

暫定二車線区間に適した  
レーンディバイダーの研究開発

共同研究報告書

- 既設橋梁用ワイヤロープ式防護柵の開発 -

令和 7 年 9 月

国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所  
株式会社高速道路総合技術研究所  
鋼製防護柵協会  
(JFE 建材株式会社、東京製鋼株式会社、  
日鉄神鋼建材株式会社)

Copyright © (2025) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、国立研究開発法人土木研究所理事長の承認を得て発行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、国立研究開発法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

# 暫定二車線区間に適した レーンディバイダーの研究開発

## 共同研究報告書

### - 既設橋梁用ワイヤロープ式防護柵の開発 -

国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路研究グループ 寒地交通チーム	元上席研究員 元総括主任研究員 元研究員	佐藤 昌哉 <sup>1</sup> 平澤 匡介 <sup>2</sup> 四辻 裕文 <sup>3</sup>
(株)高速道路総合技術研究所 交通環境研究部交通研究室	元室長 元主任研究員 元研究員	糸島 史浩 <sup>4</sup> 江原 豊 <sup>5</sup> 曾根 健司 <sup>6</sup>
J F E 建材 (株) 道路技術部 道路技術部 道路技術室 道路技術部 道路技術室	元部長 元室長 元課長	松藤 弘 <sup>7</sup> 嶋田 祥敬 <sup>8</sup> 吉田 智 <sup>9</sup>
神鋼建材工業 (株) 製造本部 技術部 開発室 製造本部 技術部 設計室 製造本部 技術部 設計室	元担当次長 元担当課長 元室員	鈴木 幸裕 <sup>10</sup> 大森 伯万 <sup>11</sup> 柴田 公茂 <sup>12</sup>
東京製綱 (株) インジニアリング事業部 環境建材部 インジニアリング事業部 道路部	元マネージャー 元マネージャー	檜 弥生 <sup>13</sup> 市川 隆 <sup>14</sup>
日鐵住金建材 (株) 土木開発技術部 土木開発技術部 道路・環境技術室	元担当部長 元シニアマネージャー	佐藤 義悟 <sup>15</sup> 山田 慶太 <sup>16</sup>

1 : 現 戸田建設 (株) 札幌支店

2 : 現 寒地交通チーム 主任研究員

3 : 現 寒地交通チーム 主任研究員

4 : 現 (一財)道路新産業開発機構 ITS・新道路創生本部 プロジェクト  
リーダー

5 : 現 東日本高速道路株式会社 東北支社福島管理事務所 改良担当課長

- 6 : 現 (株)高速道路総合技術研究所交通環境研究部交通研究室 主任研究員
- 7 : 現 平成 30 年 12 月退職
- 8 : 現 JFE 建材(株) フェンス・道路技術部防音・道路技術室 室長
- 9 : 現 JFE 建材(株) 中国支店 フェンス・道路商品室 課長
- 10 : 現 日鉄神鋼建材(株) 商品技術部 開発技術室 室長
- 11 : 現 (株)ニッケンフェンス&メタル フェンス技術部 部長代理
- 12 : 現 日鉄神鋼建材(株) 商品技術部 東日本技術室 担当課長
- 13 : 現 東京製綱(株)エンジニアリング事業部 事業推進部 マネージャー
- 14 : 現 東京製綱(株)エンジニアリング事業部 道路部 マネージャー
- 15 : 現 日鉄神鋼建材(株) 商品技術部長
- 16 : 現 日鉄神鋼建材(株) 商品技術部 開発技術室 担当課長

共同研究者名簿の部署名、役職は令和6年9月時点

## 要旨

我が国の高速道路暫定二車線区間は大半がラバーポールと縁石による簡易分離であり、正面衝突事故が起きた場合は死亡事故等の重大事故に至ることがある。寒地土木研究所、(株)高速道路総合技術研究所、鋼製防護柵協会は、共同研究契約を締結し、暫定二車線区間のレーンディバイダーに適したワイヤロープ式防護柵の仕様を開発するために、車両衝突シミュレーションによる仕様の検討、大型車衝突試験による性能評価等から最適な仕様を開発した。

暫定二車線区間土工部で正面衝突防止効果が確認され、50m以下の中小橋梁に設置拡大が検討され、橋梁床版に影響を及ぼさない支柱基部がプレート式の既設橋梁用支柱を開発し、8カ所の中小橋梁で試行設置されたが、4橋で支柱が傾倒する事象が発生した。原因として、4橋は、比較的急な曲線部に設置されたため、ワイヤロープの張力により円弧内側へ傾倒する力が発生している状態で、かつ、温度上昇に伴いアスファルト舗装の耐力が低下した結果、支柱の傾倒が始まったと推察された。対策として、温度変化に依存しないコンクリート基礎を既設床版と一体化し、鉄筋アンカーで既設橋梁用支柱を固定する形式を考案した。平成31年3月以降に設置された既設橋梁用支柱・コンクリート基礎定着方式では、高温下の環境でも傾倒事象は発生せず、3件の接触事故が発生した箇所でも、支柱基部の損傷のみで、コンクリート基礎には損傷がなかったことが確認された。また、施工時間短縮のために、プレキャストコンクリート基礎の仕様も考案し、「ワイヤロープ式防護柵整備ガイドライン(案)」に反映された。

ワイヤロープ式防護柵が普及拡大する状況で、ワイヤロープ接触後の車両が自走不可になっている状況に対して、最下段のワイヤロープの高さを下げる対応策を検討し、実車衝突試験を行ったが、接触車両の損傷軽減化に効果がなかったことが明らかになった。

キーワード: ワイヤロープ式防護柵、レーンディバイダー、区画柵、暫定二車線、交通安全、事故対策

# 目次

1. はじめに	1
2. 既設橋梁への設置仕様の開発	3
2.1 既設橋梁用支柱の設置仕様	3
2.2 支柱傾倒事象の発生	4
2.3 既設橋梁用支柱の固定方法の検討	5
2.4 大型車による性能確認試験による性能評価	9
2.4 既設橋梁用支柱・コンクリート基礎定着方式の試行設置	10
3. 既設橋梁用支柱プレキャストコンクリート基礎の開発	12
3.1 重錘による支柱衝突試験	13
3.2 支柱静荷重試験	17
3.3 既設橋梁用支柱プレキャストコンクリート基礎の仕様検討	21
4. 接触車両損傷軽減化仕様の開発	22
5. まとめ	26
参考文献	28



## 1. はじめに

日本国内の高速道路建設は、昭和 62 年に策定された第四次全国総合開発計画で明示された総延長約 14,000km の高規格幹線道路（以下「高規格道路」）網の計画に沿って進められた結果、平成 24 年 4 月末の供用延長では 10,218km、整備率 72% に達した。平成 2 年以降は限られた期間や費用で整備を進めるために、交通量が少ない区間は四車線で計画された道路のうちの二車線のみを暫定的に供用する方法を採用したため、大半がラバーポールと縁石による簡易分離による暫定二車線区間である。暫定二車線区間の道路は一般道に比べ事故率は低いが、正面衝突事故を防ぐことができず、車両走行速度が高いため、正面衝突事故が発生した場合には死亡事故等の重大事故に至ることが多い。

平成 27 年 11 月、会計検査院は、平成 26 年度決算報告書<sup>1)</sup>で、東日本高速道路株式会社、中日本高速道路株式会社、西日本高速道路株式会社（以下、「NEXCO3 社」）が管理する高規格道路で、平成 17 年 1 月から 26 年 12 月までの 10 年間の車両の対向車線への逸脱事故の発生状況（表-1.1）は、対面通行部において 2,208 件発生しており、このうち 677 件が死傷事故で、死亡 119 人、負傷 1,281 人、車線を逸脱した車両が対向車両と衝突して対向車両の乗員が死傷するなどした、いわゆる「もらい事故」では、死亡 28 人、負傷 594 人に対して、分離式の部分の逸脱事故は 10 年間で 30 件発生、このうち、7 件が死傷事故で、死亡 3 人、負傷 15 人であり、もらい事故による死亡 2 人、負傷が 1 人であったことが報告された。このような状況から、高規格道路の対面通行部で防護柵を備えた中央帯があれば、相当程度防止できたと考えられる対向車線への逸脱事故が発生しているので、国土交通省、NEXCO3 社及び本州四国連絡高速道路株式会社の 4 社に対して、分離式の道路構造の採用も含めた安全性及び機能性の向上のための対策に取り組むこと、また、これらの対策に当たっては、現況の道路構造を考慮した小規模な改良等とすることなどを検討することを求めた。

表-1.1 高規格道路における対面通行部・分離式の部分別の事故状況（平成 17 年 1 月から 26 年 12 月まで）<sup>1)</sup>

区分	車両の対向車線への逸脱事故件数（件）	左のうち死傷事故件数（件）	死者数（人）	左のうちもらい事故死者数（人）	負傷者数（人）	左のうちもらい事故負傷者数（人）
対面通行部	2,208	677	119	28	1,281	594
分離式の部分	30	7	3	2	15	1

これを受けて、平成 28 年 12 月に国土交通省は、NEXCO3 社が管理する高速道路（有料）で暫定二車線区間の死亡事故が四車線区間に比べ多いことから、緊急対策として、平成 29 年春から全国の暫定二車線約 100km 区間において、幅員構成を変えず、ラバーポールに代えてワイヤロープ式防護柵を設置することによる安全対策の検証を行うことを発表した。

国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所（以下、「寒地土木研究所」）は、平成 20 年から比較的幅員が狭い道路の上下線を分離することに適した防護柵の開発に着手し、鋼製防護柵協会と共同研究協定を締結し、CG シミュレーションや実車衝突実験から防護柵の仕様を決定し、平成 24 年 1 月の性能確認試験において防護柵設置基準に定める分離帯用 Am 種（高速道路）の基準を満足したワイヤロープ式防護柵の開発に成功した<sup>2)</sup>。平成 24 年秋以降、道央自動車道、一般国道 275 号、磐越自動車道、紀勢自動車道、一般国道 238 号、帯広尾自動車道の 6 箇所に試行導入された。平成 28 年までに試行導入された箇所では中央帯の幅員を確保した上で、防護柵として設置されており、暫定二車線区間に設置された箇所は無かった。ワイヤロープ式防護柵は支柱が細く、車両が衝突した時の衝撃を緩和し、設置のための必要幅が狭い。平成 28 年 12 月から平成 30 年 3 月まで寒地土木研究所、株式会社高速道路総合技術研究所（以下、「NEXCO 総研」）、鋼製防護柵協会の 3 者で共同研究協定を締結し、NEXCO3 社の協力の下、ワイヤロープ式防護柵を高規格道路暫定二車線区間における分離柵として導入することを目指し、「暫定二車線区間に適したレーンディバイダーの研究開発」を行った。その結果、車両衝突シミュレーションや性能評価試験から、ワイヤロープ式防護柵を高規格道路暫定二車線区間への分離柵として、最適な仕様を決定した。平成 29 年に高速道路暫定二車線区間 12 路線約 113km において、幅員構成を変えず、ラバーポールに代えてワイヤロープ式防護柵の試行設置を行った結果、平成 30 年 3 月末迄に対向車線への飛出しは 1 件で、死亡・負傷事故は無く、対向車線への飛出し事故を抑制するワイヤロープ式防護柵の効果がみられた。ただし、接触した事案は 238 件発生し、接触事案対策が今後の

課題となった。レーンディバイダーとは、道路構造令上、建築限界内に設置可能で、防護柵の扱いではないが、ワイヤロープ式防護柵は、防護柵とレーンディバイダー、それぞれの仕様を有するので、本報告書ではどちらもワイヤロープ式防護柵として表記する。また、50m以下の中小橋梁にワイヤロープ式防護柵を設置するために、橋梁床版に影響を及ぼさない仕様を検討し、支柱衝突試験、車両衝突シミュレーション、大型車衝突試験を行った結果、既設橋梁用支柱は、基部プレート方式（ロングタイプ）で、基部プレートの板厚9mm、くびれ部の幅50mmとした。

寒地土木研究所、NEXCO 総研、鋼製防護柵協会の3者は、既設橋梁に設置したワイヤロープ式防護柵の整備効果検証等を行うために、平成30年7月から再び「暫定二車線区間に適したレーンディバイダーの研究開発」の共同研究協定を締結した。

なお、ワイヤロープ式防護柵の研究開発に関する共同研究は、以下の5件がある。

1. 平成20年度～平成23年度：「北海道における二車線道路に適した分離施設の研究開発」
2. 平成24年度～平成26年度：「二車線道路の分離施設に適したワイヤロープ式防護柵の研究開発」
3. 平成27年度～令和5年度：「ワイヤロープ式防護柵の性能向上と実用化に向けた研究開発」
4. 平成28年度～平成29年度：「暫定二車線区間に適したレーンディバイダーの研究開発」
5. 平成30年度～令和2年度：「暫定二車線区間に適したレーンディバイダーの研究開発」

1～3の共同研究では、欧米で既に導入されている細い形状の支柱を有するワイヤロープ式防護柵を北海道の二車線道路の分離施設として導入するために、ワイヤロープ式防護柵の性能の把握、施工方法の検討、実用化に向けた課題抽出等を行い、日本の防護柵設置基準のA種（高速道路）、B種（一般国道）に適合した仕様の開発、その後の改良など、ワイヤロープ式防護柵全般にわたる研究開発である。4と5の共同研究では、高速道路暫定二車線区間のレーンディバイダーに限定した研究開発である。本稿は、5の平成30年度～令和2年度：「暫定二車線区間に適したレーンディバイダーの研究開発」の共同研究報告書である。



## 2.2 支柱傾倒事象の発生

大型車衝突再実験の結果が良好であったので、平成 29 年 12 月から平成 30 年 3 月までに、8 箇所  
の中小橋梁（表-2.1）に試行設置したが、そのうち、東海環状道、松山道、東九州道の 4 橋で  
支柱が傾倒する事象が発生した（写真-2.3 左）。最初に傾倒事象が確認された東海環状道の関テ  
クハイ橋では、支柱頂部で最大 40cm 変位し、ベースプレート基部に舗装の盛り上がり  
が確認された（写真-2.3 右）。支柱傾倒の数日前より最高気温が 30 を超える日  
が続き、約 34 で支柱の傾倒が確認された。傾倒事象が発生した 4 橋は、高速道路  
において比較的急な曲線部に設置されたため、ワイヤロープの張力により円弧内側  
へ傾倒する力が発生している状態で、かつ、温度上昇に伴いアスファルト舗装の耐  
力が低下した結果、支柱の傾倒が始まったと推察される。

表-2.1 中小橋ワイヤロープ式防護柵試行設置箇所一覧

道路名 区間	橋梁名 橋長	平面線形	施工完了日	変状確認日
日本海東北自動車道 中条～荒川胎内	大出橋 33.0m	A=1,000m	2017.12.11	変状なし
日本海東北自動車道 中条～荒川胎内	菅田川橋 30.5m	R=2,300m	2017.12.11	変状なし
日本海東北自動車道 中条～荒川胎内	菅田橋 30.0m	R=2,300m	2017.12.11	変状なし
日本海東北自動車道 中条～荒川胎内	木の芽川橋 36.1m	A=1,200m	2017.12.11	変状なし
東海環状自動車道 富加関～美濃関JCT	関テクハイ橋 22.8m	R=1,100m	2018.3.15	2018.3.26
松山自動車道 大洲北只～西予宇和	大谷川橋 34.0m	A=800m	2017.12.15	2018.4.27
松山自動車道 大洲北只～西予宇和	岩瀬川橋 44.0m	R=1,000m	2018.3.31	2018.4.21
東九州自動車道 西都～宮崎西	下村川橋 44.0m	R=1,500m	2017.12.21	2018.5.29



写真-2.3 傾倒事象発生状況

### 2.3 既設橋梁用支柱の固定方法の検討

アスファルト舗装の物性把握と並行して、夏期の高温下でも変状を起こさない（＝舗装の耐力に依存しない）新たな定着方法の検討を行った。検討案として、支柱設置間隔の短縮、支柱ベースプレートサイズの拡大、舗装改良等を比較した（表-2.2）。その結果、温度変化に依存しないコンクリート基礎を既設床版と一体化するように構築し、鉄筋アンカーで既設橋梁用支柱を固定する形式とした。

表-2.2 支柱定着方法一覧

当初	対策案(1)	対策案(2)	対策案(3)	対策案(4)	対策案(5)
アスファルト舗装	支柱設置間隔短縮	支柱ベースプレートサイズ拡大	半たわみ舗装	コンクリート舗装	床版一体型コンクリート基礎
					

支柱のコンクリート基礎は、ワイヤロープ式防護柵の張力により円弧内側へ傾倒する力に対抗するために、橋梁床版に定着させなければならない。そこで、コンクリート構造物の増厚工法を参考にして、コンクリート基礎定着方式を考案した（図-2.3）。開発条件は、強度特性として、既設床版と定着強度が支柱基部の強度を上回り、車両接触時に橋梁への影響がないこと、既設床版への影響として、コンクリート基礎周辺の防水処理を行うこと、維持管理性として、車両接触による補修は支柱交換のみで対応できること、施工性として、夜間通行止め等の限られた時間で施工可能なこととした。そして、橋梁床版とコンクリート基礎の付着強度よりもアンカーボルトの引抜強度を小さくして、衝突した大型車が支柱を引っ掛けた場合でも、アンカーボルトが抜けて、橋梁床版に影響を与えないように配慮した。なお、アンカーには、コンクリートとの付着力が優れている鉄筋アンカーを採用した。

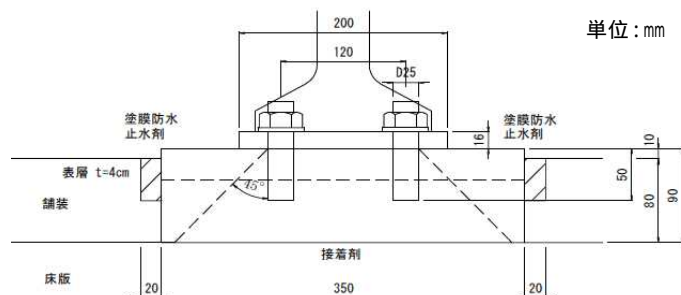


図-2.3 既設橋梁用支柱の固定方法

ワイヤロープ式防護柵の既設橋梁用支柱を固定していたアスファルト舗装は、その温度が高くなると引張強度やせん断強度などの力学性状が低下する特性がある。また、ワイヤの張力によるクリープなども支柱傾倒の一因として考えられる。これらを踏まえて、既設橋梁用支柱が傾倒した際の支柱固定部のアスファルト舗装の性状及び支柱固定部の構造をコンクリート基礎とした場合の性状について室内試験を行った。室内検証試験の状況を写真-2.4に、室内検証試験結果を表-2.3に示す。試験の結果、アスファルトに定着した場合は、全ての条件で支柱が転倒し、コンクリート基礎とした場合は、全ての条件で転倒しなかった。



写真-2.4 室内検証試験

表-2.3 室内検証試験結果

荷重条件	アスファルト定着	コンクリート定着	
	樹脂系アンカー	樹脂系アンカー	鉄筋アンカー
80N (R=2,500相当)	40 付近から傾倒開始 (概ね50 で転倒)	転倒なし	
165N (R=1,200相当)	載荷直後から穏やかに傾倒開始 (40 で転倒)		
250N (R=400相当)	載荷直後から急激に傾倒開始 (20 で転倒)		

高さ 75cm (ロープ 3 段目) の位置に水平荷重を連続的に加える

高気温環境下においても、コンクリート基礎定着方式の傾倒事象が発生しないか、土木研究所の沖縄暴露場に既設橋梁用ワイヤロープの供試体を曲線半径 400m のカーブで設置し、以下の条件で暴露試験を行った (図-2.4、図-2.5)。

- ・暴露場所：沖縄県大宜味村津波
- ・暴露供試体設置日：平成 30 年 9 月 14 日
- ・暴露期間：平成 30 年 9 月～12 月 (約 3 ヶ月)
- ・供試体は末端ブロックの H 型鋼にロープを固定
- ・既設橋梁用支柱：5 本
- ・支柱間隔：4m
- ・曲線半径：400m
- ・初期張力：11.5kN

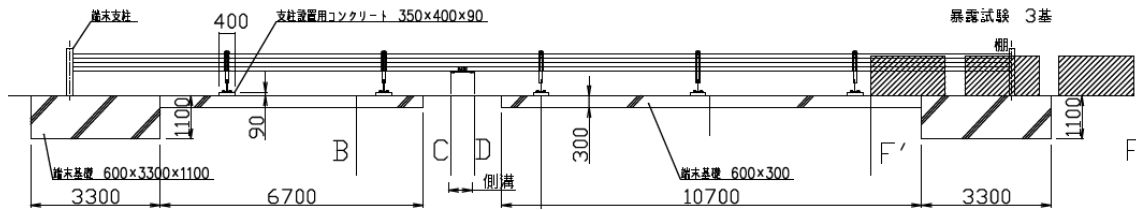


図-2.4 暴露供試体側面図 (単位：mm)

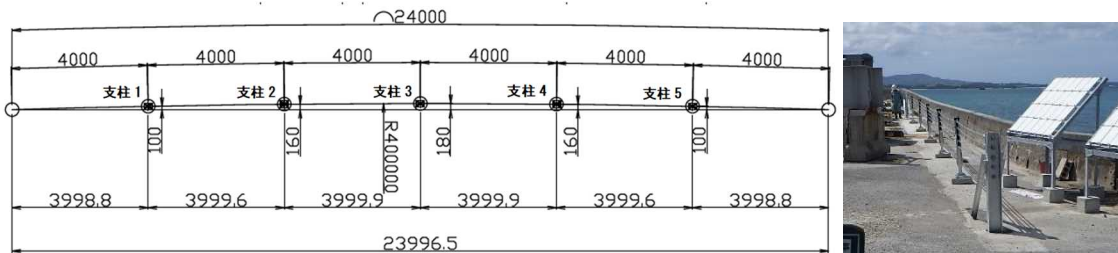


図-2.5 暴露供試体平面図 (単位：mm) と暴露供試体支柱設置状況

コンクリート基礎は、コンクリート舗装上に目荒し後、接着剤塗布、超速硬コンクリート (350mm×450mm×90mm) を打設し、アンカーで既設橋梁用支柱を固定した (写真-2.5)。

測定項目は、気温、ワイヤロープの張力、コンクリート基礎の浮き、支柱の傾き、支柱スリットの開きとした。初期張力は、10kN の 15% 増しの 11.5kN とし、気温の変化に反して増減したが、最終日の 91 日目で 10kN であった (図-2.6)。施工から経過した日数が 91 日目まで測定し、支柱の傾きと支柱スリットの開きは、ほぼ無かった。コンクリート基礎の浮きは、支柱 5 で 18 日目から 4.5mm の値が計測されたが、その後は上昇しなかった (図-2.7)。その他の支柱では、ほぼ 1.5mm 以内に収まっていて、高温下による傾倒事象は発生しなかった。支柱 5 については、気温が 39 の高い時の施工であったため、超速硬コンクリートや接着剤の硬化時間が速く、密着できなかったこと、施工後の雨水による浸水で、写真-2.6 に示すように隙間が発生したものと推察される。



写真-2.5 支柱コンクリート基礎打設状況

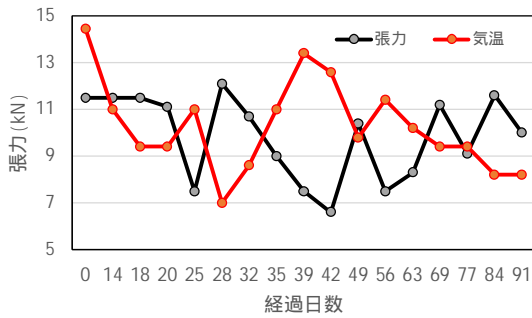


図-2.6 気温と張力

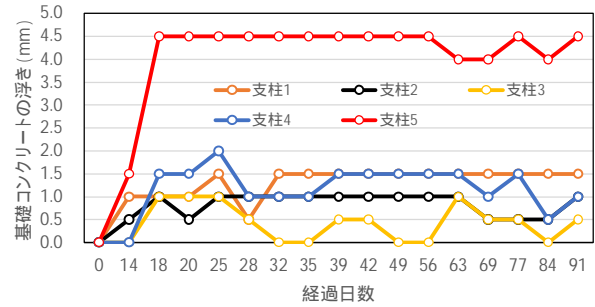


図-2.7 各支柱のコンクリート基礎の浮きの変位状況



写真-2.6 支柱5のコンクリート基礎の浮き

高温下でも傾倒事象が発生しなかったが、超速硬コンクリート、接着剤の扱いなど、気温が高い時の施工に留意することと浸水により接着面の劣化の可能性が考えられるので、施工方法を次のように決定した。

コンクリート基礎の大きさにあわせてアスファルト舗装を開削（写真-2.7 左）

橋梁床版の既設防水工を撤去し、ブラスト工法、もしくはウォータージェット工法により、床版の表面処理を実施（写真-2.7 右）

新旧コンクリートの界面は、はく離に対する付着耐久性、防水機能を高めるため、接着剤を塗布（写真-2.8 左）

鉄筋アンカーが施された型枠を設置し、コンクリートを打設（写真-2.8 右）

コンクリート基礎と既設アスファルトの界面に塗膜系防水剤を施工（写真-2.9 左）

既設橋梁用支柱を建込み、ワイヤロープを緊張する（写真-2.9 右）。



写真-2.7 舗装開削（左）と床版表面処理（右）



## 2.4 大型車による性能確認試験による性能評価

既設橋梁用支柱（基部プレート式）とコンクリート基礎定着方式によるワイヤロープ式防護柵の性能を評価するために、平成 30 年 9 月 5 日に苫小牧寒地試験道路で大型車による性能確認試験を行った（写真-2.10～2.12）。試験条件は、大型車 20 t、衝突速度 52km/h、衝突角度 6 度、ロープ張力 10kN とした。試験の結果、最大進入行程は、目標値 1.5m 以内のところ、0.725m を記録し、平成 29 年 10 月に行った衝突試験より 25.5cm 大きな値であった。離脱速度は衝突速度の 90%（目標値：衝突速度の 60%以上）、離脱角度は 0 度（目標値：衝突角度の 60%以下）であった。目標とした性能項目は全て満足し、衝突した支柱は全て基部で折れて、コンクリート基礎にも損傷はなかった。

衝突試験後にコンクリート基礎の撤去を行った際に、はく離面を確認したところ、比較的きれいな状態であったので、衝突した大型車が支柱を引っ掛けた場合でも、橋梁床版に大きな影響を与えないと推察される（写真-2.13）。



写真-2.10 性能確認試験（左：試験前、右：試験後）



写真-2.11 性能確認試験（車両衝突時の状況）

写真-2.12 試験後の支柱傾倒状況



写真-2.13 コンクリート基礎の撤去

## 2.5 既設橋梁用支柱・コンクリート基礎定着方式の試行設置

平成 31 年 3 月に東関東自動車道の坂東橋（茨城空港北 IC～茨城町 JCT）、東海環状自動車道の関テクハイ橋（富加関 IC～美濃関 JCT）及び加茂川橋（美濃加茂 IC～可児御嵩 IC）、東九州自動車道の下村川橋（西都 IC～宮崎西 IC）において既設橋梁用支柱・コンクリート基礎定着方式の試行設置が行われた。試行設置箇所一覧を表-2.5、試行設置状況を写真-2.14 に示す。試行設置の結果、全橋梁において、高温下の環境でも傾倒事象は発生しなかった（写真-2.15、図-2.9、写真-2.16、図-2.10）。

表-2.5 既設橋梁用支柱・コンクリート基礎定着方式試行設置箇所

道路名 区間	橋梁名 橋長	設置年月	備考
東関東自動車道 茨城空港北～茨城町 JCT	坂東橋 29.7m	2019.3	
東海環状自動車道 美濃加茂～可児御嵩	加茂川橋 13.7m	2019.3	
東海環状自動車道 美濃関 JCT～富加関	関テクハイ橋 22.8m	2019.3	傾倒箇所の復旧
松山自動車道 大洲北只～西予宇和	大谷川橋 34.0m	2019.5	傾倒箇所の復旧
松山自動車道 大洲北只～西予宇和	岩瀬川橋 44.0m	2019.5	傾倒箇所の復旧
東九州自動車道 西都～宮崎西	下村川橋 44.0m	2019.4.	傾倒箇所の復旧



写真-2.14 試行設置状況（東海環状自動車道関テクハイ橋）



写真-2.15 松山道・大谷川橋



図-2.9 大谷川橋の路温推移（推定値）



写真-2.16 東九州道・下村川橋

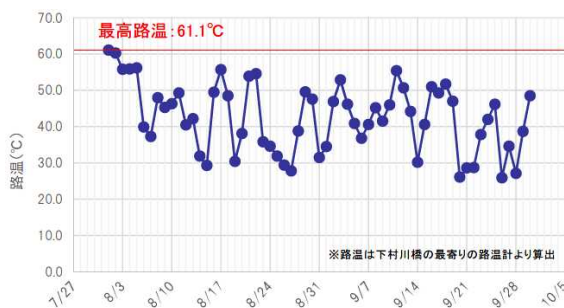


図-2.10 下村川橋の路温推移（推定値）

令和3年3月末時点で、NEXCO3社が管理する高速道路暫定二車線区間において、中小橋の107橋に既設橋梁用支柱・コンクリート基礎定着方式が設置された。設置後に3件の接触事故が発生したが、支柱基部の損傷のみで、コンクリート基礎には損傷がなかった（写真-2.17、写真-2.18）。

試行設置の結果、高温下の環境において傾倒事象は発生しなかったことと、接触事故においてコンクリート基礎の破損はなく、支柱の損傷のみであったことから、既設橋梁支柱基部プレート式とコンクリート基礎定着方式を中小橋梁への設置仕様に決定した。



写真-2.17 東海環状道（可児御嵩 IC～美濃加茂 IC）<sup>4)</sup>



写真-2.18 浜田道（大朝 IC～千代田 IC）<sup>4)</sup>

### 3. 既設橋梁用支柱プレキャストコンクリート基礎の開発

橋長が 50m 以下の中小橋梁に設置するワイヤロープ式防護柵の仕様は、橋梁の床版面と一体化したコンクリート基礎を構築し、既設橋梁用支柱をアンカーで固定する仕様である。しかし、既供用路線に設置する場合、夜間通行止めの限られた施工時間内において、舗装の切削、床版防水の撤去、床版面の表面処理、接着剤塗布、コンクリート打設、鉄筋アンカー設置、止水対策などを行わなくてはならない。施工現場から、施工時間短縮のために現場打ちのコンクリート基礎をプレキャストコンクリートに置き換える仕様の要望があり、開発に必要な要件を検討した。長所としては、コンクリートの硬化に伴う養生時間の短縮や作業性の向上、短時間で強度が発現する超速硬コンクリート（ジェットコンクリート）の不使用によるコスト削減が考えられ、プレキャストコンクリート基礎の仕様を決めるために、床版表面処理方法と接着剤の種類による性能を確認した。プレキャストコンクリート基礎の性能評価試験は、重錘による支柱衝突試験と静荷重試験とした。

### 3.1 重錘による支柱衝突試験

重錘による支柱衝突試験は、クレーンで重量が2,665kgの重錘を吊り下げ、重錘衝突面に埋め込まれた丸鋼の中心を高さ75cmの位置にセットし、バックホウで3mの高さまで引き上げてから重錘を振り子のように落として支柱に衝突させ、プレキャストコンクリート基礎と床版との接着状況（浮き、剥離）や基礎のひび割れ有無、アンカーボルトの抜け等を評価した（写真-3.1、写真-3.2）。重錘衝突エネルギーは58.803kJと計算され、一般道路用防護柵B種の性能確認試験における大型車衝突時の衝撃度60kJと同程度であった。



写真-3.1 支柱衝突試験



写真-3.2 重錘(200cm x 100cm x 50cm)

既設橋梁床版面の表面処理方法は、ディスクサンダー処理とスチールショットブラスト処理の2種類とし、接着剤の種類は、プレキャストコンクリートブロック用接着剤（ショーボンド #101）とコンクリート・金属用エポキシ樹脂系接着剤（コニシボンド E250）の2種類とし、それぞれを組合せ1ケースにつき3供試体で支柱衝突試験を行った（写真-3.3～写真-3.6）。コンクリート基礎周囲の間詰めは、高弾性接着剤（TBボンド）を採用した。



写真-3.3 ディスクサンダー処理



写真-3.4 スチールショットブラスト処理



写真-3.5 ショーボンド#101



写真-3.6 コニシボンド E250

支柱は、既設橋梁用支柱を使用し、コンクリート基礎としては現場打ちと同寸法のプレキャストコンクリートを作製した（図-3.1、写真-3.7～写真-3.12）。

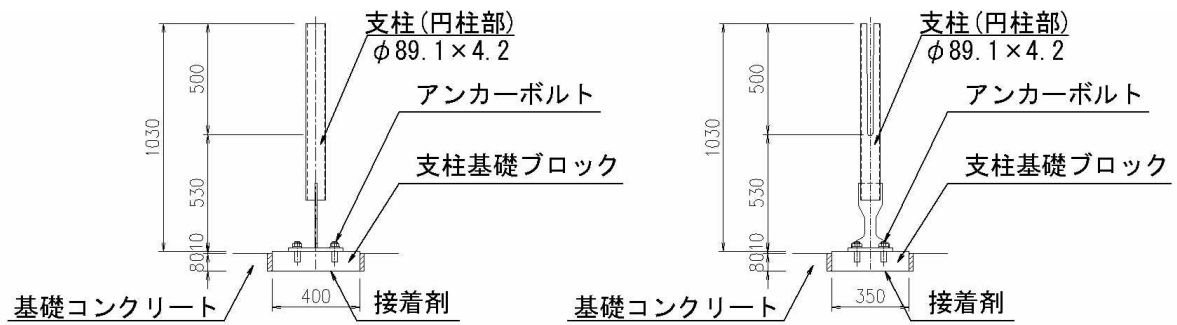


図-3.1 供試体寸法図（左：正面、右側面、単位:mm）



写真-3.7 コンクリート基礎打設状況



写真-3.8 コンクリート基礎型枠撤去



写真-3.9 コンクリート基礎設置状況



写真-3.10 TB ボンド注入状況



写真-3.11 支柱建込み状況



写真-3.12 支柱設置状況

支柱衝突試験の結果を表-3.1、写真-3.13～写真-3.16に示す。P1～P12の支柱は、重錘衝撃によりすべてが支柱下部鋼材で背面方向へ折れ、支柱基礎のブロック、アンカーボルトはP10を除き、変状がなかった。コンクリート基礎周囲の接着剤も、すべて変状はなかった。支柱衝突試験の結果において、表面処理方法（ディスクサンダー処理、スチールショットブラスト処理）と接着剤種類（ショーボンド#101、コニシボンドE250）の違いは確認されなかった。

P10の支柱は、支柱建込時に支柱基礎ブロックのアンカーボルト付近に発生したひび割れが衝撃により拡大した（写真-3.17）。支柱建込みの際に、プレート貫通穴とアンカーボルトがずれていた状態で、支柱を無理に挿入した結果、コンクリート基礎に負荷が掛かり、ひび割れが生じたと推察される。P10の試験結果より、支柱基礎の施工不良は衝撃時にひび割れなどの変状が生じる可能性があり、防護柵の性能を確保する上で材料の品質、施工の品質、出来形などの重要性を示していることが明らかになった。

表-3.1 支柱衝突試験結果

ケース No.	支柱番号	表面処理	接着剤	支柱天端変位量		
				X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
1	P1	ディスクサンダー処理	ショーボンド #101	-595	638	-603
	P2			-165	823	-493
	P3			392	736	-535
2	P4	ディスクサンダー処理	コニシボンド E250	175	791	-494
	P5			-587	554	-485
	P6			-607	588	-533
3	P7	スチールショットブラスト処理	ショーボンド #101	-583	595	-493
	P8			643	507	-495
	P9			293	770	-493
4	P10	スチールショットブラスト処理	コニシボンド E250	278	785	-518
	P11			-384	721	-505
	P12			-451	679	-470

X:重錘衝突方向・左(-)右(+), Y:重錘衝突方向・背面(+)手前(-)、高さ



写真-3.13 支柱衝突実験結果（左：P1、中：P2、右：P3）



写真-3.14 支柱衝突実験結果（左：P4、中：P5、右：P6）



写真-3.15 支柱衝突実験結果（左：P7、中：P8、右：P9）



写真-3.16 支柱衝突実験結果（左：P10、中：P11、右：P12）

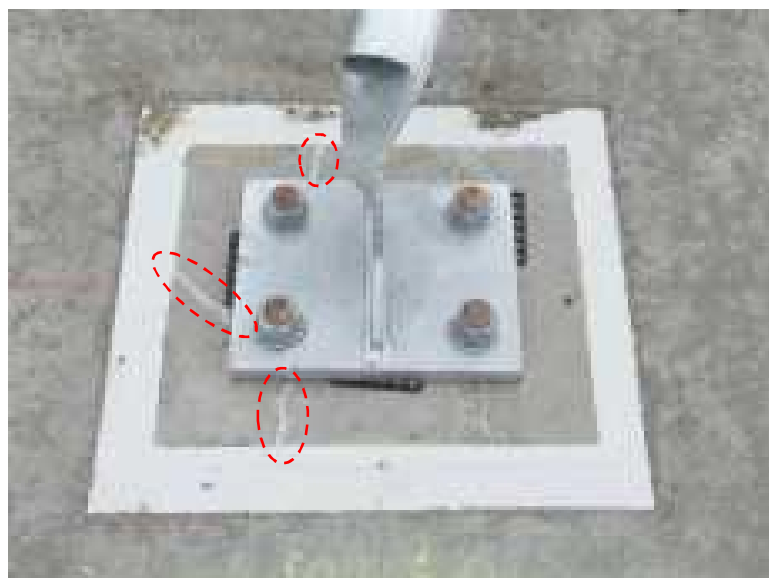


写真-3.17 P10 コンクリート基礎損傷状況

### 3.2 支柱静荷重試験

支柱静荷重試験は、ワイヤロープを掛けるための牽引金具を支柱のロープ3段目（高さ76cm）の位置に取り付け、チェンブロックを介してバックホウで横断方向にゆっくりと牽引した（写真-3.18）。荷重計と変位計を設置し、支柱に作用する荷重及び変位を計測した（写真-3.19）。なお、試験には、支柱衝突試験で使用したコンクリート基礎を転用し、支柱建込みを行った。



写真-3.18 支柱静荷重試験全景



写真-3.19 荷重計・変位計設置状況

支柱静荷重試験の結果、P10を除く支柱は、引張荷重により支柱下部鋼材で背面方向へ折れ、コンクリート基礎、基礎周囲の接着剤の状況、アンカーボルトに変状はなかった（写真-3.20）。支柱は、基部プレートの位置で捻れを伴って大きく折れ曲がり、円柱部は目視での変状がなかった。支柱静荷重試験の結果において、表面処理方法（ディスクサンダー処理、スチールショットブラスト処理）と接着剤種類（ショーボンド#101、コニシボンドE250）の違いは確認されなかった。P10の支柱は、アンカーボルト付近のひび割れが引張荷重によりさらに拡大し、コンクリート基礎が浮上り、最終的にはアンカーボルトが抜けた（写真-3.21）。

荷重計による引張最大荷重は、表-3.2、図-3.2～図-3.13に示すとおりであり、2.53～3.06kNを記録した。引張荷重と支柱変位量の計測では、ケース毎の引張最大荷重平均値において概ね2.8～2.9kNであり、表面処理方法（ディスクサンダー処理、スチールショットブラスト処理）と接着剤種類（ショーボンド#101、コニシボンドE250）の計測値においても違いがなかった。



写真-3.20 支柱静荷重試験結果（P2）



写真-3.21 支柱静荷重試験結果（P10）

表-3.2 支柱静荷重試験・引張最大荷重結果

ケース No.	支柱番号	最大荷重	平均 (kN)	備考
		(kN)		
1	P1	2.98	2.82	
	P2	2.53		
	P3	2.94		
2	P4	3.06	2.84	
	P5	2.82		
	P6	2.63		
3	P7	2.72	2.91	
	P8	2.95		
	P9	3.05		
4	<del>P10</del>	<del>3.27</del>	2.89	P10は基礎変状のため平均はP11,12とする
	P11	2.92		
	P12	2.85		

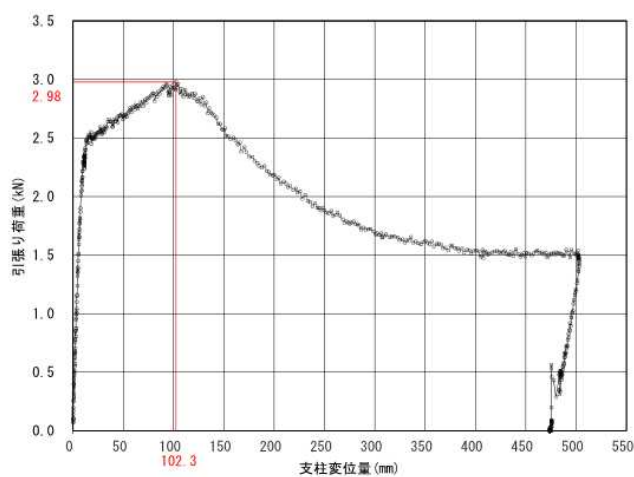


図-3.2 支柱変位量 (支柱 P1)

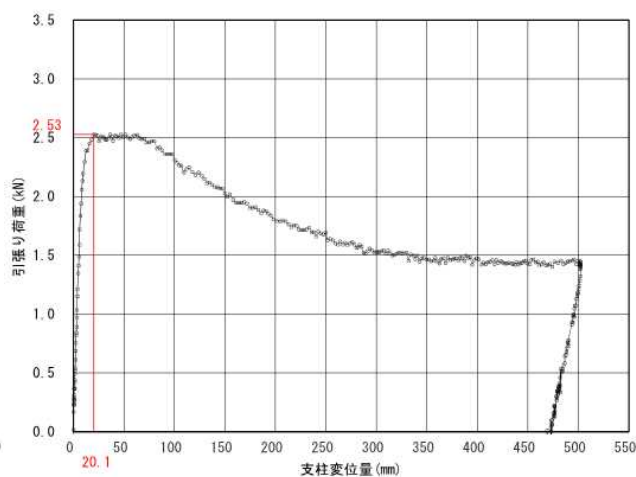


図-3.3 支柱変位量 (支柱 P2)

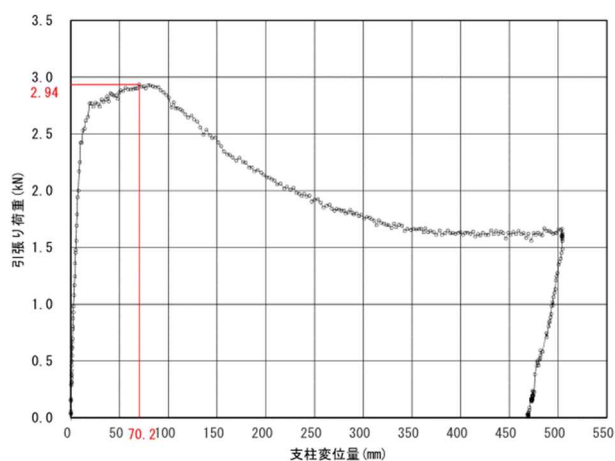


図-3.4 支柱変位量 (支柱 P3)

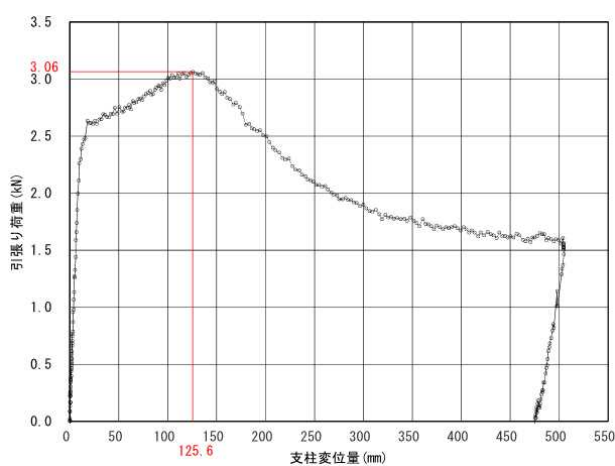


図-3.5 支柱変位量 (支柱 P4)

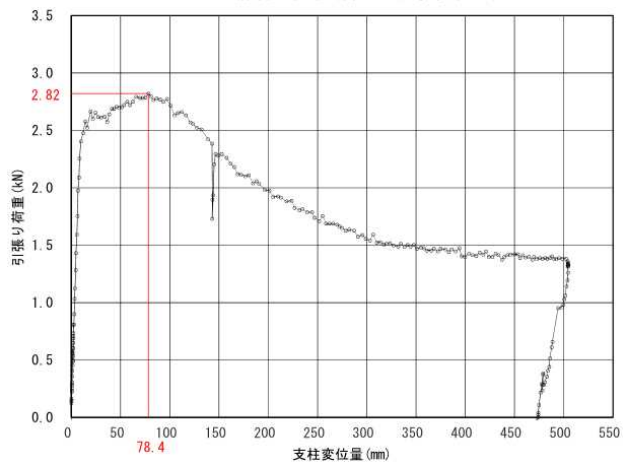


図-3.6 支柱変位量 (支柱 P5)

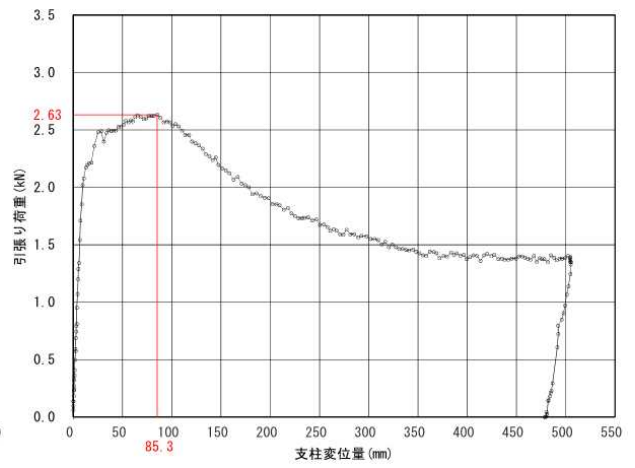


図-3.7 支柱変位量 (支柱 P6)

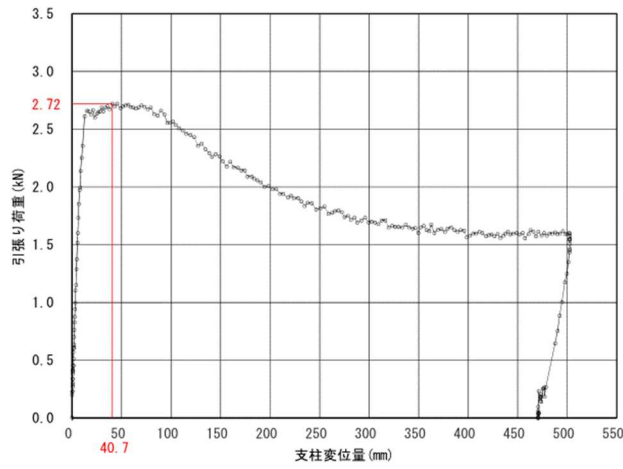


図-3.8 支柱変位量 (支柱 P7)

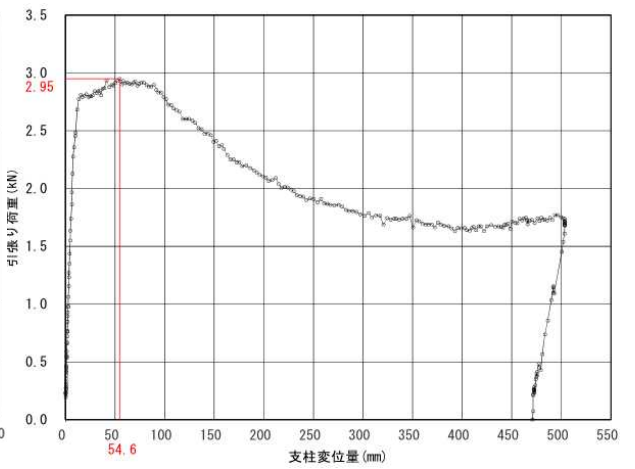


図-3.9 支柱変位量 (支柱 P8)

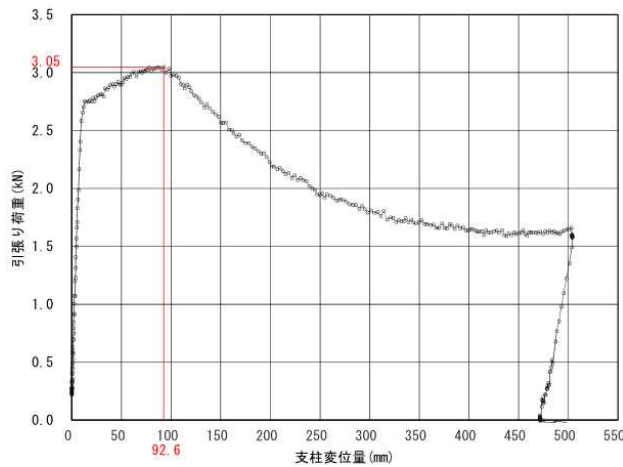


図-3.10 支柱変位量 (支柱 P9)

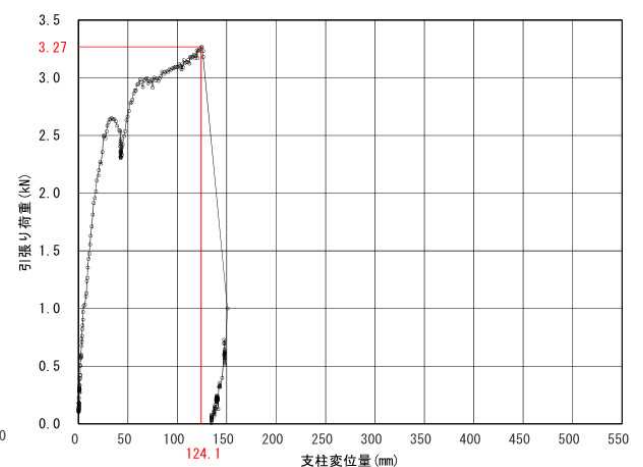


図-3.11 支柱変位量 (支柱 P10)

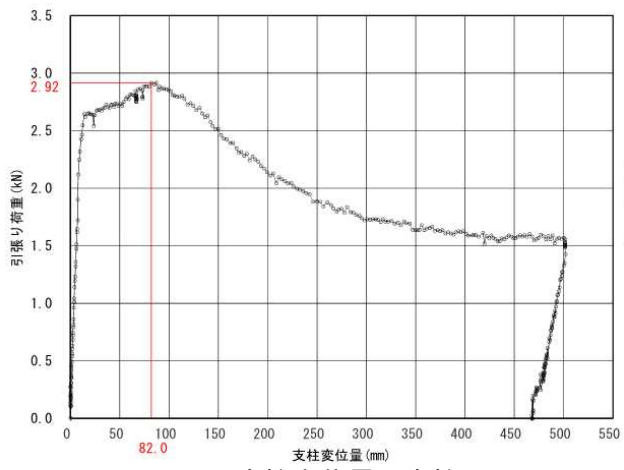


図-3.12 支柱変位量 (支柱 P11)

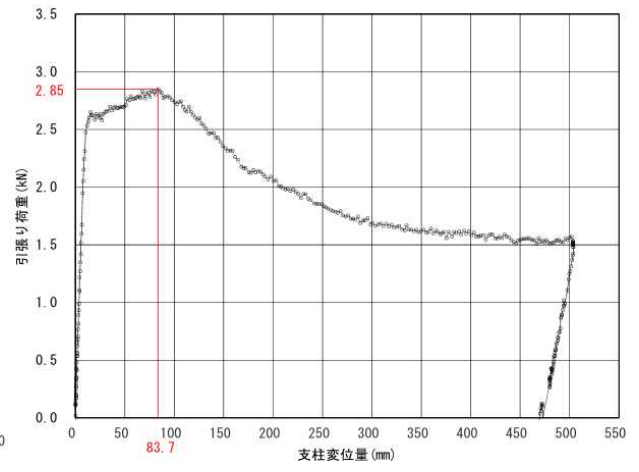


図-3.13 支柱変位量 (支柱 P12)

### 3.3 既設橋梁用支柱プレキャストコンクリート基礎の仕様検討

重錘による支柱衝突試験と静荷重試験から、既設橋梁用支柱プレキャストコンクリート基礎の仕様を検討した。基本は、現場打ちの場合と同様とし、以下の内容を「ワイヤロープ式防護柵整備ガイドライン(案)<sup>5)</sup>」に追記することとした。

- ・ プレキャストコンクリート基礎を製作する前に設置箇所の舗装の厚さを調査することが望ましい。
- ・ 接着剤は、橋梁床版面とプレキャストコンクリート基礎の新旧コンクリートの付着性能を十分確保する必要があるため、エポキシ樹脂系の接着剤を使用するものとする。新旧コンクリートの付着強度が  $1.0\text{N/mm}^2$  以上確保された材料を使用するものとする。使用する接着剤の仕様及び施工上の注意を確認し、接着剤をムラなく塗布することに努める。
- ・ プレキャストコンクリート基礎の製作は、あらかじめ鉄筋アンカーをセットした型枠を設置し、コンクリートを打設する。材料は  $24\text{N/mm}^2$  以上(材令 28 日における圧縮強度)のコンクリートを用いるものとする。コンクリート打設時に鉄筋アンカーが動くことがないように、型枠の製作に注意する。防水剤の溝を施工済みの場合、溝部分に型枠を設置する。
- ・ プレキャストコンクリート基礎の底面及び表面は、平滑に仕上げるように注意する。
- ・ 床版面とプレキャストコンクリート基礎の底面及び表面が平滑に仕上がっていないと、基礎や支柱を据え付ける際に傾くことがあるので注意すること。

#### 4. 接触車両損傷軽減化仕様の開発

平成 30 年 5 月に開催された「第 3 回 高速道路の正面衝突事故防止対策に関する技術検討委員会」において、委員から、ワイヤロープ接触後の車両 183 台の 82% が自走不可になっている状況に対して、最下段のワイヤロープの高さを下げることで、タイヤが支柱に衝突することを回避し、自走不可となる車両の割合を下げるができるのではないかと指摘があった<sup>6)</sup>。この指摘を受けて、最下段のワイヤロープを 10cm 下げた仕様で、性能確認試験を行った。

性能確認試験に使用するワイヤロープ式防護柵は、最上段のワイヤロープの高さは変えずに、最下段のワイヤロープを 10cm 下げることとした。その結果、高さは 1 段目が 970mm で変わらないが、2 段目を 860mm から 835mm、3 段目を 750mm から 700mm、4 段目を 640mm から 565mm、5 段目を 530mm から 430mm に変更した（図-4.1）。その他は、支柱間隔が 4m、張力 10kN の高速道路暫定二車線区間土工部の標準仕様とした。

性能確認試験は、苫小牧寒地試験道路で平成 30 年 10 月 26 日に大型車、令和 2 年 6 月 10 日に乗用車の試験車両で行った（写真-4.1、写真-4.2）。試験条件は、防護柵設置基準 A 種の性能確認試験<sup>7)</sup>を基に、衝突角度のみ、片側一車線で衝突角度の理論計算を行い、大型車は 15 度から 6 度、乗用車は 20 度から 8 度に変更した（表-4.1、図-4.2、図-4.3）。試験車両の大型車はテストドライバーの操舵、乗用車は追従車両の無線操舵による完全自動無人走行で試験を行った。

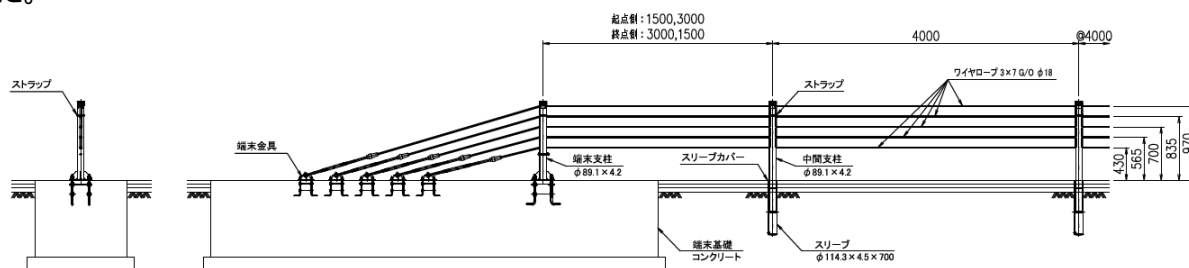


図-4.1 試験用ワイヤロープ式防護柵寸法図（単位：mm）



写真-4.1 ワイヤロープ式防護柵設置状況（左：大型車試験前、右：大型車試験後）



写真-4.2 ワイヤロープ式防護柵設置状況（左：乗用車試験前、右：乗用車試験後）

表-4.1 片側一車線の場合の衝突角度と強度（衝撃度）設定

車種	衝突速度 V(km/h)	衝突角度 (°)	車両重量 m (t)	衝撃度 IS (kJ)
大型車	52	6	20	22
乗用車	100	8	1	8

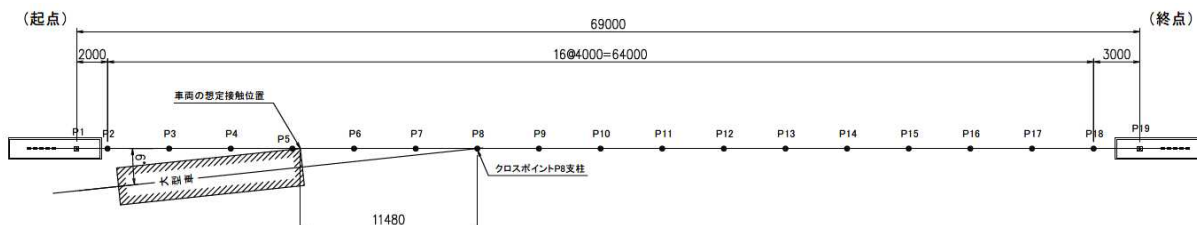


図-4.2 性能確認試験：大型車の衝突角度およびクロスポイント（単位：mm）

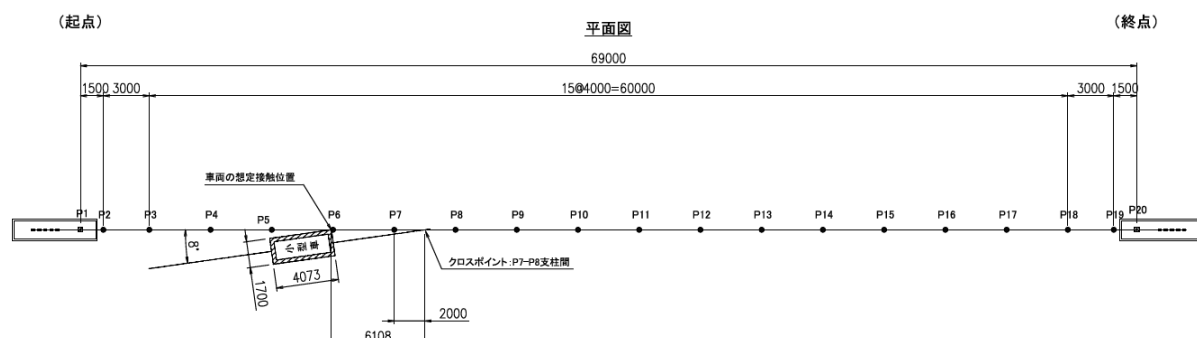


図-4.3 性能確認試験：乗用車の衝突角度およびクロスポイント（単位：mm）

大型車による性能確認試験の結果、車両の逸脱防止性能は、大型車の衝突に対して、防護柵を突破されない強度を有しており、防護柵の変形性能においても、最大進入行程は、0.29mと基準の1.5m以下という値を満足した。平成28年に暫定二車線区間土工部の仕様で行った性能確認試験の最大進入行程0.35mよりも小さな結果となった。車両の誘導性能においては、離脱速度が衝突速度の6割以上に対して、78%（40.9km/h/52.4km/h）となり規定値を満足したが、離脱角度が衝突角度の6割以下に対して、80%（4.9度/6.1度）となり規定値を超えた（表-4.2、表-4.3、写真-4.3）。飛散防止性能においても、主要部材の飛散が無かった（写真-4.4）。車両の損傷状況として、室内損傷はなく、足廻りは左前輪が接触し、ホイールの表面が削れた。前部バンパーは、左側が破損し、前後後輪の接触、全輪、バーストはなく、自走可能であった（写真-4.5）。平成28年に暫定二車線区間土工部の仕様で行った性能確認試験の車両損傷状況とほぼ変わらない結果であった。

表-4.2 試験条件及び試験結果（大型車）

項目	衝突条件					
	車両重量 (トン)	衝突速度 (km/h)	衝突角度 (度)	離脱速度 (km/h)	離脱角度 (度)	強度(衝撃度) (kJ)
試験条件	20.00	52.0	6.0	31.2以上	3.6以下	22.8
試験結果	20.14	52.4	6.1	40.9	4.9	24.1

表-4.3 支柱の最大変位量及び最大残留変位量等（大型車）

項目	最大残留変位量(m)			車両の進入量	
	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	最大進入量 (m)	進入行程 (m)
試験結果	1,050	-990	-980	0.49	0.29
支柱No.	P7	P10	P8	P7	



写真-4.3 性能確認試験における大型車衝突時の状況



写真-4.4 大型車衝突後の支柱の損傷状況



写真-4.5 大型車の損傷状況

乗用車による性能確認試験の結果、車両の誘導性能においては、離脱速度が衝突速度の6割以上（76%：78.3km/h /102.9km/h）、離脱角度が衝突角度の6割以下（22%：1.7度/7.8度）となり規定値を満足した（表-4.4、写真-4.6）。乗員の安全性能は、乗用車が横転・転覆することなく誘導され、車両損傷は前部が破損しているが、車室が保存され、車両重心加速度は149.7m/s<sup>2</sup>/10msで、規定値の150m/s<sup>2</sup>/10ms未滿を満足した（表-4.5）。飛散防止性能においても、主要部材の飛散が無かった（写真-4.7）。車両の損傷状況として、室内損傷はなく、足廻りは、左前輪空気抜け、ホイール変形した。前部はバンパー破損、グリル破損、ヘッドランプ破損、フェンダー破損、車軸変形（左前輪後方に移動）があり、自走不可の状態であった（写真-4.8）。平成24年にワイヤロープ式防護柵A種の仕様で行った性能確認試験の車両損傷状況よりわずかに小さい状況であったが、自走不可の状態は変わらず、車両重心加速度は95.2 m/s<sup>2</sup>/10msから1.6倍になった。

表-4.4 試験条件及び試験結果（乗用車）

項目	衝突条件					
	車両重量 (トン)	衝突速度 (km/h)	衝突角度 (度)	離脱速度 (km/h)	離脱角度 (度)	強度(衝撃度) (kJ)
試験条件	1	100	8	61.7以上	4.7以下	8
試験結果	1.090	102.9	7.8	78.3	1.7	8.2

表-4.5 乗員の安全性能（車両重心加速度）

項目	X方向	Y方向	参考値 (X・Y合成)	備考
原波形 (m/s <sup>2</sup> )	-581.4	387.1	583.2	
10msec移動平均値 (m/s <sup>2</sup> /10ms)	149.7	83.4	149.7	X、Y方向加速度が 150m/s <sup>2</sup> /10ms未滿



写真-4.6 性能確認試験における乗用車衝突時の状況



写真-4.7 乗用車衝突後の支柱の損傷状況



写真-4.8 乗用車の損傷状況

接触車両損傷軽減化の仕様として、最下段のワイヤロープを 10cm 下げた仕様で性能確認試験を行った結果、ワイヤロープ式防護柵の性能は、大型車の試験結果で土工部仕様より、最大進入行程がわずかに良くなったが、その他はほぼ同程度で、車両の損傷程度も変わらなかった。乗用車の試験結果は、車室が保存されたが、自走不可の損傷状況であり、車両重心加速度も規定値に近い  $149.7\text{m/s}^2/10\text{ms}$  であった。A 種の仕様で行った性能確認試験より、加速度が大きくなったのは、衝突角度が小さいことから、ワイヤロープのたわみによる緩衝効果が少なく、支柱衝突による衝撃が大きくなった可能性がある。

これらの結果から、最下段のワイヤロープを 10cm 下げた仕様は、性能確認試験の規定を概ね満足したが、接触車両の損傷軽減化に効果がなかったことが明らかになった。

## 5. まとめ

日本国内の高速道路建設は四車線で計画された道路のうち、交通量が少ない区間では二車線のみを暫定的に供用する方法が採用されたため、大半がラバーポールと縁石による簡易分離による暫定二車線区間であった。暫定二車線区間の道路は一般道に比べ事故率は低いが、正面衝突事故を防ぐことができず、車両走行速度が高いため、正面衝突事故が発生した場合には死亡事故等の重大事故に至ることが多い。

寒地土木研究所は、平成 20 年から比較的幅員が狭い道路の上下線を分離することに適した防護柵の開発に着手し、鋼製防護柵協会との共同研究により防護柵設置基準 Am 種（高速道路）の基準を満足したワイヤロープ式防護柵の開発に成功した。平成 28 年 12 月から NEXCO 総研を加えた 3 者で共同研究協定を締結し、NEXCO3 社の協力の下、ワイヤロープ式防護柵を高規格道路暫定二車線区間へのレーンディバイダーとして導入することを目指し、車両衝突シミュレーションや実車衝突試験を行い、最適な仕様を開発した。平成 29 年には高速道路暫定二車線区間 12 路線約 113km において、幅員構成を変えず、ラバーポールに代えてワイヤロープ式防護柵の試行設置を行った結果、平成 30 年 3 月末迄に対向車線への飛出しは 1 件で、死亡・負傷事故は無く、対向車線への飛出し事故を抑制するワイヤロープ式防護柵の効果がみられた。ただし、接触した事案は 238 件発生し、接触事案対策が今後の課題となった。

高規格道路暫定二車線区間土工部のレーンディバイダーとして、ワイヤロープ式防護柵の設置仕様が決まり、設置が進められている段階で、国土交通省で開催された「第 1 回 高速道路の正面衝突事故防止対策に関する技術検討委員会」から、橋長 50m 以下の既設中小橋梁への設置・固定技術の開発を求められた。既設橋梁にワイヤロープ式防護柵を設置するために、橋梁床版に影響を及ぼさない方法を検討し、車両衝突シミュレーション、支柱重錘衝突試験から支柱基部をプレート状にする変更する仕様を考案した。大型車衝突試験を行った結果、最大進入行程、離脱速度、離脱角度も問題なく、良好な実験結果が得られたことから、既設橋梁用支柱を使用したワイヤロープ式防護柵が 8 箇所の中小橋梁で試行設置された。

平成 29 年から試行設置した 8 箇所の中小橋梁では、4 橋で支柱が傾倒する事象が発生した。傾倒事象が発生した 4 橋は、高速道路において比較的急な曲線部に設置されたため、ワイヤロープの張力により円弧内側へ傾倒する力が発生している状態で、かつ、温度上昇に伴いアスファルト舗装の耐力が低下した結果、支柱の傾倒が始まったと推察される。アスファルト舗装の物性把握と並行して、夏期の高温下でも変状を起こさない（＝舗装の耐力に依存しない）新たな定着方法を検討し、温度変化に依存しないコンクリート基礎を既設床版と一体化するように構築し、鉄筋アンカーで既設橋梁用支柱を固定する形式を考案した。

支柱のコンクリート基礎は、コンクリート構造物の増厚工法を参考に、橋梁床版に定着させる方法とした。既設床版との定着強度が支柱基部の強度を上回るように設計し、車両接触時に支柱基部が折れることで、橋梁への影響を与えないように配慮した。検討した仕様でコンクリート基礎を試作し、室内試験で支柱に静荷重を掛けた結果、傾倒事象が発生しなかった。また、土木研究所の沖縄暴露場に既設橋梁用ワイヤロープの供試体を曲線半径 400m のカーブで設置し、高気温環境下において、暴露試験を行った結果でも、傾倒事象は発生しなかった。平成 31 年 3 月以降に設置された既設橋梁用支柱・コンクリート基礎定着方式では、高温下の環境でも傾倒事象は発生せず、3 件の接触事故が発生した箇所でも、支柱基部の損傷のみで、コンクリート基礎には損傷がなかったことが確認された。

既設橋梁用支柱を現場打ちのコンクリート基礎で橋梁床版に固定する方法は夜間通行止めの限られた施工時間内において、舗装切削、床版の表面処理、コンクリート打設などを行わなくてはならないので、施工現場から施工時間短縮のために、プレキャストコンクリート基礎の使用を要望された。プレキャストコンクリート基礎の床版表面処理方法と接着剤の種類について、重錘による支柱衝突試験と静荷重試験で評価した結果、現場打ちの仕様と同様で問題ないことを確認した。

これらの成果は、ワイヤロープ式防護柵の設置に向けて、基本的な仕様、施工方法や維持管理方法をまとめた「ワイヤロープ式防護柵整備ガイドライン（案）」に追記された。

国土交通省「第 3 回 高速道路の正面衝突事故防止対策に関する技術検討委員会」において、委員から、ワイヤロープ接触後の車両が自走不可になっている状況に対して、最下段のワイヤロープの高さを下げることで、自走不可となる車両の割合を下げるができるのではないかという指摘があったことから、最下段のワイヤロープを 10cm 下げた仕様で、性能確認試験を行った。

その結果、大型車の試験結果で土工部仕様より、最大進入行程がわずかに良くなったが、その他はほぼ同程度で、車両の損傷程度も変わらなかった。乗用車の試験結果は、車室が保存されたが、自走不可の損傷状況であり、最下段のワイヤロープを 10cm 下げた仕様は、性能確認試験の規定を概ね満足したが、接触車両の損傷軽減化に効果がなかったことが明らかになった。

## 参考文献

1. 会計検査：平成 26 年度決算検査報告第 4 章第 3 節第 3，2015.  
<https://report.jbaudit.go.jp/org/h26/2014-h26-0960-0.htm>
2. 平澤匡介，高田哲哉，石田樹：2 車線道路におけるワイヤーロープ式防護柵の開発と実用化，平成 25 年度国土交通省国土技術研究会，2013.
3. 東日本高速道路株式会社・中日本高速道路株式会社・西日本高速道路株式会社：構造物施工管理要領，2016.
4. 国土交通省：第 5 回高速道路の正面衝突事故防止対策に関する技術検討委員会配付資料、  
[https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/front\\_accident/pdf05/03.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/front_accident/pdf05/03.pdf)、（参照 2021.6.11）.
5. 国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 ワイヤロープ式防護柵ホームページ、  
[https://www2.ceri.go.jp/wire\\_rope/](https://www2.ceri.go.jp/wire_rope/)
6. 国土交通省：第 3 回高速道路の正面衝突事故防止対策に関する技術検討委員会配付資料、  
[https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/front\\_accident/pdf03/03.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/front_accident/pdf03/03.pdf)、（参照 2018.5.15）.
7. 日本道路協会：防護柵の設置基準・同解説，2016.

---

共同研究報告書  
COOPERATIVE RESEARCH REPORT of P.W.R.I.  
No.619 September 2025

編集・発行 ©国立研究開発法人土木研究所

---

本資料の転載・複写の問い合わせは

国立研究開発法人土木研究所  
寒地土木研究所 寒地技術推進室  
〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号 電話 011-590-4046