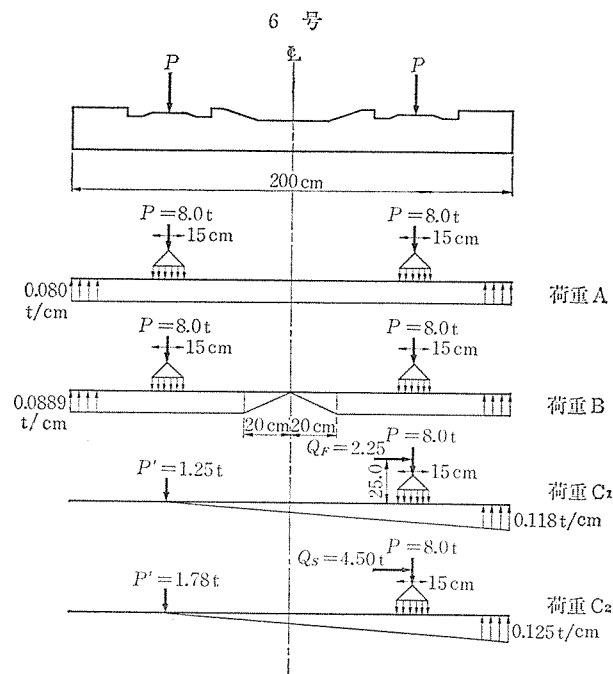


図-1 荷重と反力分布の仮定

### 1.3 外形寸法

PCまくらぎの長さ、底面幅、頂面幅、高さは技術、使用、経済上の要求で定められるものであるが、長さはまくらぎ中央部とレール下部の応力上の均衡、PC鋼線の付着長を考え在来線では2.0m、新幹線では2.35~2.40mとしている。底面幅は道床圧力の減少、道床抵抗の増大、保守作業性の向上などを考慮して在来線の場合22~24cm、新幹線では30~33cmとなっている。また頂面幅はねじれ破壊、型枠の抜け勾配、締結装置の機能などにより約18cm~27cmとまちまちである。高さについては重量、道床抵抗の増大、導入応力の均衡等によりレール下部で在来線の場合約16~17cm、新幹線

\* 国鉄鉄道技術研究所構造物研究室

土木構造物

の場合で約 19~22 cm である。

1.4 緊張力の有効率その他

プレテンション方式の場合、PC 鋼線のすべり、リラクゼーション、コンクリートのクリープ等による損失をみて有効率を初期には 80% と見積もったが、その後多くの製品試験の結果 65~75% 程度であることが確かめられたので、以来 65% を採用しており、ポストテンション方式の場合は 80% とみている。

コンクリートの設計基準強度は 500 kg/cm<sup>2</sup> 以上、プレストレス導入時圧縮強度は 400 kg/cm<sup>2</sup> 以上で活荷重作用時の許容圧縮応力度が 200 kg/cm<sup>2</sup> 以下、原則的には引張応力度は認めないフルプレストレスで設計しているが、一部では最大 25 kg/cm<sup>2</sup> の曲げ引張応力度を認めたものもある。

使用する PC 鋼材は、プレテンション方式の場合は  $\phi 2.9$  mm 3本よりのインデント異形 PC 鋼より線（強

度は JIS と同じ）を初期緊張力 2930 kg/本 で緊張し、ポストテンション方式では主に  $\phi 10$  mm,  $\phi 11$  mm,  $\phi 13$  mm の強度レベルは設計上の要求と当時の製作技術によりとくに仕様し、片側ヘディングしたものであり、初期緊張力はそれぞれ 7400 kg/本, 9000 kg/本, 12500 kg/本 で緊張し、アンボンド工法を採用しつつある。

2. 材料条件

PC まくらぎの使用材料はコンクリート、PC 鋼材、普通鉄線、埋込み栓などである。

コンクリートに用いるセメントは普通、早強セメントどちらでもよいが、生産工程上早強セメントが使用されている。骨材は学会規準に従い最大寸法 25 mm を仕様している。PC 鋼材は前述のとおり規格に特記して仕様している。普通鉄線はスターラップと埋込み栓まわりの補強用スパイラルに用いている。埋込み栓は締結ボルト

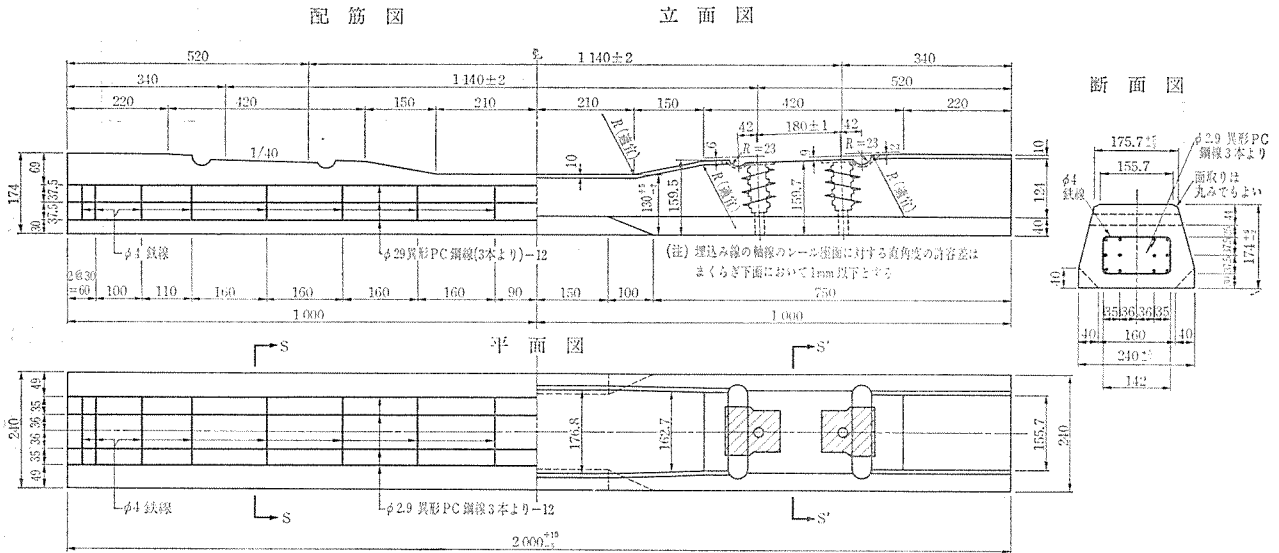


図-2 PC まくらぎ 3号

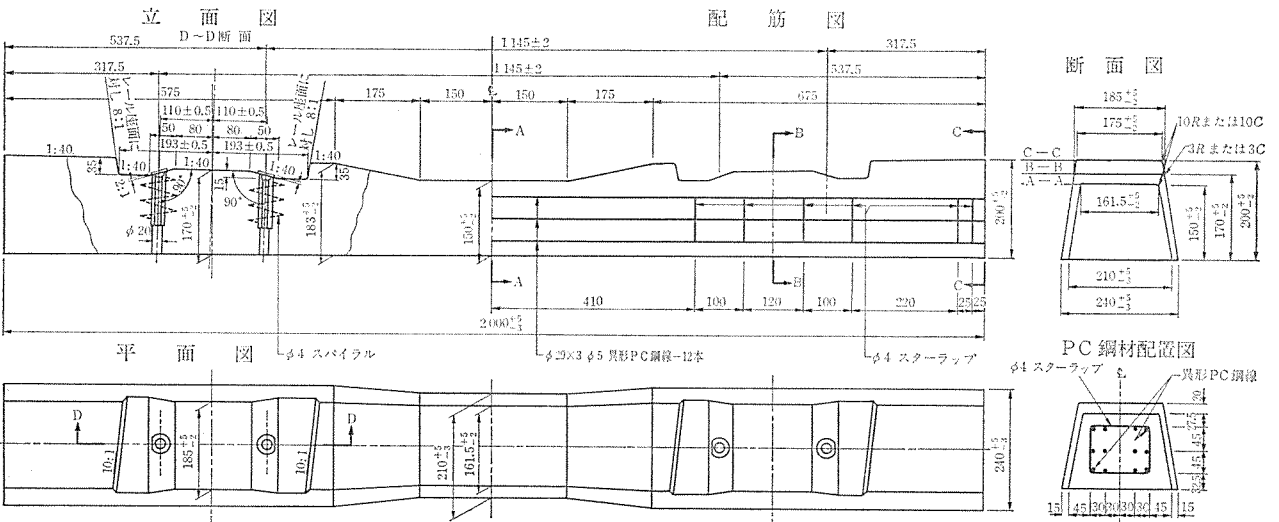


図-3 PC まくらぎ 6号

用のナットに相当するもので、ポリエステル系樹脂製の  
ものである。

### 3. 形 状

PC まくらぎには製法上ではプレテンション、ポスト  
テンション両方式が、使用上では新幹線、在来線用のも

のがあり、さらに適用範囲からは直線、曲線、継目、凍  
上線区、速度、線級別等の区別があり 20 種類以上に及  
んでいる。それに従って形状も異なるものもあるが、在  
来線でも多用されている 3 号型と 6 号型、新幹線では  
3Tc 号と 3Hc 号について 図-2~5 に示すことにす  
る。

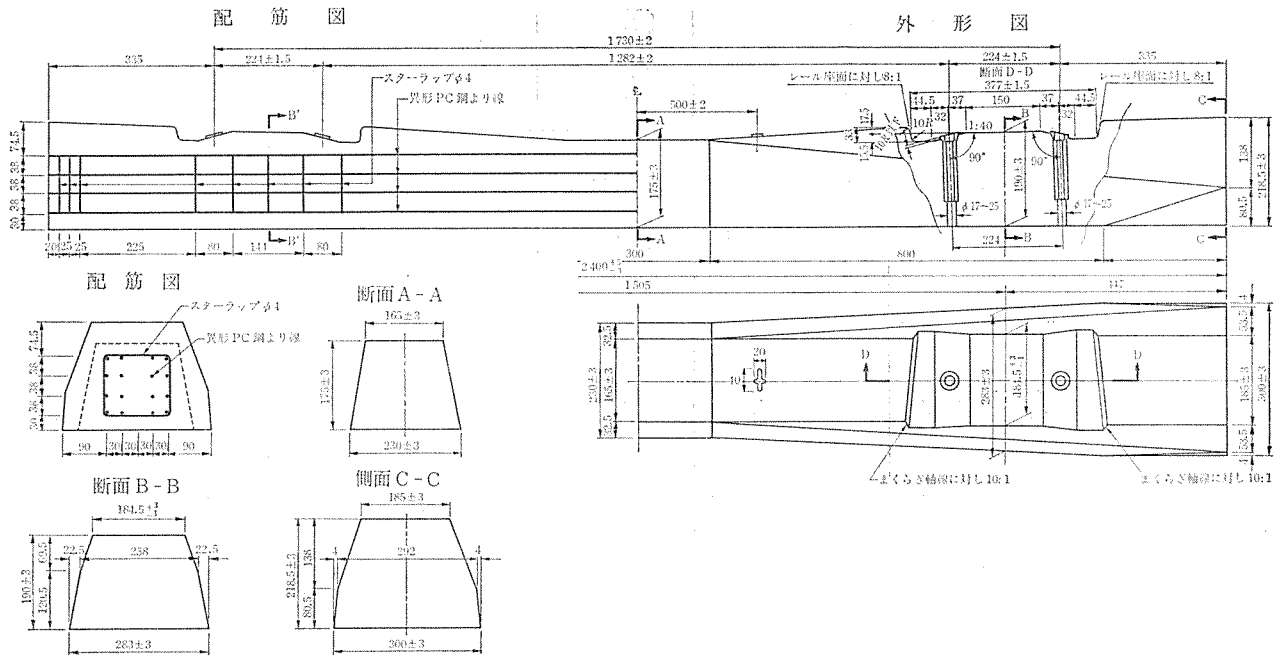


図-4 PC まくらぎ 3Tc

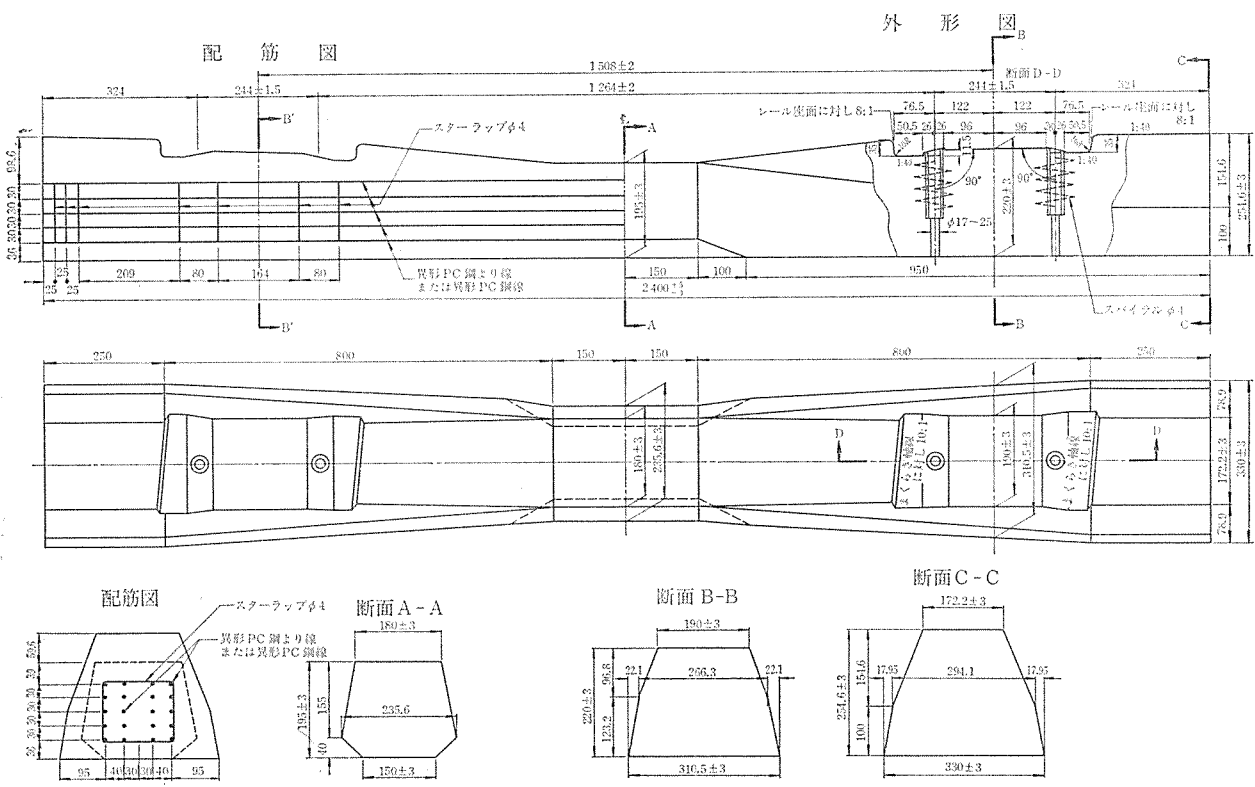


図-5 PC まくらぎ 3Hc

表一1 代表的 PC まくらぎの使用方法

項目 形式	断面図	横断面図	PC 鋼線	使用基準および限度	特徴
3号			φ2.9×3 異形より線 12本	昭和37年に設計されたもので、当初半径600m以上の曲線および直線に敷設されていたが、その後改正で半径800m以上の曲線および直線に敷設されている。	曲線にも敷設されているため、9mm高さのショルダー（横圧受部）を設けて、横圧に対処できるようにした。
6号			φ2.9×3 異形より線 12本 φ5 異形鋼線12本	半径300m以上800m未満の急曲線区間用として、昭和44年設計された。	急曲線であるから35mm高さのショルダーを設け、ここで完全に横圧を受けとめ、スラックは大小2種類のくさびで保持するようにしてある。
統一型 (一般用)			φ2.9×3 異形より線 16本 φ5 異形鋼線16本	3号、6号、1-F号の各PCまくらぎを統一化するために昭和51年設計されたのである。半径240mまでの急曲線区間にも敷設可能で高低調節も23mmまで行えるようになっている。	列車荷重により道床圧力を減らし、沈下量を少なくして保守周期を延伸するため、まくらぎ底面幅を300mmに拡幅している。
統一型 (継目用)	同上	同上	φ2.9×3 異形より線 16本 φ5 異形鋼線16本	継目部分のPCまくらぎ化を行えるようにするため昭和51年に設計された。性能は一般用と同じである。	継目部の衝撃にも十分締結装置が耐えようよう、埋込み栓を用いず、アンカープレート式となっている。またPC鋼線も一般用より2本増としてある。
3TC			φ2.9×3 異形PC鋼より線16本 (プレテンション式)	東海道新幹線に用いられている3TaPCまくらぎの改良型で、外形寸法は同じである。分岐器、橋梁等を除き、最高速度210km/h以下の有道床区間では全面的に使用されている。	保守労力の低減のため、道床中すかしを廃止することにより3Taを改良して3Tcとしたものである。またショルダー（横圧受部）型式を本格的に採用したのは、この種新幹線用PCまくらぎからである。
3HC			φ2.9×3 異形PC鋼より線20本 (プレテンション式)	山陽新幹線で最高速度が210km/h以上の有道床区間に使用されている。	最高速度が210km/h以上と高速区間に使用するため、衝撃を考慮して設計荷重を増し、したがって断面が大きくなっている。

4. 製作方法

PC まくらぎの製造にはプレテンション方式とポストテンション方式があり、現在国鉄では両方式を採用しているが、当初はプレテンション方式で始まり、東海道新幹線からポストテンション方式が導入された。

プレテンション方式の場合は一般のPC部材同様ロングラインシステムで行われ、コンクリートの締固めは通常スランプ3cm程度のものを外部振動機または内部振動機の併用で行っている。養生は蒸気による高温促進養生を行うのが普通であり、コンクリートを練り始めてから少なくとも3時間以上たってから通気を行い、昇温および降温速度は毎時15°C以下で、最高温度は60°Cと規定している。これでコンクリートの圧縮強度が同一養生を行った供試体で400kg/cm<sup>2</sup>以上が確保されれば脱型後プレストレスの導入が行われるが、大体練り始めてから導入までの時間は17時間以上は要する。その後、

端面処理などをしてから外観寸法検査を行い、続いて3日間の湿潤養生を最近を行うようになりつつあり、ストック場に貯蔵する。その際曲げ、埋込み部品の引抜き試験をして品質管理を行っている。PC鋼材は前述のとおり異形PC鋼より線を使用しているため、とくにさびづけの必要はない。

ポストテンション方式の場合はコンクリートが硬化後にプレストレスを導入する工法がPCまくらぎでは採用されており、即時脱型工法は行われていない。

コンクリートの締固めは振動台上で行われ、流れ作業で養生ベースに移され、プレテンション方式と同様の条件で蒸気養生をする。強度が確認されれば脱型後プレストレスの導入を行い、検査、試験の後貯蔵するのは前者と同様である。前述のようにアンボンド工法化が現在進められており、塗布剤としてはアスファルト系のものが使用されている。以上のようにPCまくらぎの製造方法には2通りあるが、いずれの方法でも区別はしていない。

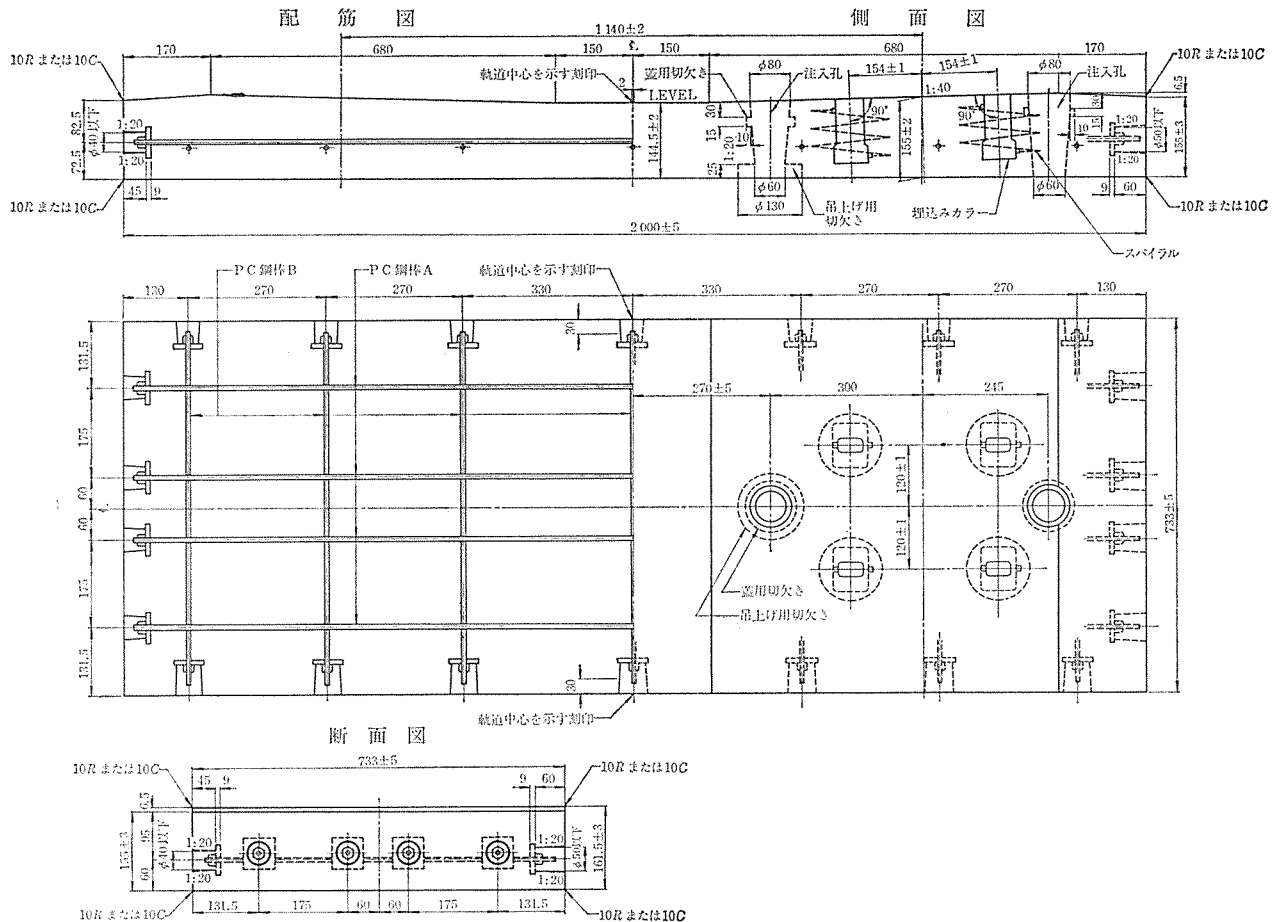


図-6 LPC-N

### 5. 使用方法

PC まくらぎには前述のようにいろいろの種類があるが、それぞれ適用範囲と使用条件が明確に規定されている。表-1 はこれまで国鉄が設計開発してきた代表的PC まくらぎの適用範囲と開発経緯を示したものである。

### 6. 特長および施工例

国鉄がPC まくらぎの研究を始めたのは昭和26年で、約10年間の研究を経て東海道新幹線の建設を契機に大量敷設時代をむかえ、昭和40年代後半からはスラブ軌道、舗装軌道、弾性軌道などPC まくらぎ技術の発展多様化の時代となった。PC まくらぎの年間投入数は昭和38年には180万をピークに近年は約50万本の投入が行われており、現在国鉄総まくらぎ本数約5600万本中約1600万本がPC まくらぎである。

### 7. LPC まくらぎ

LPC まくらぎとは Large PC まくらぎの略称であり長さが2m、幅が0.733m、厚さが約15cmのコンクリートスラブで、これを使用した軌道構造を舗装軌道といっている。この軌道は在来有道床軌道の改良省力化を目

的としているが、路盤処理をし不等沈下を防止すれば新線にも適用可能なものである。

LPC の設計は長手方向では PC まくらぎと同じであるが、短辺方向では分布幅を仮定して設計し、実測してチェックしている。LPC の場合もまくらぎ同様プレテンション方式で敷設可能であるが、これは縦、横にプレストレスを導入する構造なので、ポストテンション方式の方が有利であり、少量生産にもむいている。したがってLPCではポストテンション方式だけを採用しており、長手方向にはφ11mm PC 鋼棒を9000kgで、短辺方向ではφ9.2mmを6500kgで緊張し、これもアンボンド工法で製作している。有効率その他はPC まくらぎと同じであり、材料関係は締結装置の関係で埋込み部品が変わるだけで、製作方法にも変わりはない。LPC は普通のPC まくらぎにくらべ約3倍の大きさがあり、外形形状は図-6のとおりである。

舗装軌道は昭和46年度から研究をはじめ、これまでに10km以上の施工実績があり、騒音、振動などのために機械保守作業が困難な線区や、清掃、除雪作業とくに必要とする駅構内などから逐次敷設が進められる計画である。