

試験施工したプレキャスト ポーラスコンクリート舗装版の性能について

寒地土木研究所 耐寒材料チーム

○草間 祥吾

吉田 行

田口 史雄

積雪寒冷地においてポーラスコンクリート（以下：POC）を排水性舗装に適用するにあたって、室内試験によって耐久性や機能性を満足する配合条件等について既に過年度の研究で明らかにしてきた。^{1),2)}しかし現場施工の短縮化や実環境での耐久性や騒音低減効果の確認が更に必要なことから、本研究ではプレキャスト化させた POC 舗装版を製造し、試験施工を行い初期～8 ヶ月後の性能の確認を行った。その結果、プレキャスト POC 舗装版設置後の機能性、路面性状、騒音低減効果を把握することができ、排水性舗装として機能を満足していることを確認した。

キーワード：ポーラスコンクリート、排水性舗装、プレキャスト舗装版

1. はじめに

道路交通騒音の軽減や路面の排水対策としてアスファルト（以下：As）を用いた排水性舗装が広く普及している。しかし、積雪寒冷地のような過酷環境下では、除雪による摩耗やタイヤチェーンによる骨材飛散等による早期機能低下が問題となっており、高強度、高耐久、高機能を有する排水性舗装技術が求められている。

一方、結合材としてセメントを用いた POC は、As を用いた排水性舗装よりも強度および耐久性に優れていることが既往の研究³⁾で報告されており、積雪寒冷地において POC を排水性舗装に適用することで、排水性舗装の耐久性をさらに向上させるものとして期待される。しかし、積雪寒冷環境下における厳しい凍結融解や骨材飛散に対する耐久性、排水や騒音低減効果の持続性等は十分に検討されていない。このため本研究では、POC を積雪寒冷地における排水性舗装に適用するにあたって強度、耐久性、機能性を満足する配合と適用基準条件を整理することを目的としている。これまでの既研究^{1),2)}では室内試験により、耐久性や機能性を満足する配合条件等について明らかにしてきた。今回の報告では、室内試験では確認できない現地での施工性や耐久性や騒音低減効果を確認するため、プレキャスト POC 舗装版の製造、設置を行い、現地における施工性や初期～8 ヶ月後の耐久性、機能性、騒音低減効果の性能の確認を行った結果について報告する。

2. プレキャスト POC 舗装版の試験施工の概要

(1) 試験施工に至る経緯

これまでの室内試験結果^{1),2)}では、凍結融解作用を与えた後の耐久性、機能性は、凍結融解後若干の性能の低下はあったものの、規定値を満足する結果であった。しかし、曲げ強度については凍結融解後に規定値を満足することができず、検討が必要であったことから、構造的工夫として POC 版と鉄筋コンクリート（以下：RC）版を一体化させ、RC 版で強度をもたせる複合構造を適用して検討することとした。また、コンクリート舗装を施工するときの問題となる早期の交通開放や維持管理性を考慮し、プレキャストとして工場製品化させたプレキャスト POC 舗装版+RC 舗装版（以下：POC+RC 舗装版）を製造し、施工を行うこととした。

(2) 試験施工の概要

試験施工は POC+RC 舗装版の複合版を作製し、苫小牧寒地試験道路で施工を行った。以下に概要を示す。

施工年月日：平成 21 年 3 月

施工箇所：苫小牧寒地試験道路（図-1）

本線部（SP=700.00～715.00）L=15,000

設置版：POC+RC 舗装版

（図-2）W=1,750mm L=5,000mm

t=240mm（POC 部 t=40mm RC 部 t=200mm）

設置枚数：6 枚設置（W=3,500mm×L15,000mm）（図-3）

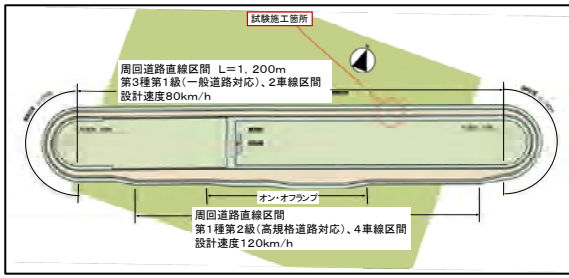


図-1 苫小牧寒地試験道路内施工箇所

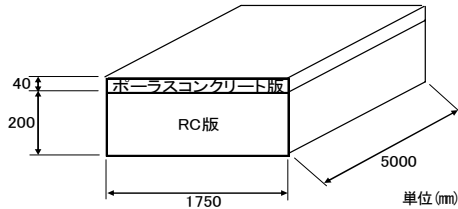


図-2 POC+RC 舗装版イメージ

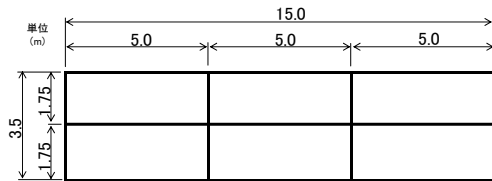


図-3 POC+RC 舗装版設置平面図

3. POC+RC 舗装版の製造

(1) コンクリートの配合

表-1 に POC の配合を示す。配合はこれまでの試験結果²⁾から耐久性、機能性の規定値を満足できる配合を選定した。セメントは早強ポルトランドセメント（密度 3.14）、粗骨材は小樽市春香山産の 6 号砕石（実積率 56.5%）を使用した。また、混和剤は高性能 AE 減水剤（ポリカルボン酸系）を使用した。

表-2 に RC 版に用いるコンクリートの配合を示す。セメントは早強ポルトランドセメント（密度 3.14）、細骨材は勇払産の陸砂、粗骨材は峯朗産の砕石 20-5mm（実積率 61.0%）を使用した。また、混和剤は高性能減水剤と AE 剤を使用した。

(2) POC+RC 舗装版の製造工程

POC+RC 舗装版の製造工程を以下に示す。なお製造は JISA5372 製品工場で行った。写真-1 に製造状況を示す。

a) POC 練混ぜ

練混ぜは二軸強制練りミキサで行い、練混ぜ工程は室内試験で行ってきた練混ぜ工程を考慮し、表-3 によるものとした。

b) 型枠準備 (写真-1 ①)

型枠は鋼製型枠として繰返し使用により変形することなく、またコンクリート打込み時の振動に対しても各締付部がゆるまない構造とした。

表-1 POC 配合表

水セメント比 (%)	モルタル粗骨材容積比 (%)	単体量 (kg/m ³)			
		水	セメント	粗骨材	混和剤 (3GS-2043)
21	46.1	102.7	489.2	1493.5	3.424

表-2 コンクリート配合表

水結合材比 (%)	細骨材率 (%)	単体量 (kg/m ³)					
		水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤 (高性能減水剤)	混和剤 (AE剤)
45	48.3	140	311	920	999	1.555	0.006

表-3 プレキャスト製品作製時における練混ぜ方法

練混ぜ工程		練混ぜ時間
①	粗骨材+セメント(1/2)+水(1/6)	30秒
②	①+セメント(1/2)+水(2/6)	30秒
③	②+混和剤+水(3/6)	60秒
合計		2分

c) 埋設金物の取付け (写真-1 ②)

継手部に設置するコッター式継手と裏込グラウトを注入するグラウト注入孔などの埋設金物は、ボルトおよび固定治具を使用して型枠の定められた位置に固定し、コンクリート打設に際して移動しないようにした。

d) POC の打設・締固め (写真-1 ③)

埋設金物の取付け後、POC の打設を行った。締固めは、振動プレートまたは、バイブレーティングダンパーを用いて行った。POC の打設量は計算上空隙率 18%となる量を量りとり、打設用ホッパーを用いて型枠の中へ投入してスコップ等で均一に敷き均した後、POC の厚さが目標空隙率となる 5cm になるまで締固めを行った。

f) 硬練りモルタル塗布

POC 打設後、RC 版のコンクリートを打設することから、型枠面からのコンクリートのペースト漏れ防止のため、型枠と POC の境目に硬練りモルタルの塗布を行った。

g) 鉄筋籠・型組 (写真-1 ④)

RC 版の鉄筋については、要所となる鉄筋の交点は点溶接または結束線でしっかりと固定して、運搬・コンクリート打設時において鉄筋籠が変形することのないように、しっかりと組み立てた。コンクリート打設前に鉄筋籠の配置、かぶり、埋設金物等の組込状態を目視及び測定器具（スケール）を用いて検査を行った。

h) コンクリートの打設 (写真-1 ⑤)

RC 版のコンクリートは打設用ホッパーを用いて型枠の中へ投入した。コンクリートの締固めは、棒バイブレータを用いて行い、POC 部に悪影響をあたえないように注意しながら、締固めを行った。POC 部分への食い込みは、POC 部と RC 部を付着させるため 1cm

①型枠準備



②埋設金物の取付



③ポーラスコンクリート打設・締固め



④鉄筋加工・組立



⑤コンクリート打設・表面仕上



⑥養生・脱型・完成



写真-1 製造状況

程度となるよう、試験製作時に締固め程度を確認してから行った。

i) 表面仕上げ (写真-1 ⑤)

型枠最上部の上縁をガイドに表面を一律に均し、表面仕上げを行った。

j) 養生 (写真-1 ⑥)

養生は一般的なプレキャスト製品の製造時と同じように、ブルーシートを掛け蒸気養生を行った。蒸気養生時の温度管理を図-4 に示す。温度管理は製品工場で日常的に行っているものを準用した。

k) 脱型・完成 (写真-1 ⑥)

脱型は天井クレーンを用いて行い、そのとき吊り上げ製品の重心にクレーンのセンターを正確に合わせてから吊り上げ、製品に損傷を与えないよう細心の注意を払って行った。

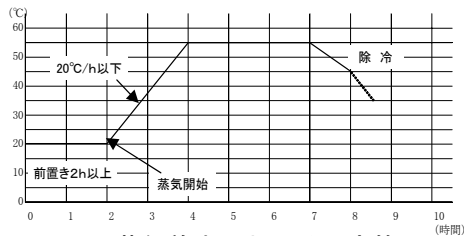


図-4 蒸気養生における温度管理

(3) POC+RC 舗装版製造時の課題と対策

POC+RC 舗装版試験製造時において、POC 打設後に RC 部のコンクリートを打設することから、型枠面からのコンクリートのペーストの漏れが見られた。そのため POC 部の空隙を埋めてしまうことから、型枠と POC の境目に硬練りモルタルの塗布を行い、空隙の目詰まりを防ぐことで対策を施した。また、プレキャスト舗装版作製時の締固め方法が、室内試験での供試体作製時と異なるため、締固めの時間や程度によりペーストがダレを起こした。今後実用化にあたっては、このような問題をクリアできるように舗装版作製時に試験製造を行い、いくつかのパターンの締固め方法を試すことが必要である。

4. POC+RC 舗装版の設置

(1) POC+RC 舗装版の設置工程

製造した POC+RC 舗装版を、苫小牧寒地試験道路に輸送し設置を行った。以下に実際に行った設置手順の概要を、写真-2 に設置の実施状況を示す。

a) 既設舗装版撤去・路面整正 (写真-2 ①)

POC+RC 舗装版の設置する場所の既設舗装版をカッター切断し、計画高さから 260mm (舗装版厚 240mm と裏込めグラウト厚 20mm) As 舗装版、路盤を撤去し、路盤の不陸整正、高さ調整の時に土台となる敷板 (コンクリート平板) の敷設を行った。

b) ビニルシート敷設 (写真-2 ②)

裏込めグラウトの地盤への水分浸透や自己充填性の向上のため、塩化ビニルシートを舗装版設置箇所に敷設した。

c) 高さ調整プレート設置 (写真-2 ③)

ビニルシート敷設後、高さ調整プレートをレベル又は水糸を張り、事前にプレートの厚さを確認して設置した。

d) POC+RC 舗装版設置 (写真-2 ④)

トレーラーにより搬入された POC+RC 舗装版をクレーンを使用して設置した。また、舗装版設置位置の微調整は油圧ジャッキやバールを用いて行った。

e) 継手部仮締め (写真-2 ⑤)

POC+RC 舗装版端部に埋設してあるコッター式継手 (C 型金物) に H 型金物を挿入し、ボルトで仮締め付けを施し、舗装版を連結させた。

f) 目地・裏込グラウト注入 (写真-2 ⑥)

グラウト材をハンドミキサーで練混ぜ、版目地部に充填した。同様にグラウト材を練混ぜ、裏込グラウト注入孔から POC+RC 舗装版と路盤面の隙間 (裏込部) に充填した。この時、注入箇所は高さ勾配の低い方より高い方へ順番に充填することで、途中に空隙を作らないように注意して行った。POC+RC 舗装版の四隅にグラウト確認孔がある為、そこからグラ

ウトが十分に充填できているか確認しながら注入作業を行った。グラウト材が POC+RC 舗装版の脇から流出しないように、予め下面に設置してあるビニルシートで版を下面から覆いガムテープ等で確実に固定した。

g) 継手部本締め (写真-2 ⑦)

目地グラウト 3 時間養生後、一軸圧縮試験を行い $20\text{N}/\text{mm}^2$ の強度確認を行ってからインパクトレンチとトルクレンチで所定のトルクが導入しているか確認を行った。(トルク規格値 $250\text{N}\cdot\text{m}$)

h) POC+RC 舗装版表面処理 (写真-2 ⑧)

締付け完了後、POC+RC 舗装版の継手・グラウト注入孔を蓋で閉塞、グラウト確認孔をモルタルで跡埋めし、目地処理を行い設置完了した。

(2) POC+RC 舗装版設置時の課題と対策

POC+RC 舗装版設置時において、普通のコンクリート舗装版設置時と比べて、表面がポーラスであるためグラウト注入作業等において、グラウト材が飛散した時に空隙が埋まる可能性がある。そのため、舗装版表面にビニルシートをかける等の配慮が必要である。また、表面のポーラス部分は角欠け等の飛散が生じやすいため、舗装版設置時に油圧ジャッキなどを使用する際にプレートを噛ますなど配慮が必要である。また今回の POC+RC 舗装版設置には、高さ調整プレートを使用し設置したが、細かい高さの調整に時間を要し、舗装版設置の所要時間が 1 枚当たり 1 時間程度であった。これについては設置時間の短縮や設置精度を向上させるために、高さ調整器具などを埋設していくことで短縮が可能と思われる。また、舗装版サイズの大小に関わらず、1 枚設置する時間はほぼ同一なことから、運搬時に問題がないサイズで、大きくすることにより、継手部の埋設金物の設置も少なくコスト削減ができ、目地部の処理も少なくなり、施工性は向上すると思われる。さらに目地部の減少により走行性向上も期待できる。

5. POC+RC 舗装版の性能の確認

(1) 調査項目

試験施工を行った POC+RC 舗装版の施工後 (H21. 3) および 8 ヶ月後 (H21. 11) の性能の確認を行った。なおこの間の交通量は、試験道路のため一般車輛による常時の交通はなく、約 2 週間に 1 日程度、普通車輛が 1~2 台通過する程度である。調査項目について表-4 に示す。試験はいずれも舗装調査・試験法便覧 [第 1 分冊] に準拠して行った。図-5 に各試験における具体的な調査箇所を示す。

①既設舗装版撤去・路面整正 ②ビニール敷設



③高さ調整プレート設置



④舗装版設置



④プレキャスト舗装版設置



⑤継手部仮締め



⑥目地・裏込グラウト注入



⑦継手部本締め



⑧表面処理・設置完了



写真-2 設置状況

(2) 調査結果

a) 現場透水量

現場透水量試験結果を図-6 に示す。施工後の全ての舗装版において、規定値となる $800\text{ml}/15\text{sec}$ を大きく上回り、良好な値を示した。また、路肩部に施工した空隙率 17%、6 号砕石を使用した排水性 A_s 舗装 (図-5 参照) との透水量の比較を行うと、ほぼ同程度以上の値であった。他方、8 ヶ月後の透水量は極わずかであるが減少していた。これは通過交通量は少なかったため、輪荷重による目つぶれ等ではなく、全ての版でほぼ同じ量の透水量が減少しており、外観上目立った劣化が確認されていないことから、風により運ばれてきたゴミ等が空隙内部に詰まったものと考えられる。しかし、透水量は規定値を十分に満足しており、良好な状態であった。

b) すべり抵抗性

DF テスタによるすべり摩擦係数測定結果を図-7

に示す。舗装版によりバラツキはあるものの、施工後のすべり摩擦係数は高い値を示した。また、8ヶ月後の測定結果は施工後より下がる傾向であった。これについては、交通量が少なかったことから、摩耗などにより表面の凸凹が平滑化され、すべり摩擦係数が低下したとは考えにくい。通常の DF テスタの測定では、散水により水膜が形成された面に対して行うが、透水量が大きく散水による水膜が形成されないことから、数値のバラツキが大きく、なかなか安定した数値が測定できなかつたことが影響していると思われる。今後継続的に調査を行い、原因についての検討および排水性舗装における測定方法の検討が必要である。また、施工後から8ヶ月後までのすべり摩擦係数は維持修繕の判断基準とされている0.25以上を十分に満足する値であった。さらにAsを用いた排水性舗装の施工後の測定結果の一例⁴⁾を示すと0.7~0.5の間であり、同等以上の値を示していた。

c) わだちぼれ量

わだちぼれ量の調査結果を図-8に示す。施工後においては測定時にはまだ車輦は走っていないが、測定値は2.2mmとなっていた。8ヶ月後の値は1.3mmとなっており、約1mmほどわだちぼれ量は少なくなっていた。これは、表面がポーラスであるために凸凹となっていることから、測定箇所により誤差が生じたものと思われる。施工後から8ヶ月までは、車輦の通行がほとんどないことから維持修繕の判断基準値である40mm以下を満足する結果であったが、今後車輦を走らせるなどの負荷を与え、耐久性の確認を行っていききたい。

d) 平坦性

平坦性の調査結果を図-8に示す。施工後の測定値は0.57mmとなっており、8ヶ月後においてもほぼ同程度の0.54mmであった。施工後から8ヶ月までは、車輦の通行がほとんどないことから北海道開発局における規定値の2.4mm以下を満足する結果であったが、今後車輦を走らせるなどの負荷を与え、耐久性の確認を行っていききたい。

e) きめ深さ測定

きめ深さの調査結果も図-8に示す。施工後の測定値は0.89mmとなっており、8ヶ月後においてもほとんど変わらず0.88mmとなっていた。過去に一般国道でAsを用いた排水性舗装の試験施工を行った施工後の測定結果の一例⁵⁾を示すと0.78mmであったため、ほぼ同程度の値を示していた。今後継続的に調査を行っていき、耐久性能の確認を行っていききたい。

f) 目地の段差

目地の段差量の測定結果を図-9に示す。なお、段差量は図-5に示した測定箇所の、縦目地では5箇所での平均値、横目地では3箇所での平均値としている。施工後から8ヶ月後において、縦目地、横目地

表-4 調査項目

調査項目	測定方法
現場透水量	現場透水量試験
すべり抵抗	回転式すべり抵抗測定器による動的摩擦係数の測定方法
わだちぼれ量	舗装路面のわだちぼれ量測定方法のうち、横断プロファイルメータによる方法
平坦性	舗装路面の平坦性測定方法のうち、3mプロファイルメータによる方法
きめ深さ測定	センサきめ深さ測定装置を用いた舗装路面のきめ深さ測定方法
目地の段差	舗装路面の段差の測定
騒音	タイヤ路面騒音に関する測定方法

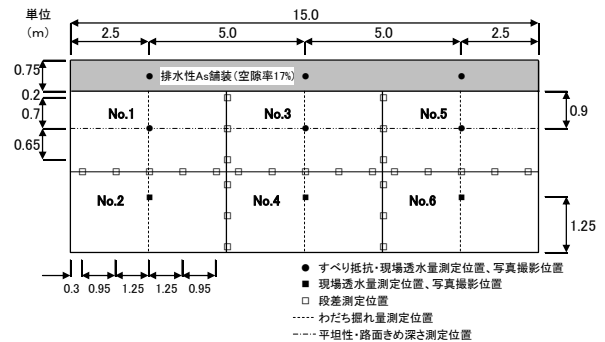


図-5 現地調査箇所図

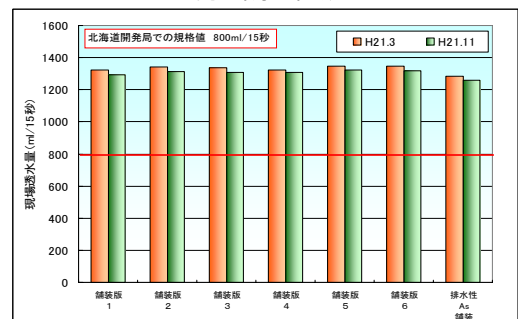


図-6 現場透水量試験結果

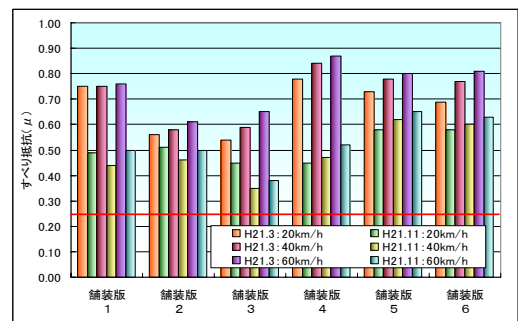


図-7 すべり抵抗性試験結果

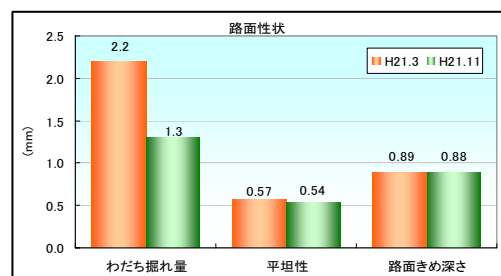


図-8 路面性状測定結果

ともにほとんど変化はないが、版毎により増減がみられた。ただし、8ヶ月後の段差量が僅かに減少したものについては、表面部に骨材が露出していることから、少ない交通量ではあったが、表面部の骨材に

付着しているペーストが若干はく離したためと思われる。なお、プレキャスト舗装版における規格値は規定されていないが、北海道開発局での現場打ちのコンクリート舗装の規格値である $\pm 2\text{mm}$ をいずれも満足する結果であった。

g) 騒音

車外騒音の測定結果を図-10に示す。走行速度が速いほど騒音が高い傾向にあった。またポーラスコンクリート舗装版手前に敷設されている、既設のAs舗装（細粒度ギャップアスコン）との比較を行うと、ほぼ同程度の値であった。図-11にタイヤ路面騒音測定によるタイヤ蹴り出し騒音の測定結果を示す。施工後においてはPOC部は約1~3dB低下する結果であった。また、8ヶ月後においてはほぼ同程度の値であった。POC部については、前述した現場透水量の試験結果から、透水量が施工後とほぼ変わらなかったことから、目詰まりが起こっているとは考えにくい。また、POC部のみの騒音値をみると、施工後とほぼ同じか下がっているところもあることから、POC部の機能の低下はないと考えられる。既設のAs部については、H21.3測定時より車外騒音は大きくなっているのに、蹴り出し騒音が2~5dBの低下をしており、通常では考えられにくい。ため、継続して調査する必要がある。これまでは車輦がほとんど通過していない状態での測定であったため、今後は車輦を多く通過させ負荷を与えた後の測定などを継続して調査を行い、騒音低減効果の持続性の確認を行っていきたい。

6. まとめ

積雪寒冷地でのPOCの排水性舗装への適用について、POC+RC舗装版の製造と現場での試験施工を行い、施工後~8ヶ月後までの確認を行った。これらの成果をまとめると以下ようになる。

- ・製造時においては、プレキャスト製品としての締固め方法などの確立が必要である。
- ・設置時においては、表面がポーラスであるため、通常のコンクリートと比べ、空隙の目詰まりや角欠けに注意して施工する必要がある。また、施工性の向上やコスト縮減のため、舗装版への高さ調整器具の取り付けや、舗装版1枚当たりの大きさを大きくすることが必要である。
- ・初期性能については、排水性舗装としての機能は満足している結果であった。また排水性As舗装と比較してもほぼ同程度の値となっていた。8ヶ月後の性能においても若干の機能の低下（透水量やすべり抵抗性）があるものの、排水性舗装としての機能は満足している結果であった。しかし、交通量が少ない中での測定であったことから、今後は

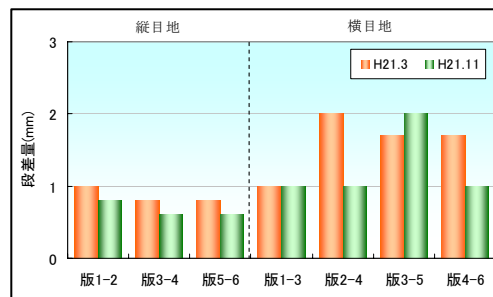


図-9 目地部の段差量測定結果

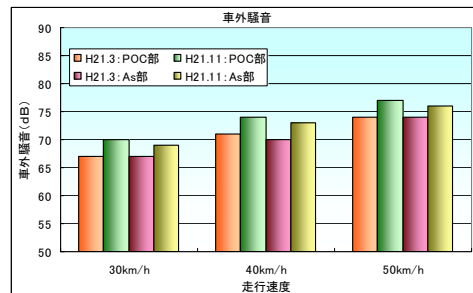


図-10 車外騒音測定値

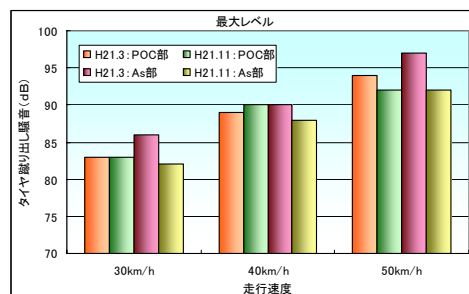


図-11 速度によるタイヤ蹴り出し騒音測定値

多くの車を走らせるなどして負荷を与え、耐久性や機能性や冬期における路面性状の調査等を継続して行い、諸特性の確認を行っていききたい。また目詰まりを起こした時の機能回復性能などについても調査を行っていききたい。

参考文献

- 1) 草間祥吾、田口史雄、吉田行；騒音対策として用いられる排水性舗装へのポーラスコンクリートの適用性について、第51回北海道開発局技術研究発表会、2008.2
- 2) 草間祥吾、吉田行、田口史雄；積雪寒冷地におけるポーラスコンクリートの排水性舗装への適用性について、第52回北海道開発局技術研究発表会、2009.2
- 3) 社団法人セメント協会；舗装技術専門委員会報告 R-11 舗装用ポーラスコンクリート共通試験結果報告、1999.10
- 4) 千葉学、田高淳、安倍隆二；コスト縮減を考慮したカラー排水性舗装に関する検討、寒地土木研究所月報 No. 650、2007.7
- 5) 千葉学、田高淳、成田勇太；排水性舗装の機能低下要因と耐久性向上に関する検討、第49回北海道開発局技術研究発表会、2006.2