

中小橋区間の支柱傾倒を受けた 新たな支柱定着方法について

中小橋ワイヤロープ支柱傾倒事象の発生状況

○東海環状自動車道、松山自動車道、東九州自動車道で支柱傾倒事象が発生。

会社名	道路名 (区間)	橋梁名	橋長	平面線形	中小橋 ワイヤロープ 設置年月日	支柱傾倒 発生年月日
NEXCO東日本	日本海東北自動車道 (中条～荒川胎内)	大出橋	33.0m	R=2,300と R=2,300の 接続部	H29.12.11	-
		菅田川橋	31.0m	R=2,300	H29.12.11	-
		菅田橋	30.0m	R=2,300	H29.12.11	-
		木の芽川橋	36.0m	R=2,300と R=5,800の 接続部	H29.12.11	-
NEXCO中日本	東海環状自動車道 (富加関～美濃関JCT)	関テクハイ橋	22.8m	R=1,100	H30.3.15	H30.3.26
NEXCO西日本	松山自動車道 (大洲北只～西予宇和)	大谷川橋	34.0m	R=1,600と R=3,000の 接続部	H29.12.15	H30.4.27
		岩瀬川橋	44.0m	R=1,000	H30.3.31	H30.4.21
	東九州自動車道 (西都～宮崎西)	下村川橋	44.0m	R=1,500	H29.12.21	H30.5.29

曲線部におけるワイヤロープ支柱傾倒事象(関テクハイ橋の事例)

- 比較的急な曲線部 (R=1100m) に施工した中小橋ワイヤロープの支柱が傾倒する事象が発生。
- 支柱頂部で最大40cm変位、ベースプレート基部に舗装の盛り上がりを確認。

概要(支柱傾倒事案)

【事象発見日時】H30.3.26 13:00

【区間】東海環状道 美濃関JCT～富加関IC間
関テクハイ橋(70.83KP付近)

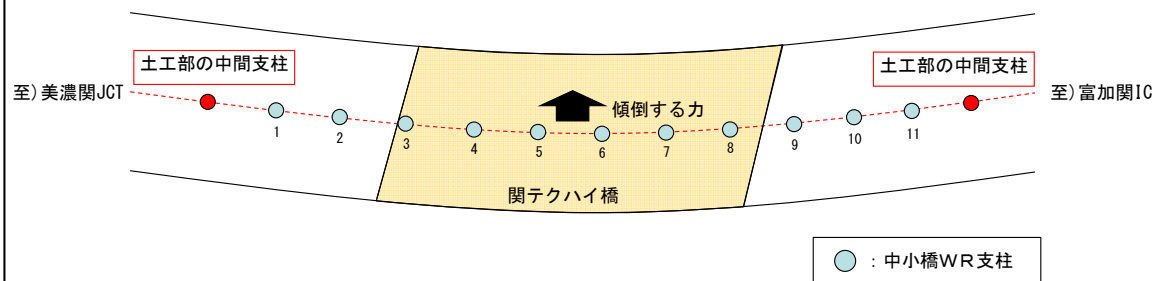
【概要】中小橋部に設置したワイヤロープに傾きが発生したもの

【施工時期】H30.3.12～3.15夜間通行止めにて施工

【支柱傾倒状況】

- ・舗装部のベースプレート基部に盛り上がりが発生
- ・中小橋部の支柱11本すべて傾斜。最大40cm変位

【イメージ図】



(橋梁諸元) 橋長:22.840m、桁長:22.800m、支間長:22.000m
(線形条件) 平面線形:R=1100m、縦断勾配:i=2.500%、横断勾配:i=5.000%
※中小橋を含むワイヤロープの端末から端末までの設置延長は944m

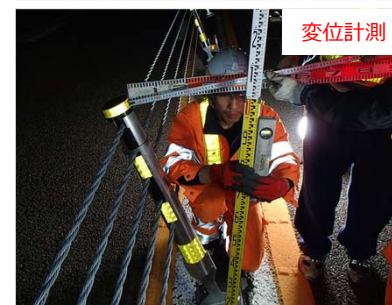
【全景写真】



【NO.6近景写真】



舗装の盛り上がり



支柱傾き実測値

No.1	14cm
No.2	25cm
No.3	30cm
No.4	35cm
No.5	40cm
No.6	38cm
No.7	38cm
No.8	38cm
No.9	33cm
No.10	27cm
No.11	17cm

2018.3.27 23時

曲線部におけるワイヤロープ支柱傾倒事象(関テクハイ橋の事例)

- 関テクハイ橋の支柱傾倒箇所では、ポットホール、わだち、舗装表面の亀裂・ひび割れなど舗装の損傷無し。また、舗装盛上り部では、雌ねじアンカー底部より深い位置で舗装が破断。
- アンカーは樹脂により、堅固に舗装部で固定。
- 支柱傾倒の数日前より最高路温が30℃を超える日が続き、約34℃で支柱が傾倒。

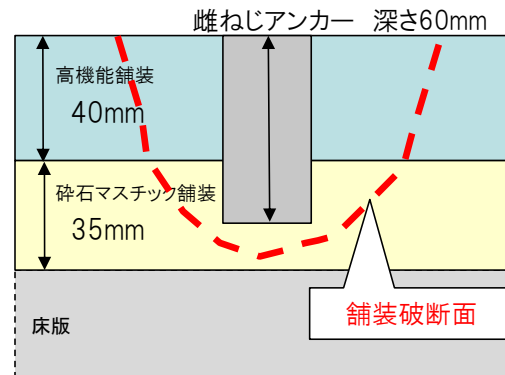
舗装損傷状況

- ・ポットホール、わだち、ひび割れなど舗装の損傷無し
- ・舗装盛上り部では、雌ねじアンカー底部より深い位置で舗装が破断(既設舗装厚75mm 高機能舗装40mm+砕石マスチック層35mm)

【舗装盛上り部断面写真】

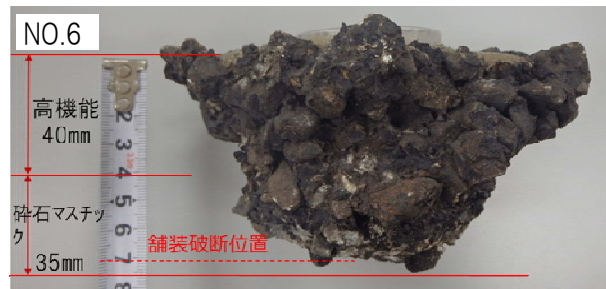


※カッターによる切断直後のため、砂利が飛散している



アンカー部撤去後状況

雌ネジアンカーは、樹脂により、堅固に舗装部で固定されている。

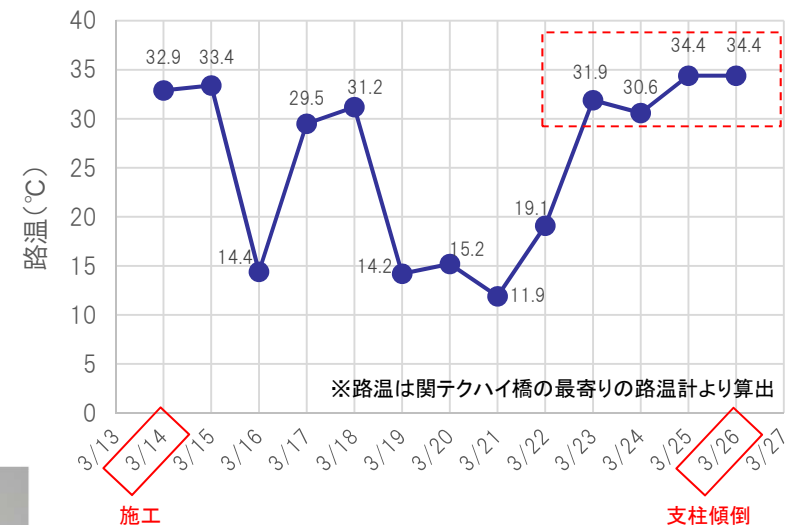


施工から支柱傾倒までの最高路温の変化

施工後、約2週間で傾倒を確認

- ・施工完了日 : 平成30年3月14日
- ・支柱傾倒日 : 平成30年3月26日

(最高路温: 34.4℃ 最高気温: 21.9℃)

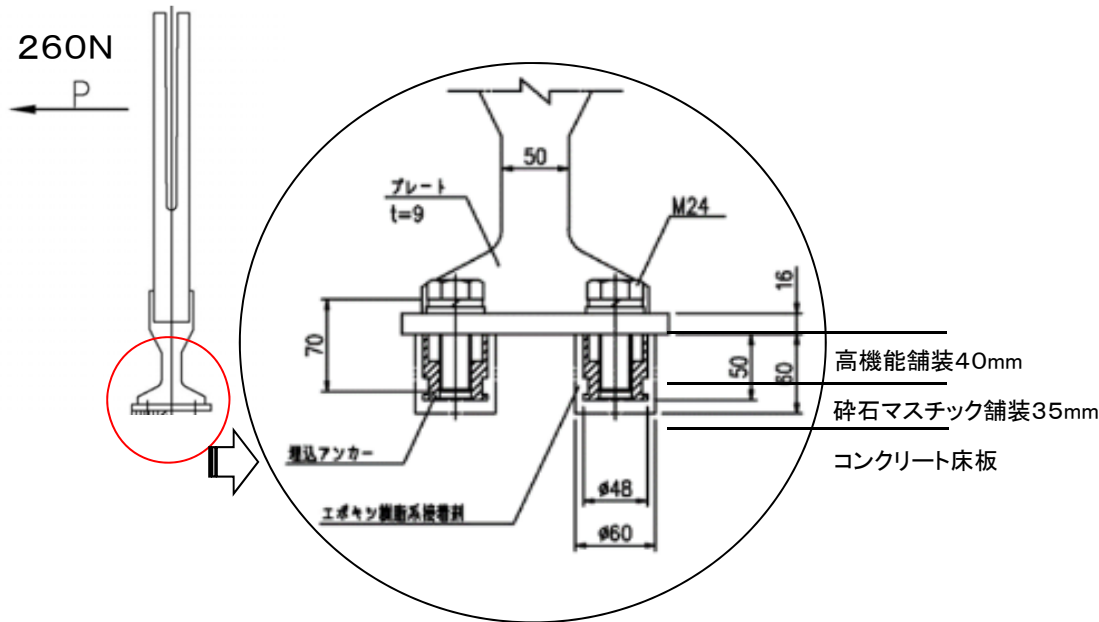


支柱傾倒日に向け路温が高い状況が継続

曲線部におけるワイヤロープ支柱傾倒事象のメカニズム

- 曲線部に設置されたワイヤロープの緊張力が円弧内側へ傾倒する力となり、その力が支柱アンカーを通じ舗装に上向きの引張力を与えることで、舗装が盛り上がり支柱が傾倒したと想定。
- アスファルト舗装は、低温域（5℃～20℃）ではコンクリートと同等の耐力があるが、温度上昇に伴い耐力は低下し、高温域（40℃～60℃）では耐力が非常に小さい状態。

＜支柱傾倒箇所の舗装構成＞



※関テクハイ橋(R=1100m)の場合は、円弧内側へ260N/本の傾倒する力がかかっていたと算定

＜アスファルト温度と弾性係数の関係＞

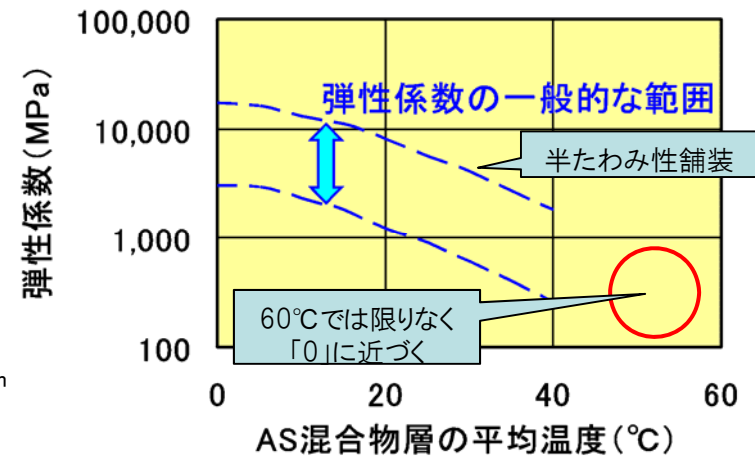


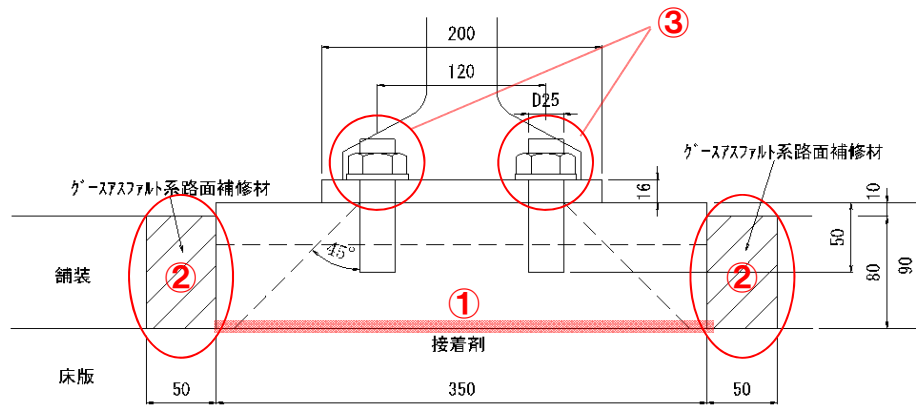
図 アスファルト混合物と弾性係数の関係
(出典：日本道路協会『舗装設計便覧』)

※弾性係数とは、応力に応じたひずみの変化率のことで、変形のしにくさを表す物性値。弾性係数が大きい時は変形しにくく、小さい時は変形しやすいことを示す。

新たな支柱定着方法の開発・設計

○床版一体型コンクリート基礎の開発・設計にあたり、強度特性、既設床版への影響、維持管理性、施工性の観点から条件を設定して設計を実施。

高機能床版防水システム



<開発条件>

①強度特性	既設床版との定着強度が支柱(弱部)強度を上回り、車両接触時に橋梁へ影響が及ばないこと
②既設床版への影響	コンクリート基礎部周辺の防水処理が確実になされること
③維持管理性	車両接触時の復旧は、中小橋ワイヤロープ支柱のみ交換できること (従来構造の設計思想と同じ)
④施工性	夜間通行止め時の限られた時間で施工が可能であること

室内試験結果

- 支柱傾倒メカニズムを踏まえ、アスファルト舗装定着並びにコンクリート基礎定着について高温下での室内試験を実施。
- その結果、コンクリート基礎定着については、温度・荷重によらず傾倒なしを確認。



従来のアスファルト舗装に定着した場合の支柱傾倒メカニズムを検証
引張力が作用するアンカー周辺の舗装がめくれ上がった



コンクリート基礎に定着した場合はアンカーの引抜き及びコンクリートのひび割れ等損傷は発生しなかった

荷 重	室内試験結果	
	アスファルト舗装定着	コンクリート基礎定着
80N (R=2, 500m相当)	<u>40℃付近から</u> 傾倒開始 (概ね50℃で転倒)	<u>傾倒なし</u>
165N (R=1, 200m相当)	載荷直後から <u>おだやかに</u> 傾倒開始 (40℃で転倒)	
250N (R=400m相当)	載荷直後から <u>急激に</u> 傾倒開始 (20℃で転倒)	

衝突実験の結果

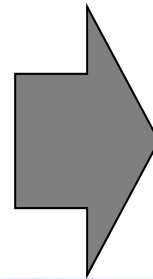
- 橋梁床版と一体のコンクリート基礎に支柱を定着した場合の突破防止性能を確認する衝突実験を実施。
- 最大進入行程0.725m（1.5m以下）、コンクリート基礎定着部での剥がれ・浮き等なし。

＜ワイヤロープ(中小橋部)実車衝突実験＞

■試験概要

✓ワイヤロープ諸元

- ・支柱間隔:4m
- ・ワイヤ張力:10kN
- ✓ 衝突車両:大型車(20t)
- ✓ 衝突速度:52km/h
- ✓ 衝突角度:6度



日時:平成30年9月5日
場所:苫小牧寒地試験道路
気温:25°C
天候:晴れ

■結果

- ✓ 最大進入行程:0.725m
- ✓ 離脱速度:46.9km/h
- ✓ 離脱角度:0度(ワイヤロープに平行)
- ✓ コンクリート基礎:損傷なし

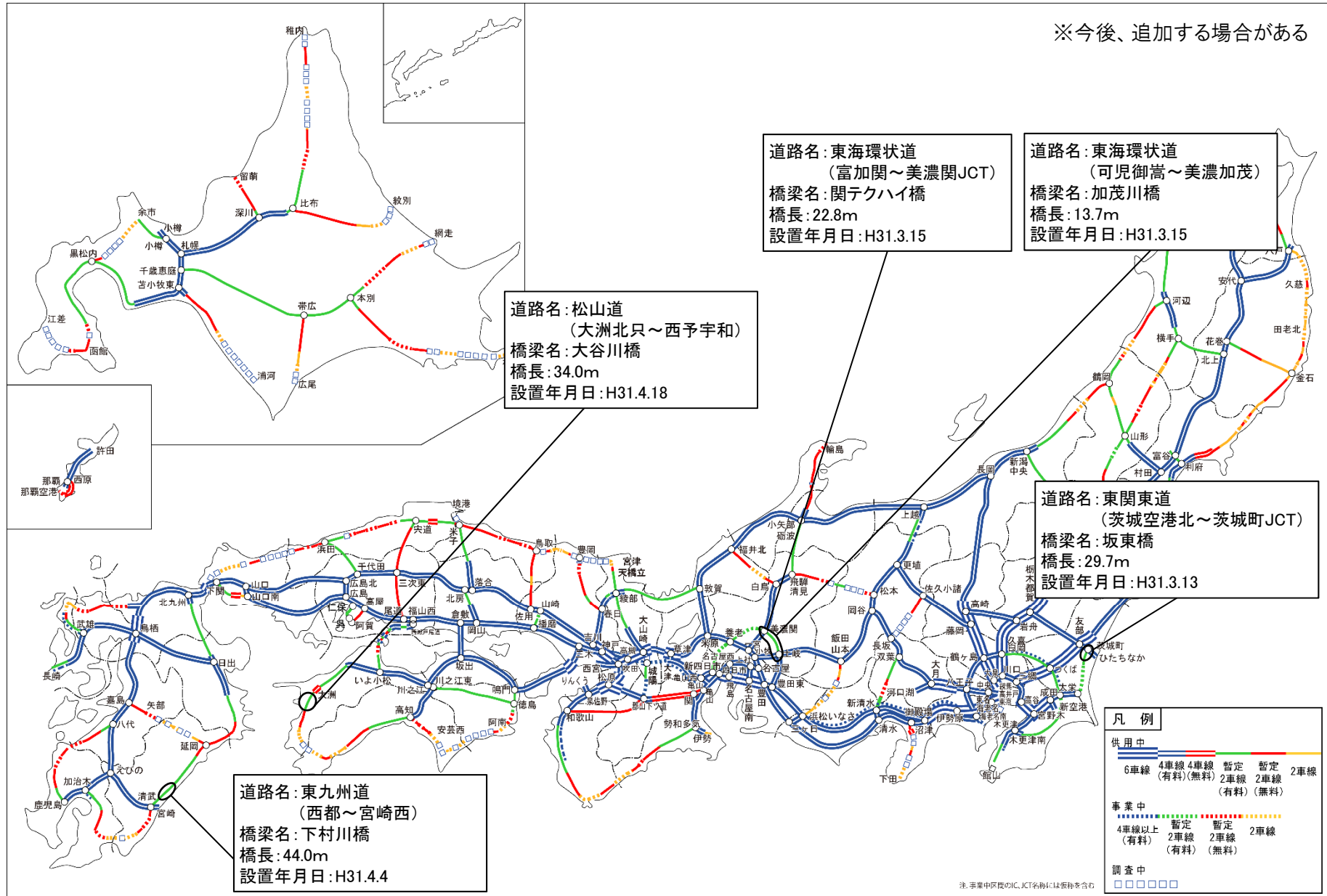


大型車(20t)による性能確認試験



性能確認試験後の支柱とコンクリート基礎定着部の状況

新たな支柱定着方法による試行設置箇所



新たな支柱定着方法の施工状況



①舗装撤去



②床版防水工撤去



③表面処理(バキュームブラスト)



④コンクリート打設・アンカー設置



⑤支柱設置・ワイヤロープ設置



⑥防水工施工

ワイヤロープ設置状況および今後の対応方針

＜新たな支柱定着方法によるワイヤロープ設置状況＞

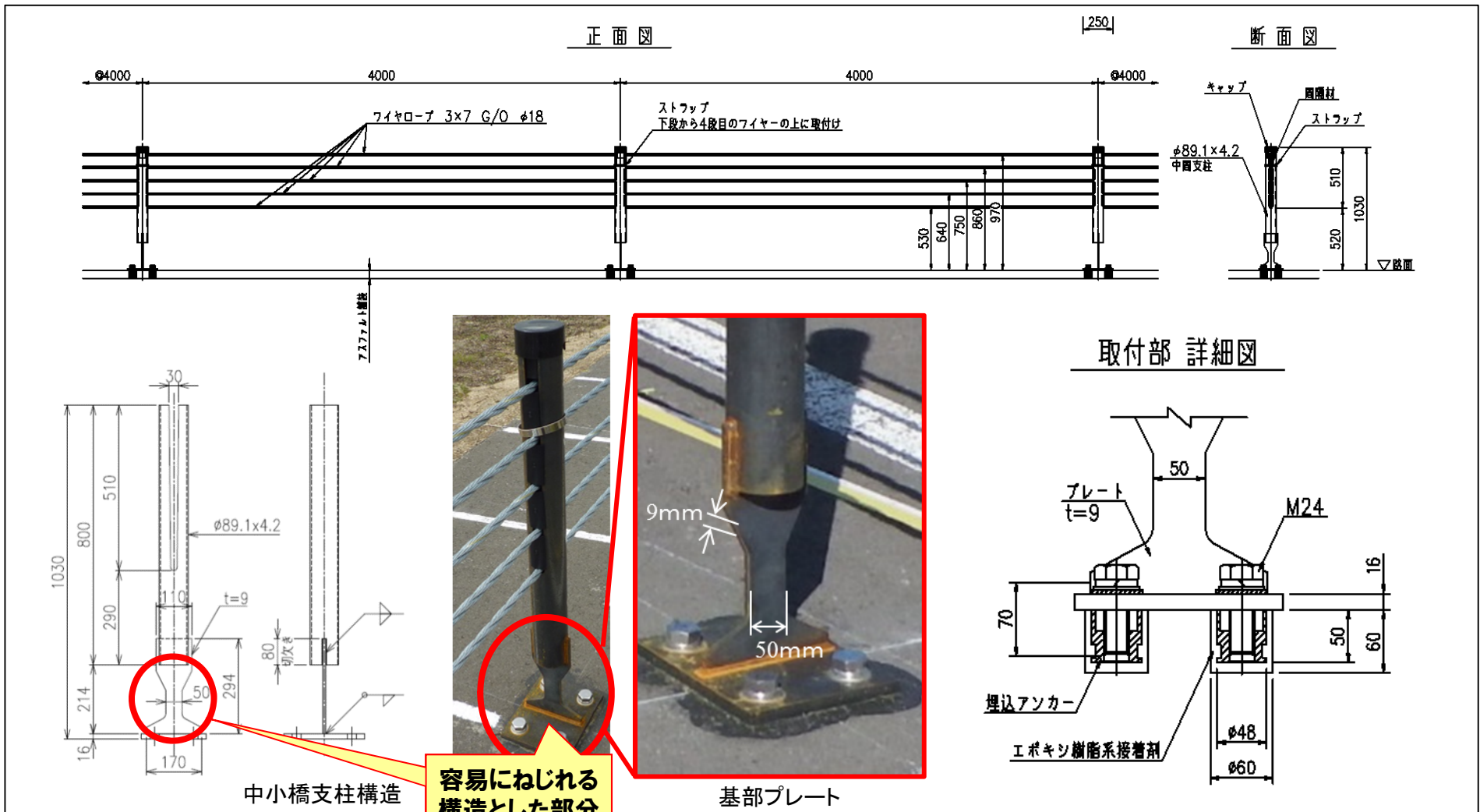


＜今後の対応方針＞

試行設置箇所において、高温下での支柱の設置状況等に問題が無ければ、本格的に運用を開始。

【参考】中小橋ワイヤロープの構造(当初)

- 橋梁床版に影響を及ぼさない方法として、ラバーポールの基礎として使用されているアンカー金具を用いて舗装へ固定。
- 基部プレートの一部を容易にねじれる構造にすることで、ワイヤによる横断方向への力を縦断方向に逃がす構造。



【参考】中小橋ワイロープ支柱定着方法の検討

- 支柱設置間隔の短縮やベースプレートサイズの拡大等を比較検討したが、アスファルトでは温度変化に対応不可。
- また、舗装材等の変更も検討したが、コンクリート舗装への打換は、通行止めなど大規模な交通規制を伴う。

【当初：アスファルト舗装】	【対策案①：支柱設置間隔短縮】	【対策案②：ベースプレートサイズ拡大】
 <ul style="list-style-type: none"> ・既設アスファルト舗装にラバーポール用アンカー（樹脂系接着剤）で固定 ・高温時にアスファルト舗装ごと支柱傾倒 	 <ul style="list-style-type: none"> ・既設アスファルト舗装にラバーポール用アンカー（樹脂系接着剤）で固定 ・支柱設置間隔を短縮 ・解析の結果、高温時にアスファルト舗装ごと支柱傾倒 	 <ul style="list-style-type: none"> ・既設アスファルト舗装にラバーポール用アンカー（樹脂系接着剤）で固定 ・支柱ベースプレートサイズ拡大 ・解析の結果、高温時にアスファルト舗装ごと支柱傾倒
【対策案③：半たわみ舗装】	【対策案④：コンクリート舗装】	【対策案⑤：床版一体型コンクリート基礎】
 <ul style="list-style-type: none"> ・既設アスファルト舗装を打換え、セメントミルク等注入 ・通常のアスファルト舗装より耐力は増すが、高温下で傾倒を防ぐ耐力は期待できない 	 <ul style="list-style-type: none"> ・アスファルト舗装からコンクリート舗装に打換え ・温度変化（高温時）の影響なし ・通行止めなど大規模な交通規制 	 <ul style="list-style-type: none"> ・既設アスファルト舗装を撤去し、床版一体型コンクリート基礎を構築 ・温度変化（高温時）の影響なし

【参考】標準図

