

開業 40 周年を迎えた山陽新幹線 PC 桁の維持管理

湯浅 康史*1・近藤 拓也*2・松田 好史*3

わが国の社会インフラとして重要な役割を担ってきた山陽新幹線は、平成 27 年 3 月に全線開業から 40 周年を迎えた。山陽新幹線には、東海道新幹線の騒音問題を受けて約 1 200 連の PC 桁が採用されており、維持管理においてひび割れや漏水、グラウト充填不足や横締め PC 鋼棒の破断などの変状が確認され、各種対策を講じてきている。また、今後長期にわたって PC 桁を安全に供用するため、近年、グラウト充填不足箇所を特定する非破壊検査方法である広帯域超音波法の適用性に関する検討や、PC 桁をモニタリングしながら、健全性低下時には速やかに安全性を回復する維持管理方式（外ケーブル張力モニタリング方式）の検討、橋梁ごとにこれまでの調査、補修履歴を取りまとめた PC カルテの作成と活用に関する検討など、PC 桁の予防維持管理に向けた取り組みを進めている。

本稿では、山陽新幹線の建設から今日に至るまでの維持管理について概説するとともに、PC 桁の予防維持管理に向けた取り組み内容について紹介する。

キーワード：山陽新幹線、予防維持管理、グラウト充填不足、外ケーブル張力モニタリング方式

1. はじめに

山陽新幹線は、1972 年に新大阪～岡山間約 161 km（以下、岡山以东と表記）、1975 年に岡山～博多間約 390 km（以下、岡山以西と表記）が開業した。40 周年を迎えた 2015 年 3 月までに延べ 24 億人のお客様にご利用いただき、山陽新幹線が西日本エリアの大動脈として、国土や経済の発展、文化の交流に果たしてきた役割は大きい。

山陽新幹線は高度経済成長期の最中に建設され、名神高速道路などの社会インフラが大量に建設された時期に重なる。このことから、労働力の慢性的な不足、建設資材の高騰、オイルショックによる材料の不足、さらには閣議決定による厳しい工期や新幹線の建設反対に対する交渉の難航など、さまざまな厳しい制約のなかで、当時の日本国有鉄道の総力を集結して山陽新幹線は建設された。

これらを背景として建設された山陽新幹線の鉄筋コンクリート構造物では、所定の品質が確保できておらず、1999 年には、中性化を主要因とする早期劣化が社会問題化した。これに対し、山陽新幹線コンクリート構造物検討委員会において、原因の究明と再発防止対策の検討が行われた¹⁾。これらに基づいて、当社では、コンクリート構造物の補修の品質を向上させるため、補修方法等を具体的に解説した「コンクリート構造物補修の手引き」を策定するとともに、断面修復工法や表面被覆工法などの材料の性能確認のための長期暴露試験の実施、「コンクリート構造物補修施工管理技士」制度の構築などの取り組みを行いながら、維持管理を継続しているところである。

プレストレストコンクリート桁（以下、PC 桁と表記）においては、現在のところコンクリート材料に関する劣化は見られないものの、PC 鋼材の付着と防食の役割を担っている PC グラウトの充填不足や横締め PC 鋼棒の破断突出など、PC 桁に特有の事象が発生し、これまでに各種対策を講じている。また、近年、長期にわたって PC 桁を健全に供用していくために、予防維持管理に向けた取り組みを始めたところである。

本稿は、山陽新幹線の PC 桁について、これまでの維持管理について概説するとともに、予防維持管理に向けた近年の取り組みについて報告するものである。

2. 山陽新幹線 PC 桁の概要

2.1 山陽新幹線 PC 桁の構造形式^{2～5)}

山陽新幹線の中長スパンの橋梁には、騒音防止に配慮して PC 桁が多く採用されており、全長約 551 km のうち 25.3 km、約 1 200 連の PC 桁が供用されている。構造形式ごとの PC 桁の連数を図 - 1 に示す。単純 PCI 形桁が約

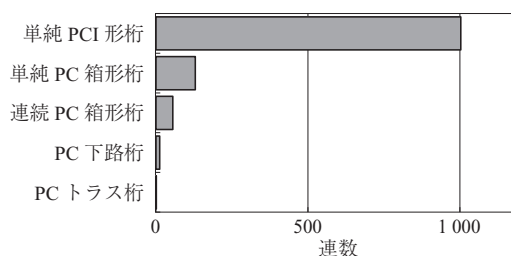


図 - 1 構造形式ごとの PC 桁の連数

*1 Koji YUASA：西日本旅客鉄道(株) 構造技術室

*2 Takuya KONDOU：高知高等工業専門学校 環境都市デザイン工学科

*3 Yoshifumi MATSUDA：西日本旅客鉄道(株) 構造技術室

1000連で約80%と多数を占め、単純PC箱形桁が約150連で約10%を占めている。なお、少数ではあるが、河川などの長スパンの橋梁にフレシネー工法やディビダーク工法、レオンハルト工法を用いた連続PC箱形桁や、桁下空頭に制限がある箇所に用いられたPC下路桁、新幹線の橋梁として初めて採用されたPCトラス桁も供用されている。

2.2 設計・施工²⁻⁵⁾

山陽新幹線ではPC桁を大量に用いることから、設計・施工の効率化を図るため、使用頻度の高い桁形式に対して設計の標準化（以下、標準設計と表記）が行われた。PC桁の標準設計の種類を表-1に示す。標準設計は、I形、箱形断面の単純ポストテンション方式PC桁を対象として、軌道形式（バラスト軌道、スラブ軌道）、スパン、桁高に応じて行われている。なお、標準設計の適用にあたっては、架設地点のスパン長や空頭高さなどを考慮し、標準設計の中から選定する形で行われ、全PC桁のうち約550連で標準設計が用いられている。なお、標準設計によらず個別に設計したPC桁には、工期の制約により急速施工が必要となりプレテンション方式を採用したものや、建設当時の技術開発成果を踏まえて、設計基準強度600kgf/cm²の

表-1 PC桁の標準設計の種類

区間		形式	スパン (m)	種類	スパン桁高比
岡山以东	バラスト軌道	単線2主I形桁	15.0～30.0	7種類	10.3～11.1
		単線3主I形桁	12.5～25.0	6種類	17.3～17.9
		単線4主I形桁	27.5～40.0	4種類	16.7～17.9
岡山以西	スラブ軌道	複線4主I形桁	15.4～30.2	7種類	12.0～12.4
		複線6主I形桁	15.4～25.2	5種類	18.8～19.4
		複線8主I形桁	27.2～50.2	9種類	16.0～18.8
	バラスト軌道	複線4主I形桁	20.4～30.2	3種類	11.3～11.6
		複線6主I形桁	15.0～35.2	4種類	14.6～18.5
		複線8主I形桁	35.2～40.2	2種類	18.3～18.5

注：岡山以西の標準設計には、上表以外、桁高を低くしたもの、さらにバラスト軌道には斜角のものがある。

高強度コンクリートが用いられたPCI形桁などがある。

多種多様なPC桁のうち多数を占める標準設計のPC桁に着目して、設計・施工上の特徴を以下に述べる。

- 設計では、コンクリートに引張応力を生じさせない、フルプレストレスの考え方を採用している。
- 主桁の主ケーブルの定着にはフレシネー工法を用い、PC鋼線(12φ5～12φ8)、PC鋼より線(12T12.4～12T15.2)を使用している。また、床板および横桁の横締めにはねじ式定着によるPC鋼棒(φ24～φ30)を用いている。
- 主ケーブルの一部は、経済性を考慮して主桁上縁に定着する構造(以下、上縁定着とよぶ)を採用している。
- 主桁コンクリートの設計基準強度は400～450kgf/cm²、水セメント比は33～39%を示方している。
- コンクリートの骨材は川砂の入手が困難となり、一部で海砂を使用している。海砂の使用にあたっては、塩分含有量を0.01%以下に除塩するよう指導している。
- PCグラウトは、ブリーディングを許容し、混和剤として減水剤とアルミニウム粉末(AI/C:0.007%)を使用したセメント系材料を用いている。

3. 山陽新幹線 PC 桁の変状と対策

3.1 PC グラウト充填不足とその対策

山陽新幹線PC桁では、開業直後から主ケーブルに沿ったひび割れなどの変状が確認され、PCグラウト充填不足がその原因の一つと考えられたことから、1984年から順次、PCグラウト充填状況の調査と再注入を行い、PC鋼材の防食機能の向上に努めている。なお、充填不足が生じた理由については、旧国鉄での研究事例⁶⁾やプレストレストコンクリート技術協会で検討された事例⁷⁾に示されるように、PCグラウトの沈下やブリーディングなどの材料面、PCグラウトの先流れ現象などやPCグラウト排出口の不適切な設置などの設計・施工面における不備が複合的に起因して発生したものと考えられる。

調査では、図-2に示すようにPCグラウト充填不足が生じやすい主ケーブルの端部付近を対象に削孔を行い、PCグラウトの充填状態や主ケーブルの腐食程度を目視およびファイバースコープで確認することとしている。このとき、PCグラウトの充填不足が確認された場合には、図-3のように、一つの再注入孔から注入ホースと排気ホースを設置し、自然流下方式によりセメント系材料を注入する対策を行っている。

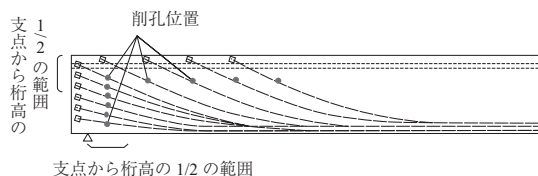


図-2 PCグラウトの標準的な調査位置

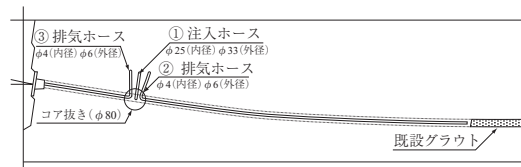


図-3 PCグラウト再注入工法

3.2 横締めPC鋼棒の破断とその対策

開業数年後から、写真-1に示すように床版や横桁に配置されている横締めPC鋼棒が、突然破断して突出する事象が確認されるようになった。このような事象が生じたPC桁での詳細調査では⁸⁾、横締めPC鋼棒67本中、約70%にあたる48本でPCグラウト充填不足が確認されており、PCグラウト充填不足に伴うPC鋼棒の腐食に起因するものと推定されている。なお、PC鋼棒が破断した箇所は、基本的にPC鋼より線に取替えて補修している。

また、横締めPC鋼棒が破断して突出する場合には、定着部の跡埋めコンクリートが飛散し第三者に被害を与える可能性があるため、飛散防止対策を実施している。なお、対策の検討にあたっては、種々の仕様で対策を行った51体の供試体を用いてPC鋼棒を破断させて行い、飛散防止の機能とPC鋼棒の破断突出を目視確認できる機能の両方

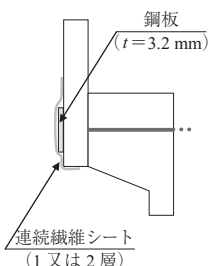
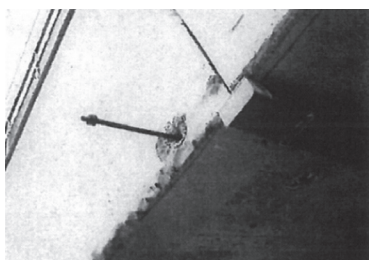


写真 - 1 PC 鋼棒の破断事例 図 - 4 突出防止対策

満足したケースから、PC 鋼棒の諸元（鋼材径、鋼材長さ、緊張力）と連続繊維シートの積層枚数の関係をまとめ、設計仕様に反映させた（図 - 4）⁹⁾。この設計仕様に基づき、山陽新幹線では 2000 年頃から突出工防止対策を開始し、これまでに第三者へ被害を与える可能性のある箇所はすべて、対策を完了している。

3.3 主ケーブルに沿うひび割れ

山陽新幹線の一部の PC 桁において、開業直後から写真 - 2 に示すように、ウェブ側面や下フランジに主ケーブルに沿ったひび割れが確認されている。ひび割れ原因については、アルカリシリカ反応や鋼製シースの腐食が考えられ、構造物の詳細調査の結果に応じて、ひび割れ注入工法や表面被覆工法などによる補修を行っている。

なお、上縁定着された主ケーブルに沿ったひび割れには、漏水や遊離石灰を伴う事例も見られる。漏水は上縁定着跡埋め部から水が流入し、主ケーブルに沿って流下していると推察され、腐食因子である水分が主ケーブルに供給されることから、主ケーブルの腐食を促進させる可能性がある。これらの箇所についても、主ケーブルの防錆や防水を目的として、PC グラウト再注入などを実施しているものの、漏水が止まらない事例がある。道路橋においては、橋面防水工を実施して対策する事例が見られる¹⁰⁾が、鉄道橋においては、主桁上面に軌道設備があり、夜間の短い作業間合いにおいて大規模な橋面防水工を施工できず、漏水に対する抜本的な対策は困難な状況となっている。



写真 - 2 主ケーブルに沿うひび割れ

3.4 内部欠陥、豆板

山陽新幹線 PC 桁の建設時に確認された内部欠陥や豆板は速やかに補修されているが、その後の維持管理においても、写真 - 3 のような内部欠陥や豆板が数例確認されている。内部欠陥や豆板は建設時の初期欠陥であり、打音検査や経年の劣化により表層がはく離して顕在化したもので

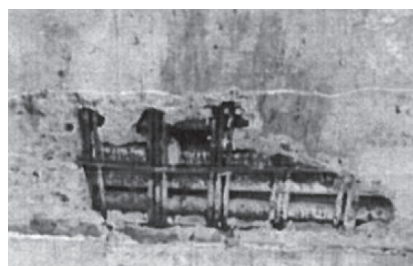


写真 - 3 PC 箱桁下床板の豆板例

ある。これらの変状は、支間中央の下フランジ下面など鉄筋やシースが過密配筋されている付近で生じている場合が多く、補修では、はつりに伴うプレストレス力の応力変化に配慮して、脆弱部分のみ除去し、セメント系材料を用いて断面修復を行うことを規定している。

4. 予防維持管理に向けた取り組み

4.1 劣化状態の評価

長期の供用を見据えて予防維持管理を行うにあたって、これまでの調査から得られた山陽新幹線 PC 桁の劣化状態および特徴について述べる。

(1) PC グラウト充填状態、主ケーブルの腐食状態

3.1 で示した削孔目視調査の結果から得られた、PC グラウトの充填状態および主ケーブルの腐食状態について述べる。なお、削孔目視調査の結果は、1984 年以降に調査を行い、記録が明らかであった約 170 連を対象としている。はじめに、桁種別ごとの PC グラウト不良率を図 - 5 に示す。なお、PC グラウト不良率とは、PC 桁 1 連あたりの総削孔数に対する PC グラウト充填不足が認められた削孔数の割合を示している。6 主桁の PC グラウト不良率が若干低い、いずれの桁種別においても、約 20 % が充填不足であることが確認されている。

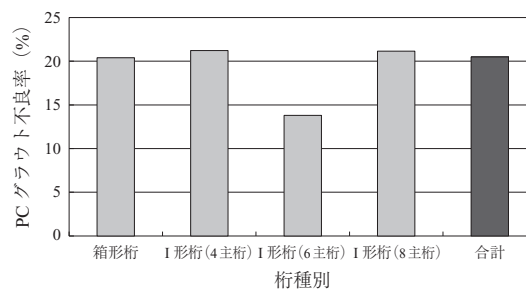


図 - 5 桁種別ごとの PC グラウト不良率

次に、PC グラウトの充填不足箇所における推定グラウト充填不足長さの頻度分布を図 - 6 に示す。なお、推定グラウト充填長さは、PC グラウトの再注入量をシース断面積から PC 鋼材断面積を減じた面積で除して推定している。推定グラウト充填不足長さは 1 ~ 2 m のものももっとも多く、グラウト充填不足は主ケーブルの曲げ上げ部付近にとどまっている傾向が伺える。

主ケーブルの腐食状態について、腐食度を表 - 2 のように区分し¹¹⁾、PC グラウト充填状態ごとの腐食度の割合

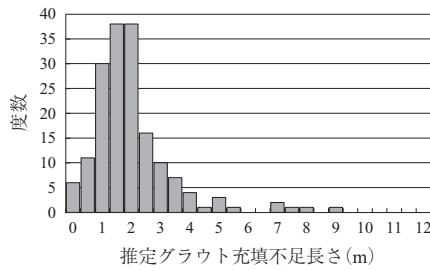


図 - 6 推定グラウト充填不足長さの頻度分布

を図 - 7 に示す。PC グラウトが完全に充填されていれば概ね腐食は生じておらず、グラウト充填状態が不良であるほど腐食が進行する傾向であった。なお、腐食度ごとの箇所数の内訳をみると、腐食度 0 は 10 794 箇所で約 99 % を占め、山陽新幹線の主ケーブルは腐食が軽微であるといえる。これは、山陽新幹線が内陸に位置し、凍結防止材を散布しないため、塩化物イオンの供給がほとんどないことに起因するものと推察される。一方で、PC グラウトがまったくない状態において、腐食が著しい腐食度Ⅲに分類される箇所も一部で確認されており、PC グラウト未充填部の対策の重要性を示唆するものと考えられる。なお、これら PC グラウト充填不足箇所はすべて、直ちに PC グラウト再注入を実施している。

表 - 2 主ケーブルの腐食度基準

腐食度	概要
Ⅲ	<ul style="list-style-type: none"> • 表面に凹凸が確認できるもの • 層状の腐食生成物が表面全体に存在するもの
Ⅱ	<ul style="list-style-type: none"> • 表面に凹凸が確認できるもの • 層状の腐食生成物が存在するもの
Ⅰ	<ul style="list-style-type: none"> • 表面全体に錆は生じているものの、層状の錆は発生しておらず、かつ表面に凹凸が確認されないもの
0	<ul style="list-style-type: none"> • 表面に錆がほとんど発生していない状況、もしくは点錆程度の錆が生じている状況

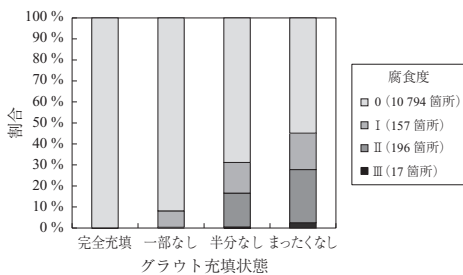


図 - 7 主ケーブルの腐食状況

(2) コンクリートの劣化状態

山陽新幹線 RC 構造物の早期劣化が顕在化し、コンクリート構造物の大規模な調査を行った 1999 年に、PC 桁についても劣化状態の把握を目的として、かぶり、中性化深さ、塩化物イオン量などのサンプリング調査を実施した。その結果、中性化深さは平均 7.3 mm、塩化物イオン量は 0.86 kg/m³ であった。中性化深さはコンクリートの設計基準強度が高いため小さく、塩化物イオン濃度は海砂の使用による内在塩分の影響で比較的大きいものの、鉄筋腐食が生じる可能性は小さいと考えられる。これらの結果より、

PC 桁については現状では中性化、塩害に対して十分な耐久性を有するものと考えられる。

4.2 長期供用を見据えた課題

山陽新幹線の PC 桁を今後も長期にわたって健全に供用していくにあたっての課題は、4.1 劣化状態の評価を踏まえると、PC グラウト充填不足に伴う主ケーブルの腐食対策が最も重要であると考えている。このため、3.1 で示した PC グラウト不足対策は今後も継続して実施していくこととしているが、さらに主ケーブルの防食機能を向上させるためには、以下の課題があると考えている。

- 削孔目視調査は桁端部における点の情報であり、支間中央部などの PC グラウトの状態をケーブル全長において確認できていない。
- PC グラウト再注入した箇所において、確実に PC グラウトが充填されているかを確認できていない。

これら課題に対するさらなる削孔目視調査は、主桁損傷の影響を考慮すると望ましくなく、現在、非破壊検査に着目し、4.3 広帯域超音波法の適用に向けた取り組みを行っている。

また、山陽新幹線では、4.1 (1) で示したすでに主ケーブルの腐食が著しい PC 桁や、3.3 で示したひび割れからの漏水が生じている PC 桁など、主ケーブルの腐食の進行を止めることが困難な PC 桁も確認されている。これらの PC 桁については、主ケーブルの腐食や破断を想定して適切に対応できる維持管理が求められる。しかし、主ケーブルの腐食や破断の状態を実橋梁において的確に把握することは困難である。また、PC グラウト充填不足部での主ケーブルの腐食や破断は、腐食生成物による膨張圧がコンクリートに作用しにくいことから、外観変状に現れにくい。このことを踏まえて劣化シナリオを想定した場合、主ケーブルの破断が相当程度進行した段階で、外観変状として突然曲げひび割れが生じる可能性があり、この段階では桁の健全性は大きく低下していることから、構造物の供用を制限する事態に至ることが危惧された。このことから、少なくとも PC 桁全体の健全性の低下を確実に検知でき、山陽新幹線において供用制限を生じさせない対策の開発が必要であると考えた。そこで現在、4.4 外ケーブル張力モニタリング方式の開発を進めている。

さらに、山陽新幹線の全 PC 桁の維持管理を効率的に実施するためには、PC 桁の劣化状態を適切にグレーディングして、優先度の高い PC 桁から順次対策を講じる必要がある。PC グラウト充填不足による主ケーブルの腐食は、外観の変状には現れにくいいため、現行の外観変状から判定される検査結果に基づくグレーディングは、適切な劣化状態の評価とならない。このことから、これまでの削孔目視調査による主ケーブルの腐食状況やその他の詳細調査、補修履歴なども考慮して評価することが重要と考えられる。そこで 4.5 PC カルテの作成と維持管理管理方法の検討を進めている。

4.3 広帯域超音波法の適用に向けた取り組み

PC グラウト状態を調査する非破壊検査の手法には、X 線透過測定法や衝撃弾性波法¹²⁾、広帯域超音波法などが

ある。このなかで、広帯域超音波法は道路橋などで実用化されている手法であるものの、山陽新幹線 PC 桁のかぶりやシース径などの仕様のもとでの超音波の挙動や物理的なメカニズムに関して不明点がある。このことから、山陽新幹線の PC 桁への適用にあたって、グラウト充填状態の判定基準や計測精度について検証が必要と考え、現在、写真 - 4 に示すように、山陽新幹線 PC 桁の仕様を模擬した供試体を用いて実験的検討および解析的検討を行っている。今後、これらの結果を踏まえて、山陽新幹線 PC 桁に適した計測方法や判定基準を作成し、実橋梁での計測精度の向上につなげる予定としている。



写真 - 4 広帯域超音波法の計測状況

4.4 外ケーブル張力モニタリング方式の開発

外ケーブル張力モニタリング方式（以下、外ケーブル方式と呼ぶ）は、図 - 8 に示すように、内ケーブルの破断が想定される PC 桁に対して、あらかじめ外ケーブルを設置し、外ケーブルの張力をモニタリングすることによって PC 桁の健全性を監視するとともに、健全性の低下が確認された場合には、外ケーブルを再緊張して性能を速やかに回復することを意図した維持管理方式である。なお、健全性が低下する前に外ケーブルを設置することから、外ケーブルはフェールセーフの機能も期待できる。

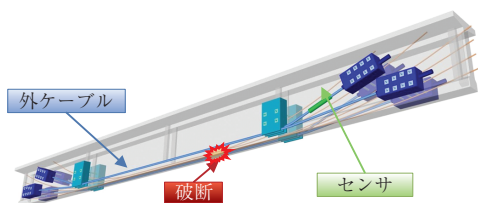


図 - 8 外ケーブル張力モニタリング方式

外ケーブル方式に関する開発は、2009 年度から実験や解析による検討を開始し、2013 年 3 月には山陽新幹線 PC 桁で試験施工を実施した¹³⁾。試験施工完了後の写真を写真 - 5 に示す。その後、試験施工橋梁で得られた計測データを分析するとともに、内ケーブル破断時の解析シミュレーションから、外ケーブル方式のモニタリング方法について検証を行い¹⁴⁾、その有効性が認められたため、現在、維持管理の導入に向けた取り組みを推進している。

ここで、現在、実用化を予定している PC 桁の健全性モニタリング方法について紹介する。モニタリング方法の概要を表 - 3 に示す。モニタリングにおける健全性低下の



写真 - 5 試験施工完了後の状況

検知目標は、主桁の曲げひび割れ発生時点としている。つまり、モニタリングは、主桁に曲げひび割れが発生すると主桁の剛性が低下し、たわみや外ケーブル張力が増加することから、列車通過時の外ケーブル張力増分 ΔT を経時的に計測することによって、その変化をとらえることとしている。列車通過時の外ケーブル張力増分 ΔT をモニタリングの管理指標としているのは、モニタリングにおいて課題となる温度変化の影響を除去し、活荷重作用時の外ケーブル張力変化量で評価するのがよいと判断したためである。そして、モニタリングは計測値 ΔT_M と閾値 ΔT_A を比較することによって行うが、閾値 ΔT_A は、曲げひび割れ発生時の外ケーブル張力増分の変化量を推定して設定する必要があり、主桁部材に非線形ファイバー要素を用いた 3 次元非線形格子解析を行い推定している¹⁴⁾。

表 - 3 モニタリング概要

項目	概要
検出目標	主桁の曲げひび割れ発生時点
対象列車	営業列車
管理指標	列車通過時の外ケーブル張力増分 ΔT
評価方法	$\Delta T_M < \Delta T_A$: 健全
各主桁の評価	各主桁の外ケーブル張力

ここに、 ΔT_M : 計測値、 ΔT_A : 閾値

なお、外ケーブル張力の計測には、図 - 9 に示す構造の磁歪式の張力センサを用いている。このセンサは計測対象である強磁性体の応力が増加すると、強磁性体内の磁界が減少するという応力磁気効果を原理としており、永久磁石により一定磁界を発生させ、PC 鋼材の応力によって変化する磁界を磁界検出センサにて計測し、張力を算出するものである¹³⁾。このセンサは、列車通過時の動的な張力を計測できる特徴がある。

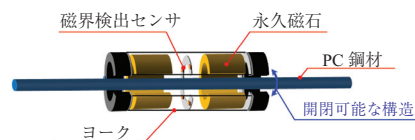


図 - 9 張力センサの構造概要

また、モニタリングにより、健全性の低下が確認された場合には、早急にその情報を伝達し、適切な対策を講じる必要がある。そこで、図 - 10 に示す計測管理システムを構築している。管理システムにおいて、計測データは即時、無線通信により別の箇所に構築したサーバに送信さ

れ、サーバで、計測データの分析および健全性の評価を自動的に行うものである。また、健全性の低下を検知した場合には、関係者へ速やかに通知するシステムとなっている。また、サーバに格納された計測データは、インターネット回線を通じて、関係者がリアルタイムに確認できるものとなっている。

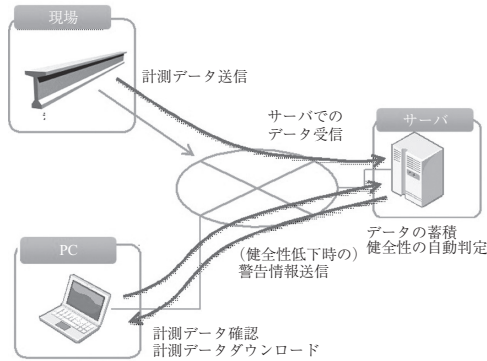


図 - 10 計測管理システムの概要

4.5 PC カルテの作成と維持管理方法の検討

山陽新幹線 PC 桁では、これまでに様々な調査や修繕を実施し、維持管理上有用なデータを得ているものの、これらが必ずしも有効に活用できていない状況があった。これは、調査や修繕の記録を維持管理に活用しやすいように再編集する仕組みがなく、必要な情報が容易に調べられなかったことによるものと考えられる。このため、これまで検査・修繕の履歴を構造物毎に再整理して、一元管理するツールとして「PC カルテ」の整備を進めている¹⁵⁾。PC カルテの構成を表 - 4 に示す。

表 - 4 PC カルテの構成

No.	項目	内容
1	桁諸元	PC 桁の概要
2	通常全般検査履歴	検査結果概要を時系列で整理
3	特別全般検査履歴	検査結果概要を時系列で整理
4	変状展開図	特別全般検査および通常全般検査で得られた変状展開図
5	PC グラウト再注入・PC 鋼材腐食に関する調査	PC グラウト再注入および調査実績を主桁ごとに整理
6	その他・検査補修実績	個別検査・役務調査・補修履歴を整理
7	相関図	No.4 と No.5 を重ね合わせて、外観と内部の相関性を整理
8	維持管理方針	No.1～7 を総括し、今後の維持管理に関する着眼点等を整理

PC カルテは、検査の精度向上や修繕検討時の基礎資料として役立てるほか、主ケーブルの状態（腐食や PC グラウト充填状況）と外観状態との相関性の検討にも用いることとしている。また、構造物ごとの PC カルテを集約して、山陽新幹線 PC 桁全体の劣化状態のグレーディングや、予防維持管理を念頭においた維持管理戦略の基礎資料としても役立てる予定としている。

なお、PC カルテの整備は、2013 年度に約 130 連の試作を開始し、課題抽出および今後の整備方針を検討した上で、2015 年度より本格的に整備を開始している。

5. おわりに

厳しい塩害環境下に置かれた PC 桁や凍結防止材の散布の影響をうける PC 桁において、主ケーブルが破断するなどの重大事象や架け替えに至った PC 桁の事例が報告されている。山陽新幹線においては、主ケーブルの破断に至った事例は現在のところ確認できていないが、長期的な視野で俯瞰すると、主ケーブルの腐食程度が著しい箇所や、漏水が止まらない箇所があり、主ケーブルの破断に至る可能性は否定できない。今後、長期にわたって山陽新幹線を安全に供用していくために、必要な技術開発を継続して進めるとともに、各機関で行われている技術開発成果も取り入れながら、安全・安定輸送に資するよう十分な対策を講じて行きたい。

最後に、山陽新幹線 PC 桁の維持管理の検討にあたって、日本材料学会「持続可能な鉄道コンクリート構造物に関する検討委員会」の各委員に、多くの有益な意見をいただきました。ここに、深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：山陽新幹線コンクリート構造物検討委員会報告書，2000
- 2) 日本国有鉄道大阪新幹線工事局：山陽新幹線新大阪岡山間建設工事誌，1972
- 3) 日本国有鉄道大阪工事局：山陽新幹線工事誌 岡山・大門間，1975
- 4) 日本国有鉄道広島新幹線工事局：山陽新幹線工事誌 大門・小瀬川間，1975
- 5) 日本国有鉄道下関工事局：山陽新幹線工事誌 小瀬川・博多間，1976
- 6) 石橋忠良，中原繁則，西山佳伸：PC グラウトの配合および注入方式に関する研究，プレストレストコンクリート，Vol.27, No.6, pp.58-69, 1985
- 7) プレストレストコンクリート技術協会：PC グラウトの設計施工指針，2005
- 8) 桜段 勇：PC 鋼材の破断について，第 15 回建造物検査技術講演会記録，日本国有鉄道，pp.37-53, 1983
- 9) 荒木弘祐，吉田経夫，三間谷将光：鋼製の PC 横締め突出防止工の開発，日本鉄道施設協会誌，Vol.42, No.4, pp.302-304, 2004
- 10) 松井隆行，長谷俊彦：床版防水による PC 橋の予防保全，第 19 回プレストレストコンクリート工学の発展に関するシンポジウム，Vol.52, 2010
- 11) 西日本旅客鉄道(株)：PC 構造物維持管理の手引き，2012
- 12) プレストレストコンクリート工学会：コンクリート構造診断技術，2013.4
- 13) 村田一郎，及川雅司，大坪正行，森川英典：鉄道 PCI 形桁の外ケーブル破断を想定した維持管理，プレストレストコンクリート，Vol.55, No.6, pp.66-73, 2013
- 14) 湯浅康史，森川英典，中上晋志：鉄道 PCI 形桁の外ケーブル張力モニタリング方式の管理方法に関する検討，第 24 回プレストレストコンクリート工学の発展に関するシンポジウム，Vol.98, 2015
- 15) 近藤拓也，湯浅康史，丸山直樹：PC 桁の予防維持管理に関わるカルテ作成の取り組み：日本鉄道施設協会誌，Vol.52, No.3, pp.225-227, 2014

【2015 年 9 月 25 日受付】