

阪神高速道路の山岳トンネルにおける PC 舗装調査

内外構造(株) 正会員 ○前川 敬彦
 阪神高速道路(株) 植田 拓磨
 阪神高速技術(株) 伊藤 全次郎

1. はじめに

阪神高速道路では、山岳トンネルの PC 舗装版に縦断方向や横断方向のひび割れが多数発生（写真-1 参照）し、縦断方向が卓越している。また、過年度の補修時には PC 鋼材の破断も確認され、舗装としての健全性の低下が懸念された。本稿では、舗装の健全性に着目した調査として、追越車線で実施した FWD 調査、空洞調査、支持力測定および物性値調査、ならびに走行・追越車線で実施した PC 鋼材調査の結果を報告する。

2. 舗装構成

舗装構成および設計値を図-1 に示す。本舗装は、厚さ 195～295mm の下層路盤および厚さ 150mm の上層路盤上に、厚さ 150mm（端部は 250mm）、長さ 100～130m の PC 舗装版が 1 車線ずつ舗設されている。また、調査範囲の 8 割程度は厚さ 50mm のオーバーレイ舗装が実施されている。PC 鋼材は、縦断方向では $\phi 12.7\text{mm}$ の PC 鋼より線が 300mm ピッチ、横断方向では $\phi 13\text{mm}$ の PC 鋼棒が 800mm ピッチで設置されている。

3. 調査方法

FWD 調査および空洞調査は、オーバーレイ舗装の実施箇所を含めて実施した。縦断方向は PC 舗装版の厚さ 150mm の範囲を 10m ピッチとし、横断方向は進行方向右側タイヤ付近（PC 舗装版端部から 1000mm、写真-2 参照）の計 574 箇所を実施した。FWD 調査では、旧 Carl Bro 社製の車載型 FWD で、センサが 10 個のタイプを使用した。載荷荷重は、PC 舗装版であることを考慮し、98kN とした。空洞調査では、GSSI 社製の電磁波レーダを使用し、FWD 載荷点の空洞の有無を探查した。

支持力測定は、FWD 調査結果を踏まえて 6 箇所選定し、開削調査した。上層路盤を露出し、路盤の目視や東京測器研究所製の小型 FWD で K_{75} 換算値（以下、K 値という）を算出した。

物性値調査は、調査範囲が概ね網羅できるように 7 箇所選定した。コンクリートコア試料（ $\phi 68\text{mm} \times 150\text{mm}$ ）を各 3 本採取し、圧縮強度および静弾性係数試験を実施した。

PC 鋼材調査は、オーバーレイ舗装の未実施箇所を対象とし、ひび割れ箇所で 9 箇所、外見上健全な箇所で 3 箇所の計 12 箇所を実施した。PC 鋼材をはつり出し、シース、グラウトおよび PC 鋼材の状態を確認した。

4. 調査結果

FWD 調査、空洞調査、支持力測定および物性値調査の結果（追越車線）を図-2 に、PC 鋼材調査の結果（走行・追越車線）を表-1 に示す。なお、図-2 では、電磁波レーダで空洞の可能性がある箇所を ● で、PC 鋼材の破断箇所を ▲ で表記した。また、実線枠は K 値を、破線枠の上段は圧縮強度を、同枠下段は静弾性係数を示し、矢印は調査箇所を示す。表-1 の着色は PC の変状を確認した箇所を示す。FWD 調



写真-1 ひび割れ状況

PC舗装版	$\sigma_{ck} = 34.3\text{N/mm}^2$ $E_c = 31.9\text{kN/mm}^2$	150mm
上層路盤 (粒調碎石0～30mm)	路盤 $K_{75} = 74.5\text{MN/m}^3$	150mm
下層路盤 (トンネルズリ)		195mm 295mm

図-1 舗装構成および設計値



写真-2 FWD 調査状況

キーワード PC 舗装、たわみ、FWD

連絡先 〒541-0053 大阪府大阪市中央区本町2-5-7 内外構造(株) TEL 06-6484-7110

査では、D0 および D1500 のたわみ量は、No.140 付近までは全体的に小さく、かつ安定していた。No.140 付近以降から No.500 付近までは、たわみ量の大きい箇所が多く、1mm 以上発生している箇所も見られた。No.500 付近以降は全体的に大きかった。空洞調査では、PC 舗装版の底面に空洞の可能性ある箇所は D0 たわみ量の大きな箇所と概ね一致した。なお、調査範囲は、全体的に各センサの最大たわみが発生する時間が非常に短いことから、PC 舗装版と路盤間の隙間が全体的に発生していることが想定される。K 値および圧縮強度はいずれも設計値以上であったが、静弾性係数は設計値未満であった。PC 鋼材調査では、PC の変状は横断方向で多く発生する傾向にあった。また、縦断方向ではシースの腐食など外面の変状が主体であったが、横断方向では PC 鋼材の腐食など内部の変状も多く発生しており、劣化がより進行している状況が窺えた。PC 鋼材の破断箇所は D0 たわみ量の大きな箇所と一致した（No.198,230 の PC 鋼材破断は支持力測定時に確認）。

なお、たわみ量と K 値の大小関係が一致しない箇所が見られる。これは、舗装変状の有無や状態、範囲などの差が影響したと考えている。また、本トンネルでは湧水が多数発生している。路面上にまでは流出していないが、PC 舗装版と側溝の境目付近に流出している箇所が一部で見られた。開削調査箇所では、上層路盤に水や水の存在を窺わせる状態は確認できなかった。

- 上記の調査結果を踏まえて、以下に考察をまとめる。
- ・ PC 舗装版のひび割れは、横断方向の PC 定着部から侵入した湧水により横断方向の PC 鋼材が最初に腐食した。次に、交差する縦断方向の PC 鋼材にも腐食が進展し、それらの腐食膨張で発生したと考えられる。
 - ・ 静弾性係数が若干低くなっているが、コンクリート強度は問題ない。また、路盤の支持力についても問題ない。一方で、D0 たわみ量は、空洞の可能性ある箇所のほか、PC 鋼材の破断箇所でも大きくなっている。これらを踏まえると、D0 たわみ量の比較的大きな箇所については、PC 舗装版としての健全性が低下していると考えられる。

5．おわりに

本調査では、PC 舗装版の健全性が局所的に低下した可能性があることがわかった。しかし、PC 舗装版の変状の有無や K 値、コンクリート物性値などは一部の箇所しか把握できていない。また、健全性の低下度合いについても評価できていない。舗装としての健全性は現在検討中の逆解析手法と合わせて評価し、今後の補修方針を決定していく予定である。

表-1 PC 鋼材調査結果（走行・追越車線）

車線	路面の変状	調査箇所No	縦断方向			横断方向		
			シーす	グラウト	PC鋼材	シーす	グラウト	PC鋼材
走行	健全	496付近	健全	健全	健全	健全	健全	健全
	ひび割れ	501付近	腐食	不明	腐食・破断	腐食	不明	腐食・破断
	ひび割れ	558付近	健全	健全	健全	腐食	未充填	腐食
	ひび割れ	562付近	健全	健全	健全	腐食	未充填	腐食
	ひび割れ	569付近	腐食	健全	健全	腐食	未充填	腐食
	健全	570付近	健全	未充填	腐食	健全	健全	健全
追越	ひび割れ	488付近	腐食	健全	健全	腐食	健全	腐食・破断
	ひび割れ	490付近	腐食	未充填	腐食・破断	-	-	-
	ひび割れ	502付近	腐食	健全	健全	腐食	未充填	腐食
	健全	502付近	健全	健全	健全	健全	健全	健全
	ひび割れ	561付近	腐食	健全	健全	腐食	未充填	腐食
	ひび割れ	573付近	腐食	健全	健全	腐食	未充填	腐食

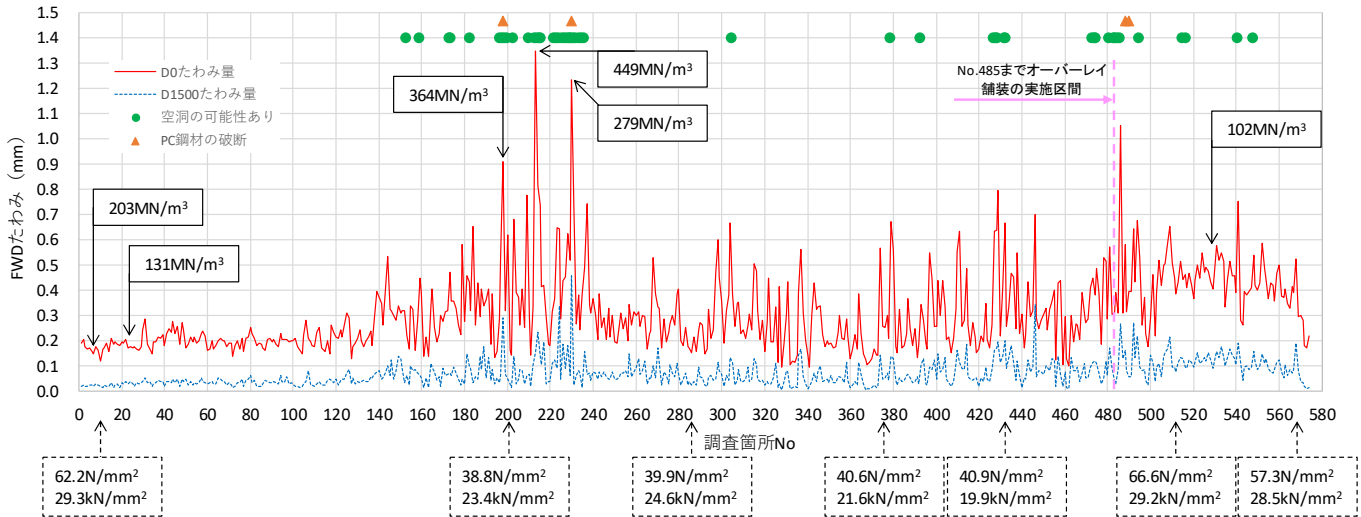


図-2 FWD 調査，空洞調査，支持力測定および物性値調査結果（追越車線）