

新幹線用経年 PC まくらぎの曲げ耐荷力評価

(公財)鉄道総研 正会員 ○渡辺 勉
(公財)鉄道総研 正会員 後藤 恵一

(公財)鉄道総研 正会員 箕浦 慎太郎
西日本旅客鉄道(株) 正会員 吉川 秀平

1. はじめに プレストレストコンクリート製のまくらぎ(以下, PC まくらぎ)の設計耐用年数は 50 年とされているが, 近年それを超える PC まくらぎが増加しており, PC まくらぎの余寿命評価¹⁾や維持管理^{2),3)}に関する研究が進められている. ただし, これらの研究は主として最高速度 160km/h 以下の鉄道を対象としたものであり, 高速で走行する新幹線用の PC まくらぎに関する調査や研究はこれまで数例しかなく⁴⁾, 最新の知見が整理されているとはいいがたいのが実情である. そこで本研究では, 新幹線の営業線に敷設された経年 PC まくらぎを幅広く収集するとともに, JIS に規定される曲げ試験を実施し, その耐荷力の実態を評価した.

2. 評価方法 2.1 対象とした PC まくらぎ

表-1 に対象とした PC まくらぎの経年別の本数, 図-1 に PC まくらぎの概要を示す. 我が国の新幹線において広く敷設されている JIS E1201 に規定される品形 3T および 3H の PC まくらぎを対象とした. 経年は新品(0 年)から 51 年までである. 3T まくらぎは, 列車走行に伴う動的成分を考慮した変動輪重係数で静止輪重 80kN を 2 倍に割り増した輪重 160kN を設計輪重とし, それに対して断面フルプレストレスを満足するように設計されている. また, 3H まくらぎは, 1972 年に行われた試験車両の速度向上試験の結果を踏まえて, 設計輪重を 300kN として設計された PC まくらぎであり, 3T まくらぎに比べて断面が大きくなるとともに PC 鋼より線の本数が 4 本増加している.

2.2 JIS E1201 に規定される曲げ試験

図-2 に JIS E1201 に規定される曲げ試験の概要を示す. レール位置断面の正曲げ試験とまくらぎ中央断面の負曲げ試験を実施するものである. 載荷スパンは 700mm である. 本試験は PC まくらぎの製造直後の性能確認のために実施される試験であるが, 本試験の他に PC まくらぎの力学的性能を定量的に評価でき, かつ適用実績が豊富な試験は存在しないため, 本研究では本試験方法を PC まくらぎの評価に準用することとした. 試験実施においては, PC まくらぎの載荷点および支点到該当する位置にマーキングを行い, PC まくらぎの据え付け位置がばらつかないように配慮した. なお, この JIS には規格値として曲げ保証荷重 P_{cr} , 曲げ破壊荷重 P_u が規定されており, それぞれ式(1), 式(2)により算定される. 試験では曲げ保証荷重 P_{cr} を載荷した時にひび割れを生じないこと, 曲げ破壊荷重 P_u を載荷した時に PC まくらぎが破壊しないことを確認する.

$$P_{cr} = 4 \times (\sigma_{CPr} \times 0.9 + f_{ta}) \times Z/L \quad (1)$$

$$P_u = 4 \times 3\sigma_{pe} \times Z/L \quad (2)$$

ここで, σ_{CPr} は導入プレストレス力によるコンクリート応力, f_{ta} は許容引張応力度($=3\text{N/mm}^2$), σ_{pe} : 有効プレ

表-1 対象とした PC まくらぎの経年別の本数

経年 (年)	~10	~20	~30	~40	~50	~60	合計
3T(本)	3	3	2	14	8	4	34
3H(本)	2	6	6	18	19	0	51

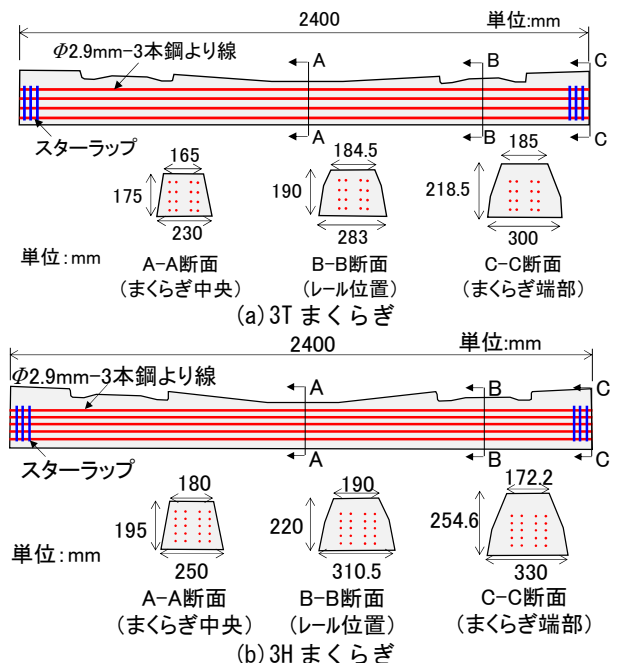


図-1 対象とした PC まくらぎ

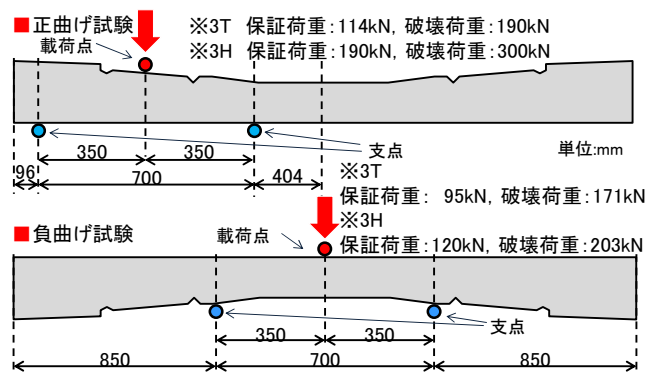
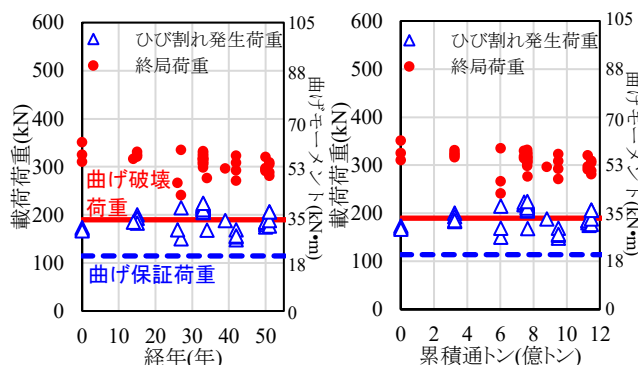


図-2 JIS E1201 に規定される曲げ試験

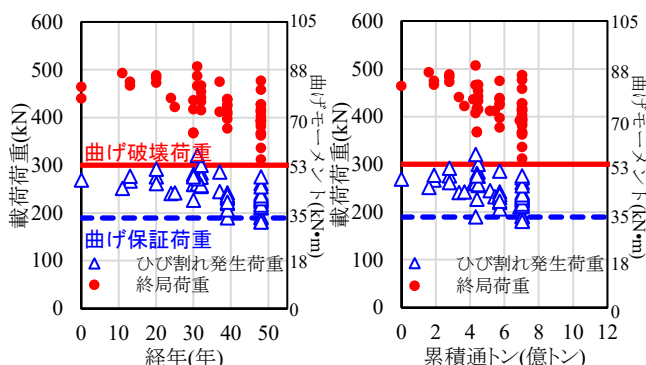
キーワード PC まくらぎ, 維持管理, 新幹線, 耐荷力

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38

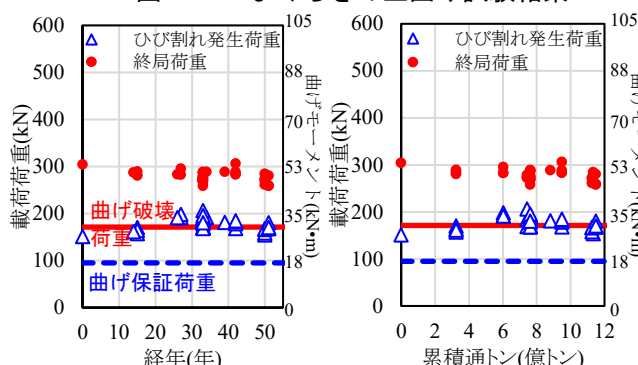
(公財) 鉄道総合技術研究所 鉄道力学研究部 TEL042-573-7290



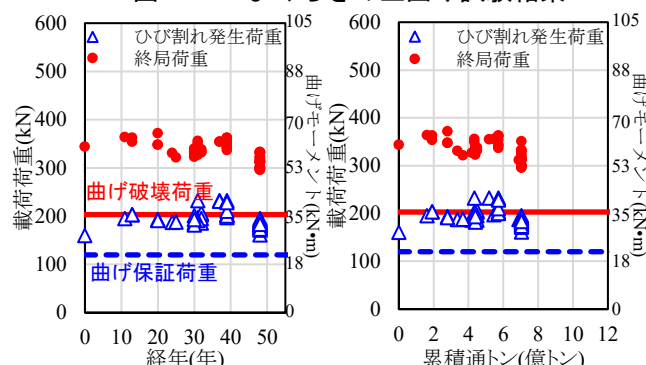
(a) 経年と載荷荷重 (b) 通トンと載荷荷重
図-3 3T まくらぎの正曲げ試験結果



(a) 経年と載荷荷重 (b) 通トンと載荷荷重
図-4 3H まくらぎの正曲げ試験結果



(a) 経年と載荷荷重 (b) 通トンと載荷荷重
図-5 3T まくらぎの負曲げ試験結果



(a) 経年と載荷荷重 (b) 通トンと載荷荷重
図-6 3H まくらぎの負曲げ試験結果

ストレス力によるコンクリート応力有効率(65%), Z は断面係数, L は載荷スパン(=700mm)である. 試験結果は, ひび割れ発生荷重と終局荷重についてそれぞれ経年と累積通過トン数(以下, 累積通トン)の関係を整理した.

3. 試験結果

図-3から図-6に曲げ試験の結果をそれぞれ示す. 同図には, 前述の曲げ保証荷重と曲げ破壊荷重も合わせて示した. 図より, 経年や通トンの増加とともにひび割れ発生荷重や終局荷重が低下あるいはばらつきが大きくなる傾向が認められる. この傾向は在来線用のPCまくらぎ¹⁾と同様の傾向である. また, JISに規定される曲げ保証荷重および曲げ破壊荷重と比べると, 3Tまくらぎでは, 今回試験したすべてのPCまくらぎでそれらの値を満足した. 一方, 3Hまくらぎでは, 終局荷重については今回試験したすべてのPCまくらぎでJISに規定される曲げ破壊荷重を満足したが, レール位置断面の正曲げ試験におけるひび割れ発生荷重では, 51本中, 経年が48年の2本(約4%)のPCまくらぎで満足しない結果となった.

以上より, 設計耐用年数50年を超えるPCまくらぎであっても, 現時点ではJISの曲げ破壊に関する規格値を満足しており, 直ちに安全性に影響を及ぼす状態ではないと考えられる. ただし, 経年や通トンの増加とともに曲げ耐荷力が低下する傾向にあり, ある時期において, 耐荷性能を満足しないものが急増かつ連続的に発生することを避けるため, 今後は定量的な耐用期間等を定め, 計画的な維持管理体系に移行していくことが望まれる. なお, 3Tまくらぎに比べて3Hまくらぎの方が, 定性的ではあるが, 特に正曲げ試験において終局荷重にばらつきが大きく, 低下の程度も大きい. このような品形の違いが曲げ耐荷力の低下に及ぼす影響については, 敷設環境の違いなどが想定されるが, それらの検証は今後の課題としたい.

4. まとめ

本研究では, 新幹線の営業線に敷設された経年 PC まくらぎを幅広く収集するとともに, JIS に規定される曲げ試験を実施した. その結果, 計耐用年数 50 年を超える PC まくらぎであっても, 現時点では JIS の曲げ破壊に関する規格値を満足しており, 直ちに安全性に影響を及ぼす状態ではないことを明らかにした.

参考文献 1) 渡辺勉, 後藤恵一, 箕浦慎太郎: 経年 PC まくらぎの余寿命評価, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, Vol.21, pp.496-501, 2002.10 2) 渡辺勉, 箕浦慎太郎, 松岡弘大, 後藤恵一: PC まくらぎの維持管理に関する最近の研究, プレストレストコンクリート, Vol.63, No.2, pp.81-84, 2021.5 3) 箕浦慎太郎, 渡辺勉, 飯島亨, 石田哲也: 凍害を受けた PC まくらぎの実態調査と健全度判定基準の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.42, No.1, pp.665-670, 2020.7 4) 日本鉄道施設協会: 昭和 61 年度 PC マクラギの耐用寿命の研究 報告書, 1992