

日本海沿岸地域を結ぶ高規格幹線道路

日本海東北自動車道(あつみ 温海～つるおか 鶴岡)の建設

堀 喜代志*1

赤坂 浩*2

石井 宏幸*3

浅野 仁*4

1. 事業概要

日本海沿岸東北自動車道は、新潟県・山形県・秋田県の日本海側の主要都市を結び青森県に至る延長約322kmの高規格幹線道路であり、日本海側を南北に縦貫し、生活・産業・文化等広域的な連携・交流や、環日本海交流の推進を図る上で欠かすことができない重要な路線である。

その一部となる日本海東北自動車道(通称：日東道)温海～鶴岡は、温海インターチェンジ(仮称)から山形自動車道との鶴岡ジャンクション(仮称)に至る山形県鶴岡市に位置する延長約26kmの路線であり、災害時の代替路確保、観光振興の支援および第三次救急医療施設への搬送時間短縮等の効果が期待されている(図1, 2, 表1)。

平成9年に施行命令が出され事業に着手し、平成16年1月に新直轄方式に移行し整備を進めている(表2)。

26km区間のうち、山地部を通過する起点側を中心に約5割がトンネルや橋梁の構造物となり、最も長い(供用すれば東北で一番長い道路トンネルとなる)温海トンネル(仮称/延長6,022m)のほか4本の

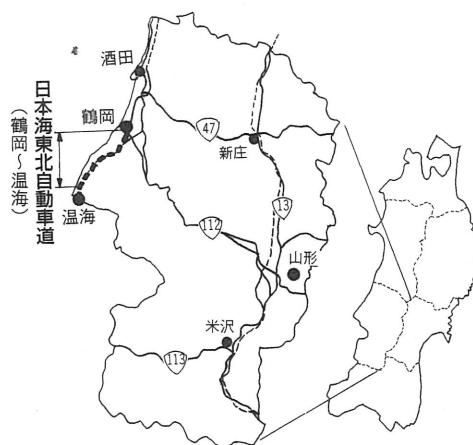


図1 日本海東北自動車道(温海～鶴岡)の位置

表1 計画諸元

区間	起点	鶴岡市大岩川
	終点	鶴岡市山田
延長	26km	
標準幅員	暫定12.0m(2車線)	
構造規格	第1種第2級	

表2 事業経緯

平成3年12月	基本計画決定
平成8年12月	都市計画決定
平成8年12月	整備計画決定
平成9年12月	施行命令
平成16年1月	新直轄方式に移行
平成23年度	暫定2車線供用予定

トンネルを建設しており、トンネルの総延長は約12kmになる。

温海～鶴岡間の全体の進捗状況としては5本のトンネルは全て貫通し、11橋ある橋梁も全て完成して

*1 国土交通省 東北地方整備局 酒田河川国道事務所 副所長
*2 同 上 工務第二課長
*3 同 上 建設監督官
*4 鹿島道路(株) 北日本支店 小波渡トンネル舗装工事現場代理人
CONSTRUCTION OF NIHONKAI-TOHOKU EXPRESSWAY(BETWEEN ATSUMI AND TSURUOKA) (by Kiyoshi HORI, et al.)

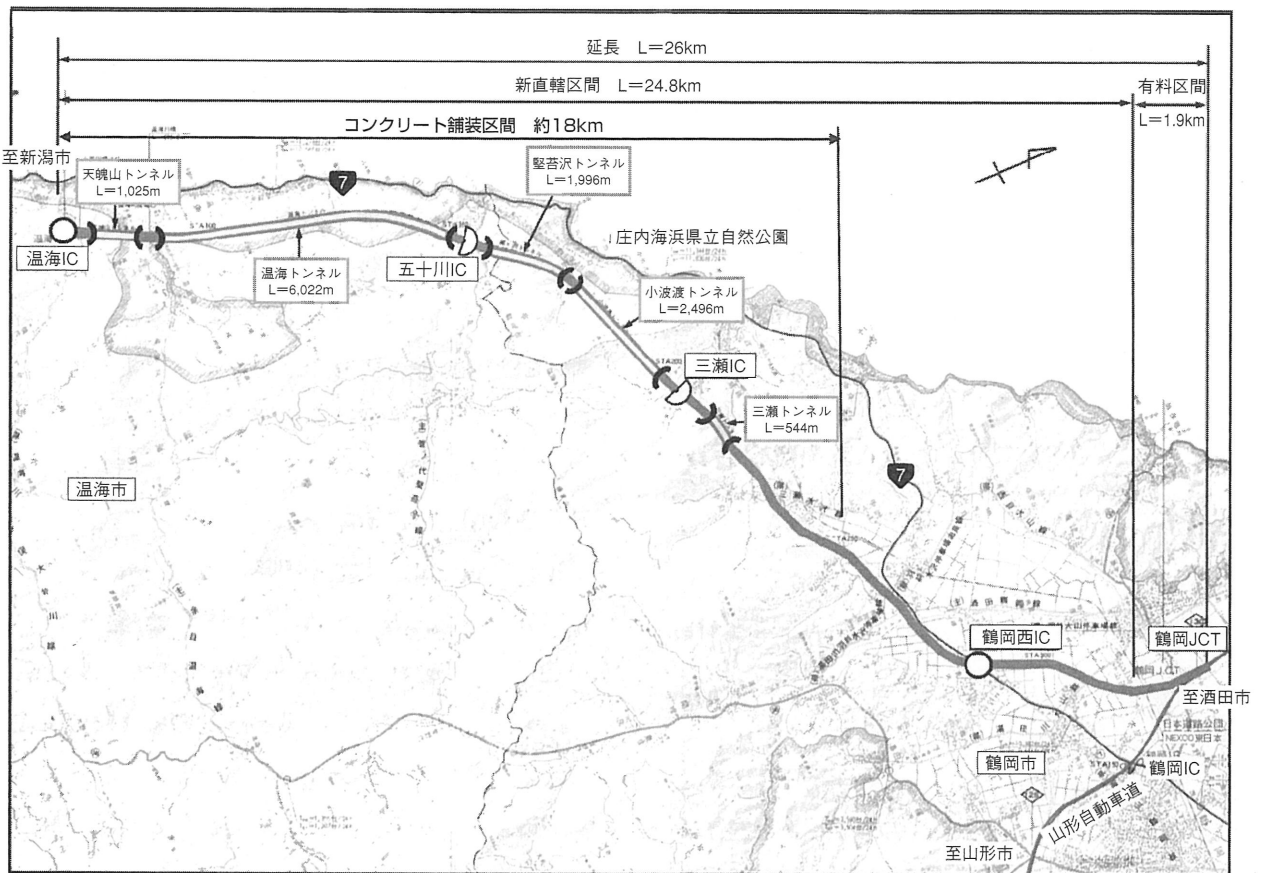


図2 日本海東北自動車道(温海～鶴岡)位置図

いる。切土や盛土等の工事についても道路の形が見えてくる程度まで仕上がっており、平成22年度から舗装工事に着手している。

2. コンクリート舗装について

温海～鶴岡間の舗装種別の選定は地盤の状況、構造物の配置状況、周辺の状況およびコスト等から最適な舗装の種類を選定することとしており、起点側の山地部の切土区間は、トンネル区間が長いこと、比較的地盤が良好なことおよび周辺に人家も少なく騒音の影響も少ないことから、トータルコストに優れたコンクリート舗装とし、終点側の田園部の盛土区間については、軟弱地盤を通過することからアスファルト舗装としている。また、コンクリート舗装は耐久性・走行性を考慮し、連続鉄筋コンクリート舗装(CRCP)とした。コンクリート舗装は起点側のトンネル群を中心に約18km区間となる。

平成22年度から舗装工事に着手しており、コンクリート舗装は平成23年3月までに5件で、約4.6km

を施工している。

施工に当たっては、疲労破壊輪数と平坦性の性能指標に適合する舗装構造と施工方法等の提案を求めている。

3. 特徴的な技術および成果

延長2,496mの小波渡トンネル内のコンクリート舗装工事では、工期短縮、コスト削減、品質向上の観点からスリップフォーム工法での施工とした。トンネル内を他工事の工事車両が通過する必要があり、施工中でも1車線を確保することが求められたため、1車線ごとの施工となった。

小波渡トンネル内の舗装工事で実施された特徴的な技術とその効果を以下に紹介する。

(1) 新型スリップフォームペーパーの導入

舗装工事は1車線ごとに施工を実施する必要があり、大型のスリップフォームペーパーでは施工が困難であった。そこで当該工事では、片側1車線ごとの施工に対応した次世代型スリップフォームペーパーを

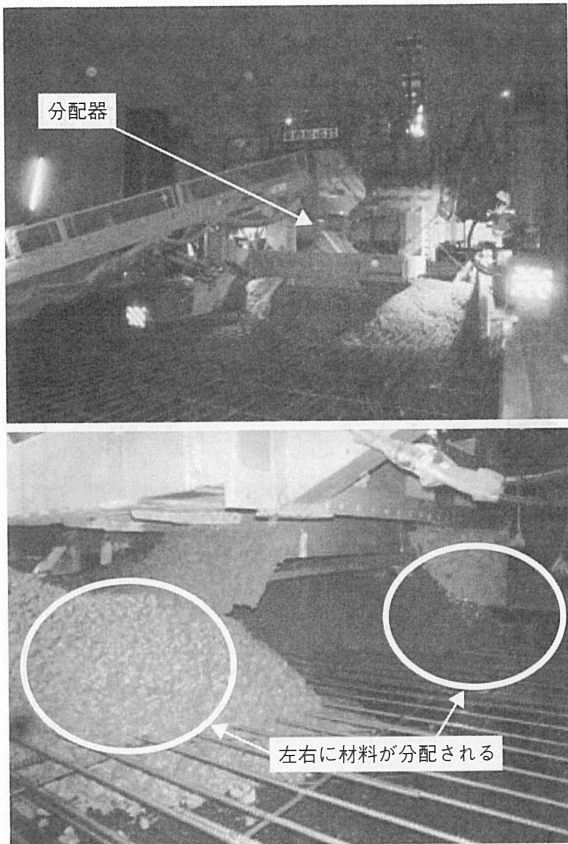


写真1 材料供給および分配器

採用した。同機は、施工時の全長、全幅がともに6.5m程度でコンパクトな形状であるだけでなく、新型機種であるため、施工性も大きく改善することが可能である。具体的な機能の例をいくつか紹介する。

① 情報処理能力が大きく向上した最新鋭の専用

車載コンピュータが搭載されている。計器は見やすい位置に配置され、イラスト表示や日本語表示が可能となっているため、オペレータは機械の稼動状況を瞬時に把握することができ、よりきめ細やかな操作をすることが可能である。

② 材料供給は供給バルコンを採用したため、材料横取り機等の機械が不要となり、機械編成を縮小することが可能となった。さらに材料供給は、従来は機械中央の1個所のみに供給するシステムであったが、新たに開発された分配装置を装備して2個所に荷卸しするシステムを採用した。その結果、スプレッド前面へ均一に材料供給ができるようになり、材料分離防止に貢献することができた(写真1)。

(2) 三次元マシンコントロールシステムの導入
通常、スリップフォームペーバの敷均し高さや方向性の制御はセンサワイヤを設置して実施するのが一般的である。しかし、この方法では、センサワイヤ取付けに手間と時間を要するだけでなく、ワイヤ取付け側の通行が困難となる。

そこで当該工事では、三次元マシンコントロールシステム(3D-MC)をスリップフォームペーバで利用することとした。3D-MCでは、センサワイヤに替えて2台のトータルステーション(TS)を用いて

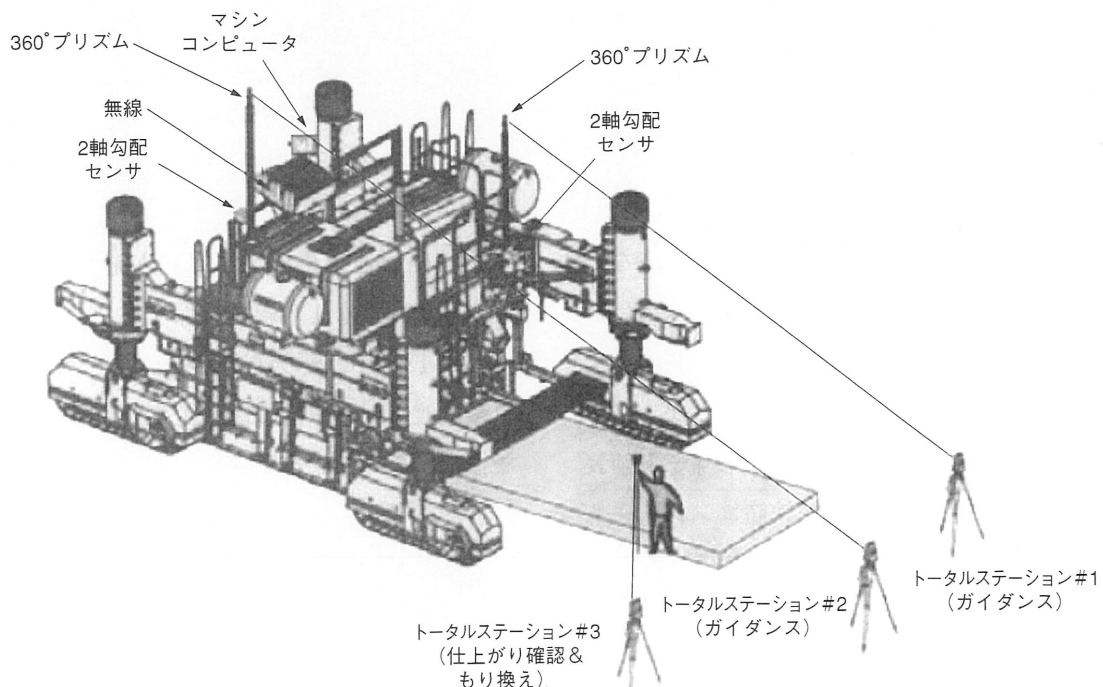


図3 3D-MCシステムの概要

表3 コンクリートの配合

呼び強度 (N/mm ²)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
						水 W	セメント (BB) C	細骨材 S		粗骨材 G	
								粗砂	細砂	2005	4020
4.5	40	4	5.5	41.2	36.9	136	330	464	199	832	357

機械制御を行った。また、センサワイヤへの接触、ワイヤ支持支柱の破損に考慮する必要がないために、通路の余裕を確保することが可能となり安全性の向上、および打設エリア周辺作業の施工性向上にも寄与することができた。

コンクリート打設には、高精度TSを用いた最新鋭の情報化施工技術を導入することにより出来形精度の向上を図ることができた(図3)。

(3) コンクリートの品質管理について

舗装の標準仕様基準として、水セメント比(W/C)は55%以下という規定がある。しかし、本工事では曲げ強度確保の確実性のみならず、施工個所がトンネル内とはいえ積雪寒冷地であることを考慮して、耐凍害性および凍結防止剤の浸食防止の観点からW/Cの基準値を45%以下として配合設計を実施した。

また、今回はスリップフォーム工法を適用するため、スリップフォームペーパー通過後、打設されたコンクリート側面は自立する必要がある。そこで、これまでの実績を考慮し、細骨材率(s/a)を35~38%とする基準値も設けて配合設計を実施した。今回適用したコンクリートの配合表を表3に示す。

配合設計完了後は、使用する生コンの施工性の確認を行った。近年の研究ではコンクリートの施工性を考慮した場合、スランブ試験や空気量試験のみでは十分に施工性を評価できない場合があることが指摘されている¹⁾。スリップフォーム用の生コンの施工性には、「締固め性」や「変形抵抗性(自立性)」を確保することが重要であり、評価試験方法は全国生コンクリート工業組合連合会が発表している²⁾。しかし、同評価方法は大型機械が必要であり、舗装用のコンクリートを対象としていない。そこで、現在開発中である舗装スリップフォーム用コンクリー

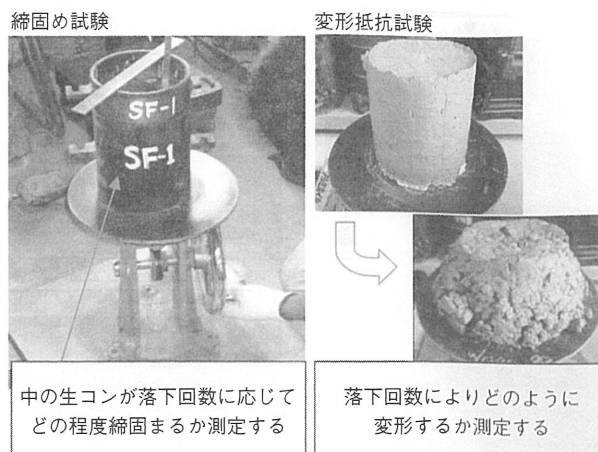


写真2 締固め試験と変形抵抗試験の概要

トの評価試験法³⁾を使用して、事前に当該現場で使用する生コンの「締固め性」と「変形抵抗性」の特徴を把握し、品質向上に繋げた(写真2)。

施工時には、生コンのコンシステンシーおよびワーカビリティを保持するため、ダンプトラックは使用せずにアジテータトラックを使用して生コンを運搬した。事前に工場から現場までの運搬時間における生コンのスランブおよび空気量の損失量を把握し、出荷時に設定するスランブおよび空気量に反映させた。

また、今回使用するAE減水剤は高機能型であるが、この種のAE減水剤の中にはある程度の時間が経過すると急激に生コンのスランブおよび空気量が減少するものもある。そこで、トンネル延長が2 km以上あり、片側1車線での運搬となるが、出荷から施工までの許容時間を90分以内として、トンネル内でのトラックの走行位置、台数および待機場所等を入念に計画して実行した。

(4) 平坦性の確保について

前述のように当該現場では3D-MCシステムを使用し、より高品質な施工を目指した。また、日々の施工目地の仕上がりは乗り心地への影響が大きい

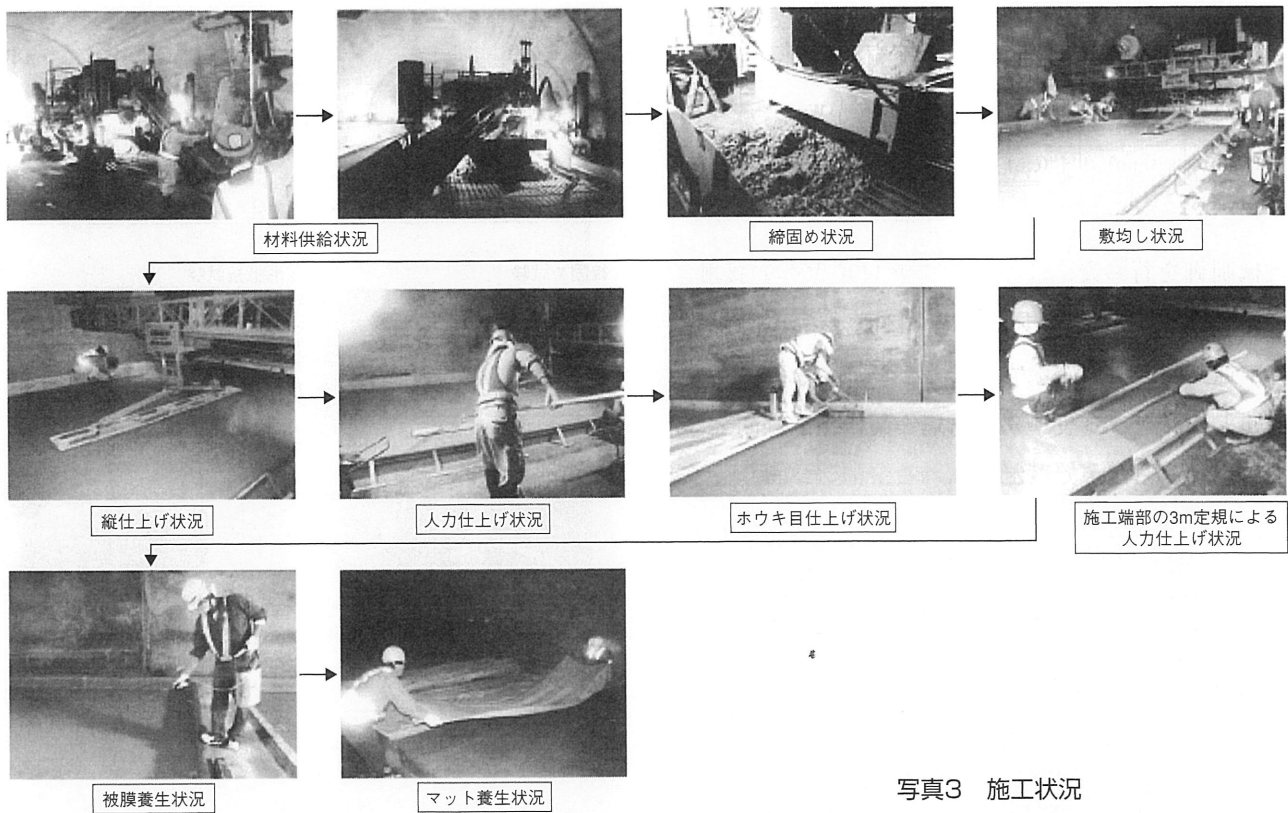


写真3 施工状況

め、アルミ製 3 m定規で段差を点検し、調整を行った(写真3)。

平坦性の数値としては現れにくいものの、ほうき目仕上げの凸部が振動となって、不快な振動となる場合がある。そこで、事前に試験施工を実施してほうき目仕上げ方法について十分な議論をして施工方法を確定するとともに、その重要性を施工担当者に認識してもらった。

施工後に 3 mプロファイルメータによる平坦性(σ)、MRPによるIRIを測定した(写真4)。その結果は、図4に示す。また、図5に示す簡易路面測定車⁴⁾により走行時に車軸に生じる衝撃加速度を測定し、路面凹凸の評価を行うとともに、データを蓄積して今後の施工技術の向上に繋げることとした。

(5) 導入技術の効果

コンクリートの打設には、スリップフォームペーパーが通過後に側面が崩れる、いわゆる肩ダレ(エッジランプ)が発生することがなく、また締固め不足によるひび割れやジャンカ等の発生もなく、良好な状況を確認することができた。

一方、3D-MCシステムの導入により、施工の安

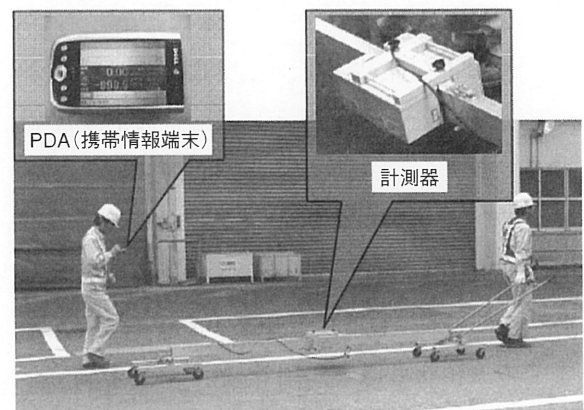


写真4 MRPによるIRI試験方法

全性、合理性が確保できた。また、路面の仕上がりは、平坦性が上り車線1.08mm、下り車線1.13mm、IRIが上り車線1.59m/km、下り車線1.71m/kmとなり良好な車両走行性が得られていることがわかった。

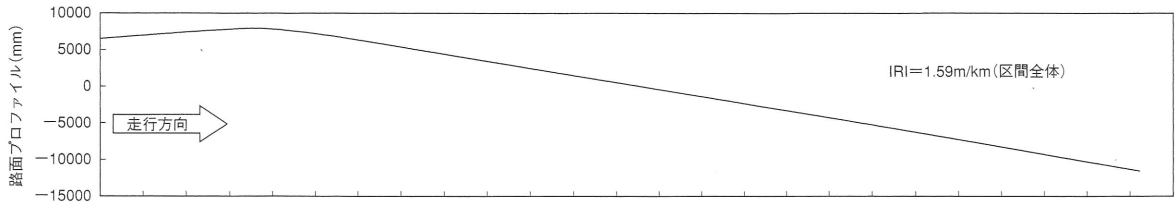
4. 今後の展開

コンクリート舗装区間のうち、残る区間についてトンネル工事が完成している温海トンネル、^{かたのりざわ}堅苔沢トンネルなどの施工を順次進める予定である。

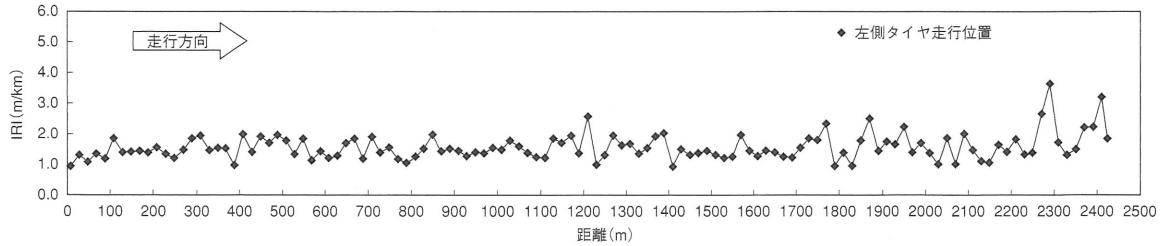
コンクリート舗装の最大の長所である疲労抵抗性を最大限発揮し、長期間の使用に耐える舗装を目指

上り車線(終点→起点)

(a)路面プロファイル

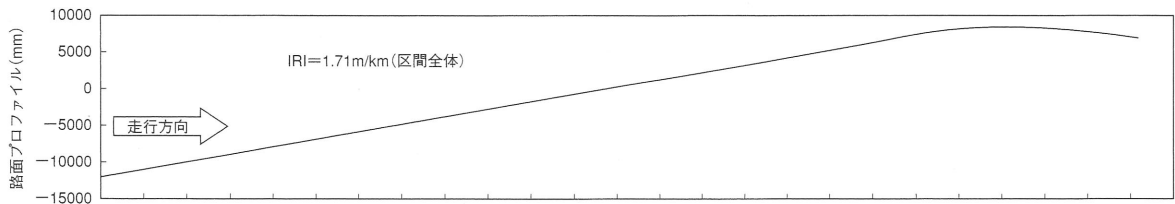


(b)IRI(20mごと)



下り車線(起点→終点)

(a)路面プロファイル



(b)IRI(20mごと)

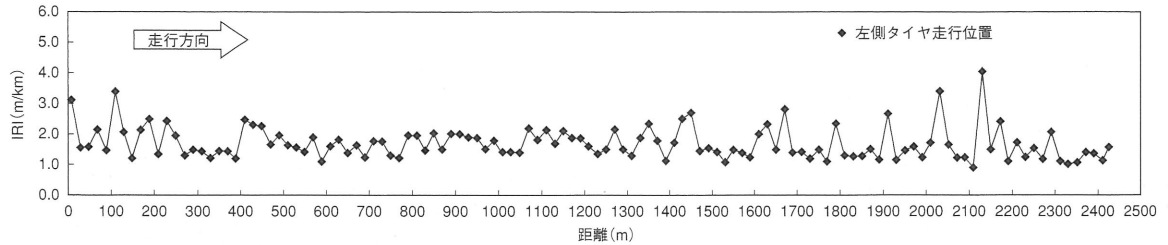
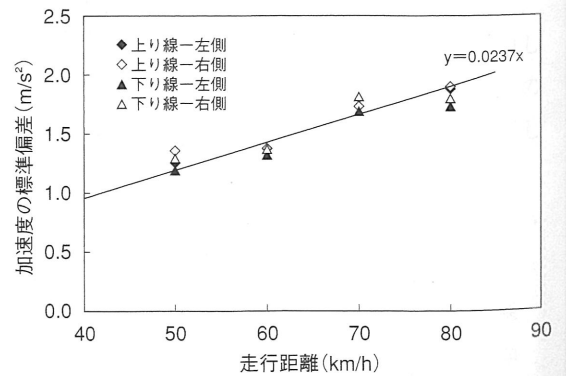


図4 路面プロファイルとIRI試験結果



前輪車軸に発生する加速度の標準偏差

車線	測定箇所	加速度の標準偏差 (m/s ²)			
		50km/h	60km/h	70km/h	80km/h
上り車線	左側車軸	1.25	1.33	1.73	1.88
	右側車軸	1.36	1.37	1.72	1.90
下り車線	左側車軸	1.19	1.32	1.69	1.73
	右側車軸	1.29	1.37	1.81	1.80



走行速度と加速度の標準偏差の関係

図5 簡易路面測定車の概要と測定結果

し施工業者と一体となって高品質のコンクリート舗装を構築していきたいと考えている。また、舗装はドライバーが直接利用する施設であることから、舗装性能は道路管理者だけでなく利用者にとっても重要であると考え、連続鉄筋コンクリート舗装の特徴である横目地がないことを活かし平坦性を確保し快適な乗り心地を提供することを念頭に工事を進めていきたい。

[参考文献]

- 1) (社)日本コンクリート工学協会/施工の確実性を判定するためのコンクリートの試験方法とその適用性に関する研究報告, 2009
- 2) 全国生コンクリート工業組合連合会/スリップフォーム工法用コンクリート製造マニュアル, 2003
- 3) 佐藤他/舗装用スリップフォームコンクリートのフレッシュ性状評価に関する一検討, 舗装, pp.19~24, 2010
- 4) 金井他/路面モニタリングのための加速度計等を搭載した簡易型測定車の開発, 第28回日本道路会議, 32P35, 2009

・お知らせ

第8回近藤記念講演討論会+浅賀記念会

311以降のインフラ再整備とセメントの役割を考えるために

思いもよらない大震災を被り、大変な事態となりました。短期的には復旧から復興へ、一丸となって前進しなくてはなりません。日本人の一人として、今、多くの人々が心を合わせて奮闘しておられる状況を、心から誇りに思います。

長期的には、インフラの再整備を適正に進めることが課題となります。そこで、私たちが今、心しなくてはならないことは、インフラ再整備の方向性を見極めること、さらに、その中でのセメントの在り方を考えることです。セメント技術を志した仲間が集まって、討論する機会を持ちたいと考えています。とくに若手諸氏のご参加をお待ちいたします。

3月11日、セメントを専門とする仲間の多くが一堂に会しておりました。帝京科学大学を定年退職する浅賀喜与志教授の記念講演会の会場でした。あの揺れは本当に恐ろしい体験でした。会も途中で中止を余儀なくされ、参加者の多くが帰宅難民となりました。また、第8回の近藤賞顕彰会は、例年通り東京工業大学・大岡山キャンパスで開催の予定でしたが、計画停電のあおりを受けたため、会場を変更いたします。

今回、浅賀記念会と近藤顕彰会をもとにして標記講演討論会を企画致しました。お誘い合わせの上、ご参集いただき、活発な意見交換をお願い致します。

日 時：2011年5月21日(土) (第65回セメント技術大会の翌日) 13:00~

場 所：(社)セメント協会研究所 3階会議室

(東京都北区豊島4-17-33 ☎03-3914-2691 JR京浜東北線王子駅からバス)

講演討論：

13:00~13:25 「災害列島におけるセメントの役割」 大門正機(東京工業大学名誉教授)

13:25~13:50 「高炉セメントコンクリートの性能に及ぼす養生の影響」 檀 康弘(新日鐵高炉セメント(株))

13:50~14:50 「石橋所長が入った東日本大震災の被災現場(仮題)」

石橋忠良(JR東日本 構造技術センター所長)

休 憩

15:00~15:30 「そごう流コンクリートにおける石灰石微粉末の役割(仮題)」 十河茂幸(広島工業大学教授)

15:30~16:00 「セメントの特性に及ぼす石灰石微粉末の影響(仮題)」 市川牧彦(太平洋セメント(株))

16:00~17:00 「セメント研究の来し方行く末(仮題)」 浅賀喜与志(帝京科学大学名誉教授)

参 加 費：無料(終了後に懇親会あり、飲食は各自持参)

申込み先：大門正機(daimon@a06.itscom.net) 5月13日をまでに80名で締め切らせていただきます。

ご氏名、ご所属、メールアドレス、講演会と懇親会のご参加意志をご連絡下さい。