

PCまくらぎに設ける「あと施工アンカー」の耐荷力についての検討

楠田 将之* 山口 義信 (西日本旅客鉄道株式会社)

重吉 隆文 (株式会社シーピーケイ)

A Study on the Load Bearing Ability of Post-Installed Anchor on Prestressed Concrete Sleeper

Masanobu Kusuda*, Yoshinobu Yamaguchi, (West Japan Railway Company)

Takafumi Shigeyoshi, (CPK)

Recently, installing various materials such as train protection system on the sleeper has been increasingly required. Though, the post-installed anchor would be commonly used in those cases, the load bearing ability of the anchor had been hardly evaluated. Authors examined the experimental study of the ability installed on the prestressed sleeper, and the bending strength of the prestressed sleeper with the anchors.

キーワード：PCまくらぎ，アンカー，水平方向強度，引抜き強度，曲げ強度

(Keywords, prestressed concrete sleeper, anchor, horizontal bearing capacity, pull-out strength, bending strength)

1. はじめに

近年，まくらぎには運転保安設備などの各種の部材を取り付けるニーズが多くなってきている。その際，あと施工アンカー（以下，「アンカー」という。）を用いて対処することが多い。しかし，これまでPCまくらぎに取り付けたアンカーの耐荷性能についての評価は余りなされていない。

そこで今回，PCまくらぎに取り付けたアンカーの耐荷性能（水平方向強度，引抜き強度）および，アンカーが設置されたPCまくらぎの曲げ強度について実験的検討を行い，考察を加えたので報告する。

2. 供試まくらぎ

供試まくらぎは，新幹線で多く使用されているJIS 3H，3T，および4Tの各まくらぎとし，これらの中央部上面付近にφ35で穿孔し外径M30のインサートを埋設したアンカーを3本設置したものとした。なお，今回アンカー深さは，アンカー径，まくらぎのPC鋼材の配置などを考慮して，まくらぎ種別ごとに設定した。イメージを図1に示す。

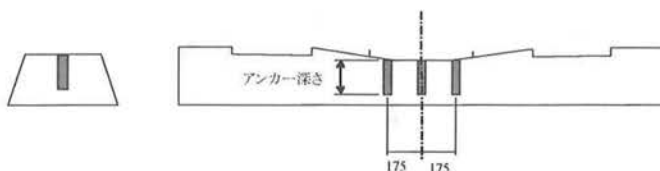


図1 供試まくらぎの概要図

3. 試験概要およびその結果

〈3・1〉水平方向強度試験

(1) 試験方法

供試まくらぎのアンカーに鉄製の載荷治具をM20のボルト3本で固定し，まくらぎが破壊に至るまでジャッキを用いて静的に水平方向力を加えた。試験状況を図2に示す。

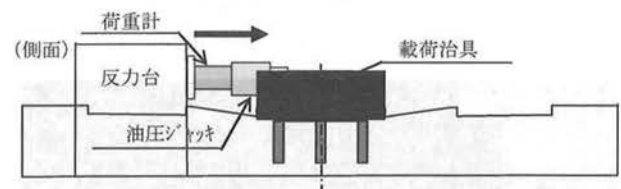


図2 水平方向強度試験方法および実施状況

(2) 試験結果

アンカー深さと測定された最大荷重との関係を図3に，認められた代表的な破壊状態を図4および図5に示す。破

壊形態は、3Hでアンカー深さ 90 mm以上のものはボルト破断による破壊(図 4)であり、その他についてはコンクリートのせん断破壊(図 5)であった。

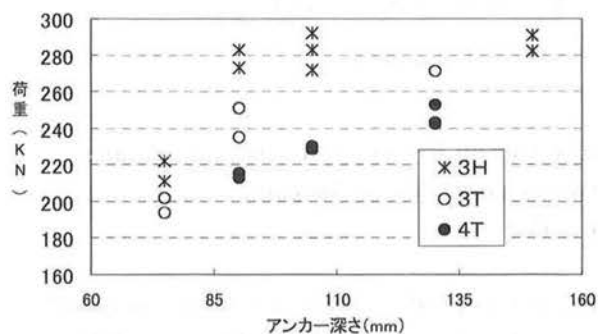


図 3 水平方向荷重試験結果



図 4 ボルト破断による破壊形態
(3H: アンカー深さ 90 mmの例)

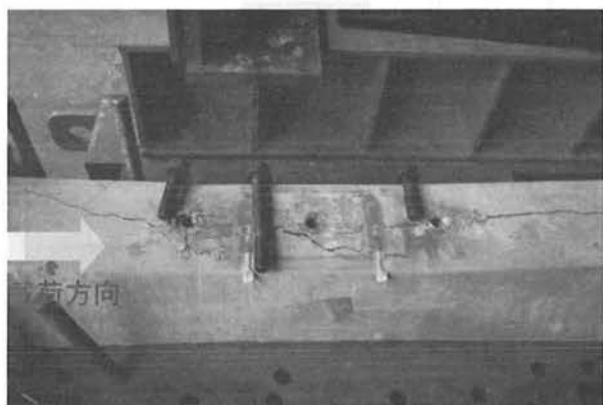


図 5 コンクリートのせん断破壊による破壊形態
(4T: アンカー深さ 130 mmの例)

〈3・2〉引抜き強度試験

(1) 試験方法

3本のうちの中央のアンカーの引抜き強度を、JIS E1201, JIS E1202に規定されている引抜保証試験, 引抜破壊試験に準じて確認した。

試験は図 6 に示す通り、アンカー部の破壊形態を確認するため、反力台の設置位置は引抜きを行うアンカーとの離隔を大きく確保した状態で実施した。

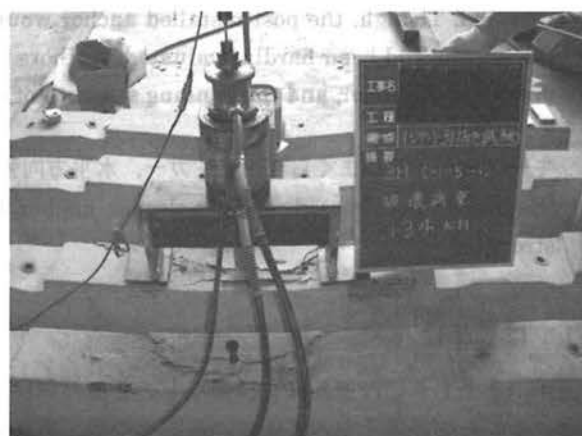
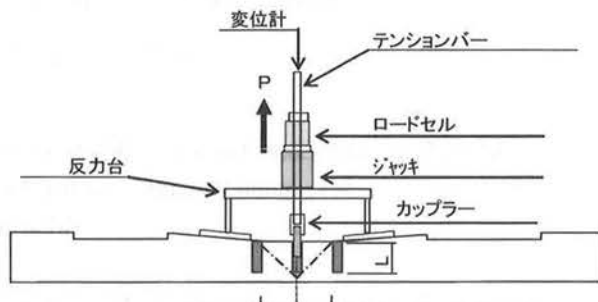


図 6 アンカー引抜き強度試験実施方法

(2) 試験結果

アンカー深さと測定された最大荷重との関係を図 7 に、代表的な破壊状況を図 8 に示す。

破壊形態は、3H: アンカー深さ 150 mmの1試番においてアンカー部が破断したほかは、全て図 8 に示すようなコンクリート部のコーン状破壊となっていた。なお、アンカー部が破断した試番の最大荷重は 183kN であり、今回実施した全試番における最大値であった。

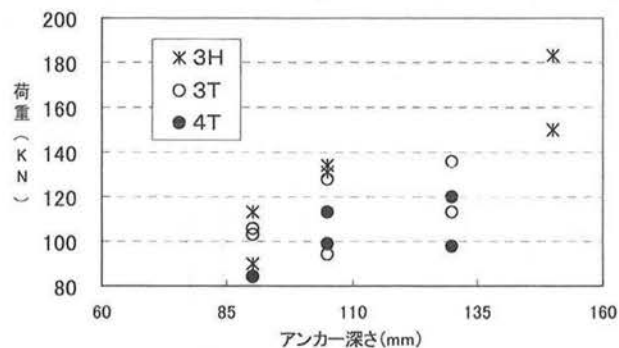


図 7 アンカー深さと最大荷重の関係



図 8 代表的な破壊形態
(3H: アンカー深さ 105 mm の例)

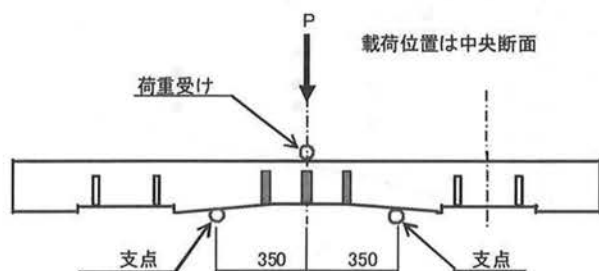


図 9 曲げ強度試験実施状況

〈3・3〉曲げ強度試験

(1) 試験方法

供試まくらぎに対するアンカー設置の影響を確認することを目的に、まくらぎ中央断面部における曲げ強度を JIS E1201, JIS E1202 に規定されている曲げ保証試験、曲げ破壊試験により確認した。

供試まくらぎは、プレテンション式のまくらぎとポストテンション式のまくらぎの構造の違いによる影響を確認するため、3T, 4T の各まくらぎとした。

(2) 試験結果

試験により測定された曲げ保証荷重、曲げ破壊荷重を表 1 に示す。いずれのまくらぎも JIS 規定値を上回り、アンカー深さの違いによる強度の違いは認められなかった。

表 1 曲げ試験結果 (単位 kN)

まくらぎ 種別	荷重 種別	アンカー深さ (mm)			JIS 規定値
		90	105	130	
3 T	P1	132	133	138	95
	P3	232	236	230	171
4 T	P1	124	120	121	74
	P3	188	188	191	154

※ P1: 曲げ保証荷重, P3: 曲げ破壊荷重を示す。

4. 考察

〈4・1〉水平方向強度

(1) アンカー部付近のコンクリートせん断耐力

供試体と類似構造であるコンクリート構造物の鋼棒ストッパー周辺のコンクリートのせん断破壊に対する照査に準じて検討を行った。これによると、1 箇所あたりのアンカー部周辺の設計せん断耐力 H_{spd} は式(1)で表される⁽¹⁾。

$$H_{spd} = f_{spd} \cdot A_t / \gamma_b \cdots \cdots (1)$$

$$\text{ここに, } f_{spd} = 0.19 \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_r \cdot \sqrt{f'_{cd}}$$

A_t : せん断抵抗面積, γ_b : 部材係数 (=1.3)

$$\beta_d = \sqrt[4]{(1000/d)} \leq 1.5, \quad \beta_p = \sqrt[3]{(1000/p_{sp})} \leq 1.5$$

$$\beta_r = 1 + 1 / (1 + 7 \phi / d)$$

f'_{cd} : コンクリートの設計基準強度 (50N/mm²)

ただし, $p_{sp} = A_s / (3 \phi \cdot d)$

ϕ : 鋼棒の直径 (30 mm)

A_s : ストッパー周辺のせん断破壊面に交差する補強鉄筋量

H_{spd} 算出において、せん断抵抗面積 A_t を図 10 のように求め、 A_s をこの部分を交差する PC 鋼材量とした。なお、4T については、コンクリートと PC 鋼材とが付着していないため A_s を考慮しないこととした。

載荷荷重が 3 本のアンカーに均等に加わると仮定し、 H_{spd} を 3 倍したものを計算値とし、これと図 7 で示した試験結果を比較したものを図 11 に示す。

(2) 破壊形態との比較

図 4, 5 に示した破壊形態は、載荷点から最遠のアンカーに荷重が集中し、最初に付近のコンクリートのせん断破壊あるいはボルト破断が生じ、次いで全体構造が破壊したことを示している。つまり、最遠のアンカー部の破壊形態は、 H_{spd} とボルトの強度の大小により決定されている。

今回使用したボルトのせん断破壊耐力は約 127kN であり、 H_{spd} の計算値は最大 84.7kN である。試験においてボルト破断による破壊形態が見られたことから、 H_{spd} のアンカー 1 本あたり実態値は計算値を上回っていたと考えられる。なお、試験結果が計算値を下回るものもあることから、アンカーへの荷重分担は均一でなかった可能性が高い。

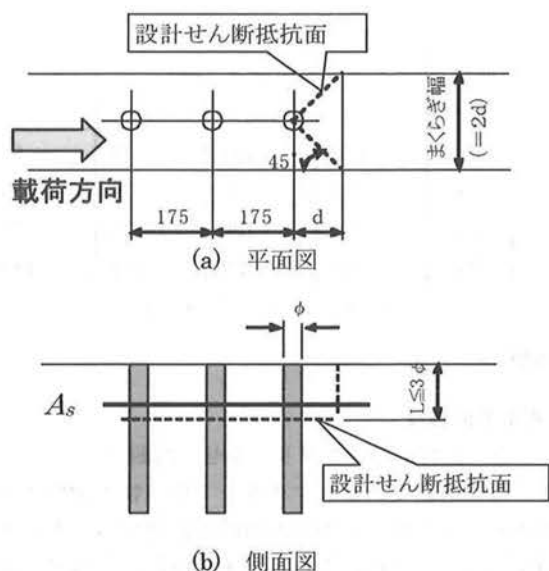
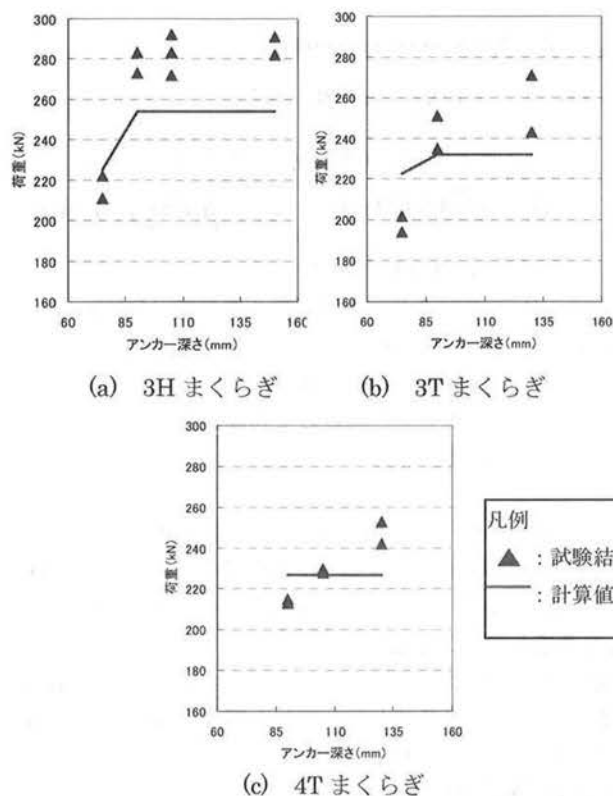
図 10 設計せん断抵抗面積の考え方¹⁾

図 11 水平方向強度の試験結果と計算値の比較

〈4・2〉引抜き強度

(1) コンクリートのコーン状破壊強度

コンクリートのコーン状破壊耐力 $T_{a2}(kgf)$ は有効水平投影面積 $A_c (cm^2)$ 、コンクリートの圧縮強度 $\sigma_b (kgf/cm^2)$ を用いてより式(2)により算出する方法が提案されている⁽²⁾。

$$T_{a2} = 0.75\sqrt{\sigma_b} \cdot A_c \cdots \cdots (2)$$

これに基づき T_{a2} を求め、図 7 で示した試験結果と比較したものを図 13 に示す。

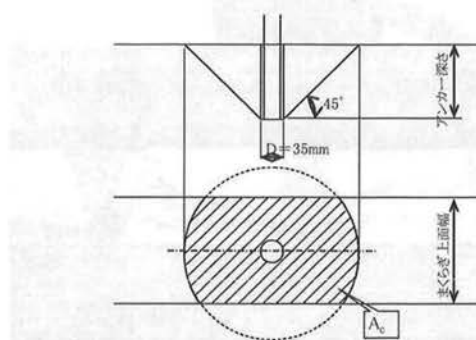
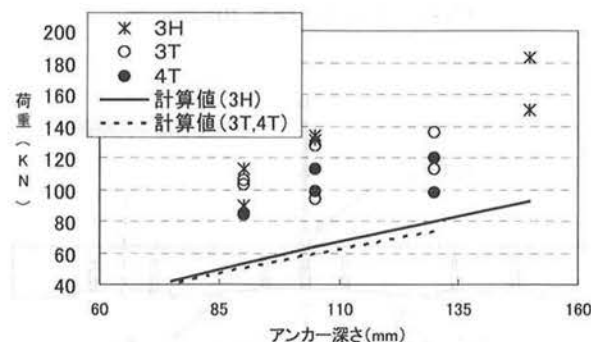
図 12 A_c の算出方法

図 13 引抜き強度の試験結果と計算値の比較

いずれも計算値より試験結果が大きいことから、式(2)により実強度を推定することは可能であると考えられる。

〈4・3〉曲げ強度

アンカーを設けない通常の 3T まくらぎに対し、中央断面部における曲げ強度を確認した。結果は P1 が 150kN、P3 が 219kN で、供試まくらぎと比較して P1 が約 10% 大きい値となった。これはアンカー施工に伴うプレストレスの減少が一因と考えられる。ただし、表 1 に示したとおり供試まくらぎの P1 は JIS 規定値に対しなお余裕があり、P3 は通常の 3T まくらぎより増加していることから、PC まくらぎとして使用上の問題はないものと考えられる。

5. まとめ

今回の検討により得られた知見は次の通りである。

- ・ PC まくらぎ中央部にアンカーを設けた場合の実耐力は、机上計算によりほぼ推定できる。
- ・ 複数のアンカーを設ける場合の実耐力は、荷重分担状況の推定が困難なため、試験による確認が望ましい。
- ・ PC まくらぎ中央部にアンカーを設けることによる影響は小さく使用上の問題はない。

文 献

- (1) 国土交通省鉄道局監修、鉄道総合技術研究所編：「鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物」、丸善、2004.4
- (2) 岡田他：「あと施工アンカー 設計と施工」、技術書院