

軌道部材における PC 製品の種類・製造について

林 邦憲*1

わが国でプレストレストコンクリートが実用化されたのは、軌道部材としての PC まくらぎが最初である。PC まくらぎは木まくらぎと比較して強度や耐久性が高く、まくらぎ交換などの保守費用が低減できることから、全国に普及し現在は多量に敷設されている。本稿では軌道構造としての PC まくらぎの役割という視点から、列車荷重の分散メカニズム、PC まくらぎ設計手法の解説、軌道部材における PC 製品の種類、PC まくらぎや軌道スラブの製造方法について解説する。

キーワード：軌道構造，軌道部材，PC まくらぎ，軌道スラブ

1. はじめに

1872（明治5）年に日本で鉄道が誕生して以来から敷設されていた木まくらぎにかわる軌道部材として、1926（大正15）年に鉄筋コンクリートまくらぎが試験敷設された。しかし、ひび割れなどの欠点が目立ったため、鉄筋コンクリートまくらぎは1952（昭和27）年頃までに姿を消し、それに変わるものとして PC まくらぎが敷設されていった（写真 - 1）。

PC まくらぎの歴史は、1951（昭和26）年に元日本国有鉄道の東海道本線大森～蒲田間で36本を試験敷設したことから始まっている。同年度にはほかに6種類の PC まくらぎが設計されて、全国の本線に合計7600本が敷設された。

それ以降もさまざまな改良がなされ、現在は全国に多くの PC まくらぎが敷設されている。

まくらぎは、レールから伝達された列車荷重を支持し、



写真 - 1 初期の PC まくらぎ



*1 kuninori HAYASHI

(株)安部日鋼工業
鉄道事業本部 鉄道技術部

バラストなどの道床に分散させる役割がある。PC まくらぎは、木まくらぎに比べて曲げ耐力や耐久性に優れていることから線路を強くすることができ、重量があることで道床横抵抗力も大きいなどの利点がある。

本稿では、輸送の高速化や快適化への対応、保守費用の低減など、近代軌道における重要な軌道部材である PC まくらぎや軌道スラブについて、その種類や製造方法について解説する。

2. 軌道構造の概説

2.1 列車荷重の分散メカニズム

軌道構造におけるまくらぎの役割は、レールを支持し、2本のレール間隔（以下、軌間という）を保持するとともに、レールに伝達された列車荷重をバラストなどの道床に分散させることである（図 - 1）。

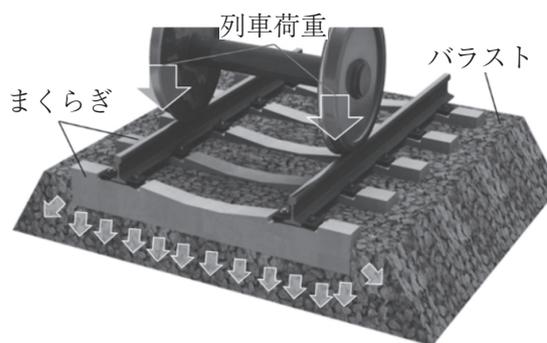


図 - 1 PC まくらぎの役割¹⁾

これらの役割を担保するため、PC まくらぎは以下の方法で設計されている。

2.2 PC まくらぎの設計法²⁾

PC まくらぎには、列車の車輪からレールに伝達される輪荷重として、鉛直方向の輪重 P と、水平方向の横圧 Q が作用する。設計に用いる輪荷重については、軌道変位、車輪踏面凹凸やレール頭頂面凹凸などによる割増しを考慮して輪重変動係数や変動横圧係数が定められている。

一般的なバラスト道床においては、道床つき固め状態の

違いによるレール圧力や横圧による仮想反力を想定した曲げモーメントの算出を行う(図-2)。

PCまくらぎの設計は、列車通過時に発生する曲げモーメントや応力度(応答値)と、断面耐力(限界値)を算出し、安全係数を乗じて「設計応答値」と「設計限界値」を設定し、その対比を行う性能照査型設計法が用いられている。安全係数は、使用性(外観)や安全性(破壊)などの要求性能ごとに定められている。PCまくらぎの性能照査は、設計応答値に軌道構造係数を乗じた値が、設計限界値を超えないことを確認している。

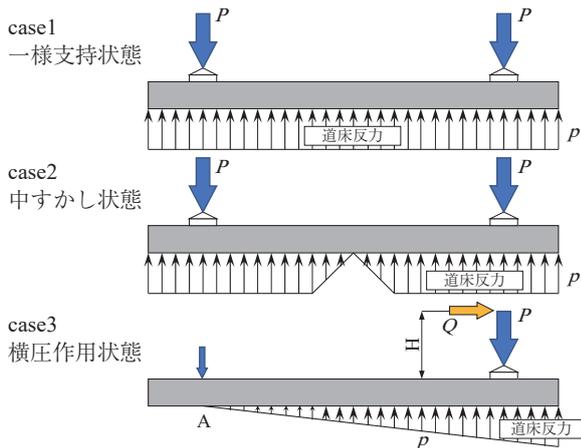


図-2 道床反力仮定(一般的なナラスト道床)

3. 軌道部材におけるPC製品の種類

軌道部材におけるPC製品は、形状や用途、敷設される道床の違いなどにより、さまざまな種類がある。その代表例を以下で紹介する。

3.1 形状による種類

(1) 横まくらぎ

横まくらぎは、レールに対して直角方向に配置するまくらぎで、もっとも一般的なまくらぎである(写真-2)。



写真-2 横まくらぎ

(2) 縦まくらぎ

縦まくらぎは、レールと同一の方向に敷設するまくらぎである。軌間を保持させるため、継材を用いて左右の縦まくらぎをつないでいる。横まくらぎと比較して輪荷重に対する耐久性や荷重分散に優れ、道床に対する動的負荷が軽

減されることから、軌道保守の省力化が図れる特徴を有している(写真-3)。



写真-3 縦まくらぎ(ラダーまくらぎ)

(3) 軌道スラブ

軌道スラブは、コンクリート路盤上に敷設する版状の軌道部材で、主に新幹線に敷設される省力化軌道である(写真-4)。温暖地や長大トンネルではRC構造が適用されるが、寒冷地の明かり区間ではひび割れから侵入する雨水の凍結による劣化を抑制するためPRC構造が採用されている。

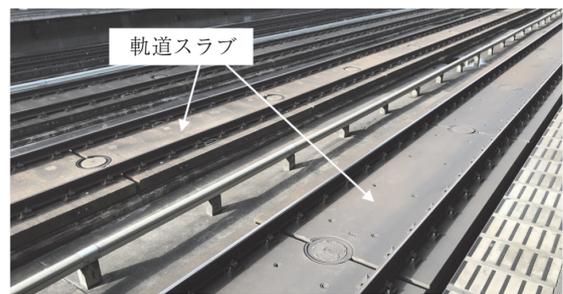


写真-4 軌道スラブ

3.2 用途による種類

(1) 低コストPCまくらぎ

主に年間の通過トン数が少なく列車速度が遅い下級線区への敷設を目的としたまくらぎで、通常のPCまくらぎより断面や長さを小さくしてコストを抑えている(写真-5)。断面は木まくらぎと同等の高さに抑えて、木まくらぎからの交換時において所定のナラスト道床厚を確保している。

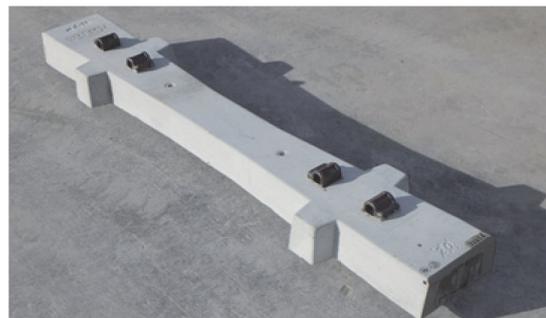


写真-5 低コストPCまくらぎ

(2) 弾性材付き PC まくらぎ

保守作業の省力化や振動、騒音の低減を主な目的として開発されたまくらぎで、道床と接する部分に合成ゴムやウレタン樹脂などの弾性材が取り付けられている（写真 - 6）。

弾性材付きまくらぎには、道床コンクリートに敷設する直結軌道用とバラスト道床に敷設する有道床用がある。



写真 - 6 弾性材付き PC まくらぎ (直結軌道用)

(3) 分岐用 PC まくらぎ

軌道を二つ以上に分岐させる箇所に用いるまくらぎで、木まくらぎと比較して表面の摩耗による分岐部の軌道狂いが低減され、保守作業の省力化が図れる（写真 - 7）。

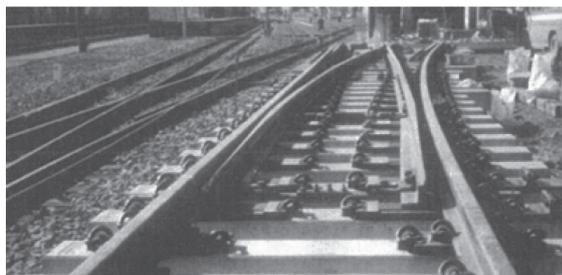


写真 - 7 分岐用 PC まくらぎ

4. 製造方法

PC まくらぎの製造方法は、プレテンション方式とポストテンション方式がある。プレテンション方式は同品形の大量生産に、ポストテンション方式は多品種の少量生産に向いている。それぞれの製造方法の違いと、軌道スラブの製造方法について、以下に概説する。

4.1 プレテンション方式³⁾

プレテンション方式は、型枠内の PC 鋼材に所定の緊張



写真 - 8 プレテンション方式 PC まくらぎ製作ヤード

力を与えておき、コンクリートを打設して、コンクリートが所定の強度に硬化してから緊張力を開放することにより、PC 鋼材とコンクリートの付着力によってコンクリートに圧縮力（プレストレス）を導入する。したがって、（写真 - 8）のようなロングラインの固定ベンチ方式で製造される。

プレテンション方式の製造工程を（図 - 3）に示す。

プレテンション方式で使用する PC 鋼材は、2.9 mm の 3 本より線を使用しているのが一般的で、付着力を向上させるため鋼線の表面にインデント加工というくぼみを設けている（写真 - 9）。

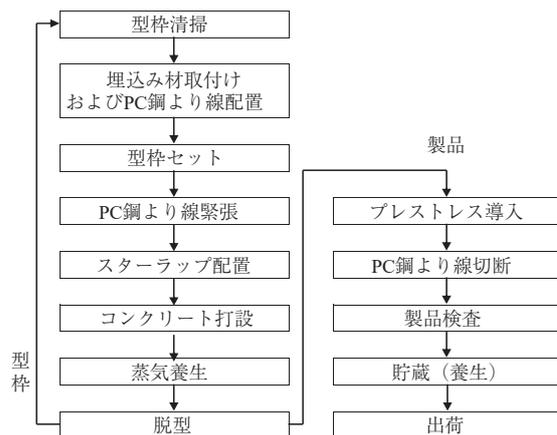


図 - 3 プレテンション方式まくらぎの製造工程

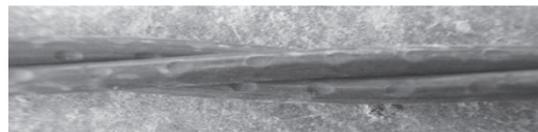


写真 - 9 インデント加工 PC 鋼より線

コンクリート打設後の養生は、高温促進養生（蒸気養生）を行い、緊張力導入時強度を早期に発現させている。養生の温度管理はコンクリートの品質に大きな影響を及ぼすため、温度の上昇や降下に要する時間、最高温度とその保持時間などは自動制御装置で管理する場合が多い。

4.2 ポストテンション方式⁴⁾

ポストテンション方式は、緊張力を与えていない PC 鋼材と定着具を型枠内に配置し、コンクリートを打設して、コンクリートが所定の強度に硬化してから PC 鋼材に緊張力を与え、定着具を介してコンクリートに圧縮力（プレストレス）を導入する（写真 - 10）。



写真 - 10 ポストテンション方式緊張力導入作業

ポストテンション方式の製造工程を（図 - 4）に示す。
 ポストテンション方式で使用する PC 鋼材は、8.35 mm ~ 13 mm の PC 鋼棒が一般的に用いられる。コンクリート硬化後に PC 鋼材を緊張するためアンボンド加工を施して、コンクリートと PC 鋼棒が付着しないようになっている（写真 - 11）。

コンクリート打設後の養生は、プレテンション方式と同様に高温促進養生（蒸気養生）を行う。

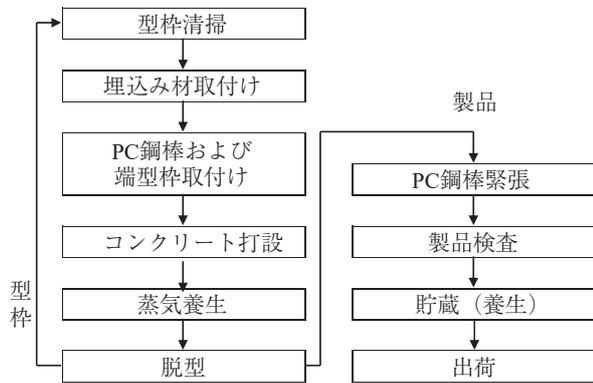


図 - 4 ポストテンション方式製造工程

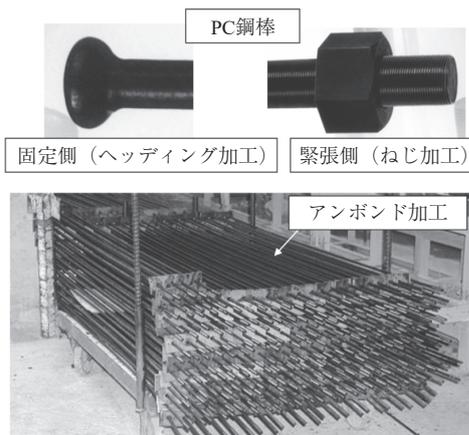


写真 - 11 アンボンド加工 PC 鋼棒



写真 - 12 軌道スラブ製作ヤード

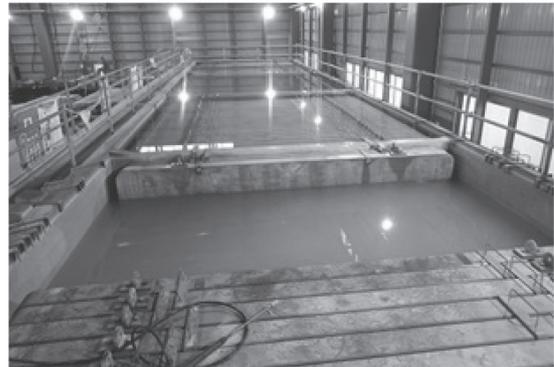


写真 - 13 軌道スラブ水中養生

用途による軌道部材における PC 製品の種類、PC まくらぎや軌道スラブの製造方法について概説した。

最初に述べたように、PC まくらぎは軌間保持と荷重分散が軌道構造としての主な役割であり、ひび割れや強度低下は列車の安全な運行を阻害する要因となる。PC まくらぎの敷設環境によっては、塩害や凍害によって計画されていた時期よりも早くまくらぎ交換を行わなければならない場所もある。これら環境条件の厳しい敷設箇所には、PC 鋼材やコンクリートに耐久性の高い材料を使用した PC まくらぎを使用するなどの対応も必要である。今後はまくらぎ交換などに要する保守費用とのトータルコストを考慮し、使用環境に応じた PC まくらぎの耐久性向上を検討していくことが必要であると考えられる。

4.3 軌道スラブ⁵⁾

PRC 構造の軌道スラブは、ポストテンション方式で製造されるのが一般的である。製造場所は、製作枚数や種類、納期から必要な型枠数を算出して、既存工場内で行うか、納入場所付近に新規工場を建設して製造するか検討する（写真 - 12）。

軌道スラブの製造工程は、基本的にポストテンション方式 PC まくらぎと同じであるが、PC 鋼棒緊張後の二次養生として 3 日間以上の湿潤養生や水中養生を行い、コンクリート硬化初期における急速な乾燥などによるひび割れの発生を防止している（写真 - 13）。

5. おわりに

以上、軌道構造としての PC まくらぎの設計から形状や

参考文献

- 1) 渡辺勉：鉄道技術 来し方行く末、第 41 回 PC まくらぎ、RRR, Vol.72, No10, pp.28-31, 2015.10,
- 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説軌道構造、丸善、2012
- 3) 岡山準也：PC まくらぎのできるまで、－プレテンション方式まくらぎ－、新線路、pp.46-47, 2012 年 5 月号
- 4) 横川勝則：PC まくらぎのできるまで、－ポストテンション方式まくらぎ－、新線路、pp.45-47, 2012 年 4 月号
- 5) 篠崎正明：軌道スラブのできるまで、新線路、pp.41-43, 2012 年 6 月号

【2020 年 12 月 24 日受付】