

「自然素材を活用したまちづくりに関する技術開発～自動車交通に対応した接着剤系透水性舗装の開発とその効果測定のためのハイパースペクトル分析を活用した土地被覆類型化技術の開発～」(平成17年度～平成19年度)評価書(事後)

平成20年 6月25日(水)

建築研究所研究評価委員会

委員長 松尾 陽

1. 研究課題の概要

①背景及び目的・必要性

平成15年度には「美しい国づくり政策大綱」が制定され、平成16年度には「景観法」が制定された。この中では、我が国の自然景観の保全とともに、歴史的な建造物や街並み景観の保全、あるいは都市、農山漁村等における良好な景観の形成が唱えられている。このような中、都市空間を構成する建築外構、公園、歩道、駐車場、市街地内道路などの都市土木の分野において質の高い外部空間を形成するために、石、砂利、砂、土などの素材感のある自然素材を活用した舗装が活用されている。

素材感のある舗装として接着剤系舗装がある。この舗装自身は透水性もあり、美しく環境に優しい舗装として歩道や園路などで活用されているが、接着剤の粘性の低さから液だれが生じ、多くの舗装が1～2年程度で剥離し始める。また強度が低く、車両が進入する部分には利用できない。

建築研究所ではこれまでの景観、まちづくり関連研究として、街なみ環境整備事業等においてこの接着剤舗装を試験的に活用しその効用(景観性、地場産材の活用による活性化、透水性能等)を測定してきた。その中で接着剤の粘性をあげることによって必要な強度が確保でき、住宅地内や集落内等での市街地内道路や駐車場などでの活用の可能性があることがわかってきた。

ところで接着剤系透水性舗装の強度基準等の技術基準は現在なく、類似したものとして透水性インターロッキングに対する建築学会の基準があるのみである。幅広く普及するためには、車道での使用が必要不可欠であり、そのために接着剤舗装の特性を解析した上で、アスファルト舗装、コンクリート舗装の技術基準や評価手法を参考に、道路舗装材としての性能評価を行うことが必要である。またこの性能が確実に発揮されていることを立証するためには走行試験を行うことも求められる。

都市環境や地域への影響評価も含め、評価基準を確立するためには量的な測定が必要不可欠である。この場合都市レベル、地区レベルにおいて都市的土地被覆(土地利用)を類型化し、その面積等を測定する必要がある。これは常に変化するものであり、効果測定のためには簡便に類型化し、測定する手法の確立が必要である。

そこで本研究は、自然素材である砂利、砂を用いた高粘度接着剤系舗装を開発し、その技術基準を確立する。併せてリモートセンシングを活用した都市的土地被覆の測定技術を開発するとともに、この技術を活用した評価手法の開発を行うものである。

②研究開発の概要

- 1) 自然素材を用いた透水性舗装技術の開発
 - ・ 軽交通対応高粘度接着剤系透水性舗装材の開発
 - ・ 活用技術の開発
- 2) 自然素材による土地被覆を考慮した環境評価手法の開発
 - ・ リモートセンシング技術による都市的土地被覆測定技術の開発
 - ・ 都市環境への波及効果に関する研究

③達成すべき目標

- 1) 自然素材を活用した本格的な透水性舗装の開発
- 2) 自然素材を活用した透水性舗装の設計・施工技術の確立、及びその設計・施工マニュアルの作成
- 3) バリアフリーな開口部の空間設計・施工技術の確立
- 4) 環境共生型舗装技術の確立
- 5) リモートセンシングを活用した都市的土地利用調査手法の確立
- 6) これらによる美しい景観を持つ住宅地の普及

④達成状況

- 1) 透水性舗装材料としての性能を十分に発揮しているかどうか (③達成すべき目標の1)、2) 関連)
 - ・ 「舗装試験法便覧」に示す物性試験のうち、透水試験、曲げ試験を実施し、強度については日本建築学会（建築標準仕様書メンソリー7）による車道用インターロッキングの強度をクリアする条件が確認された。また十分な透水性能を持ち、特に今までは不可能であった細砂でも透水性があることが確認された。
 - ・ （社）日本道路協会編「舗装試験法便覧」に示す物性試験（マーシャル試験、ホイルトラッキング試験、ラベリング試験、カンタプロ試験、透水試験、曲げ試験、すべり抵抗試験）を実施し、用途別の配合及び施工法を確定した。
 - ・ 施工業者によっては、施工時の接着剤と骨材の攪拌、施工手順、施工精度によって強度、仕上がり具合にばらつきが生じる場合がある。そのため施工現場で活用できる施工マニュアルを作成した。
 - ・ この施工マニュアルに、道路舗装用材料としての性能試験およびその結果、走行試験およびその結果、設計方法、活用方法などを掲載した総合的なマニュアルを、現在建築研究資料として執筆中である。
 - ・ これまでの接着剤系透水性舗装はその厚さを 1~1.5cm しかとることができなかった。使用する骨材の粒径は、透水性能を確保するため一般に 3~5mm 程度のものを用いる。従って厚み方向には骨材が 2~3 粒しかなく、一部剥離した場合に下地まで剥離し、その部分から徐々に剥離が進行する、というメカニズムで破壊がおこり、結果として 2~3 年程度の寿命しかなかった。当舗装は、厚みの確保は自由であり、これまでの実績から 3cm の施工厚があれば、車道も含め割れ、剥離、あるいはその進行はおこらない。
 - ・ 強度、経費の関係で当初歩道は施工厚 2cm としていたが、透水性を確保するため下地が砂利敷きであり、下地の凹凸によって施工厚が結果として薄くなる部分があり、そこから破壊が進行する場合があることがわかった。そこで、施工厚は歩道でも、車道でも 3cm とし、接着材量を強度に合わせて変更することとした。
 - ・ なお、接着材料はこれまでの接着剤系透水性舗装ではその高い流動性のため配合比 7%程度以上が必要であったが、当舗装に使用する高粘度接着剤は配合比が少なくても十分な接着力を発揮するため、使用状況に必要な強度に合わせた配合比の調整が可能である。
- 2) どの程度の交通量の道路に対して活用可能かどうか (③達成すべき目標の1) 関連)
 - ・ 独立行政法人土木研究所にある舗装走行実験場において促進載荷試験を行い、大型車交通に対する耐久性評価を行った。現在の土木研究所の舗装走行実験場の試験は舗装計画交通量 250 以上 1,000 未満 台/日・方向 (旧 B 交通) で行っている。これにあわせた舗装構成により、透水性アスファルト舗装との比較実験を行った。平成 19 年度は 49 kN 換算輪数で 30 万輪の走行を行い、路面調査を行った。その結果、割れ、剥離などはおこらず、透水性アスファルト舗装と比較して大型車交通に対する性能も問題がないことが確認された。
 - ・ なお、平成 19 年度は上記のように 30 万輪の走行を行い、透水性アスファルト舗装との比較によってその耐久性に問題ないとの結論を得たが、耐用年数を 10 年とすると、100 万輪の走行試

験が必要である。そのため本研究終了後も、今後共同研究各社によって引き続き走行実験を継続する。

3) 融雪舗装、涼感舗装については、現在の融雪舗装の融雪能力との比較 (③達成すべき目標の4) 関連)

- ・ 雨水を利用した融雪舗装、涼感舗装の効果測定のための実験施設を暴露試験場に建設した。この施設は、防水したコンクリート舗装の上に、本研究で開発された透水性舗装を3cm厚で施工 (一般的な排水性舗装と断面構成は同じ) し、この透水性舗装部分の中をタンクに貯留した雨水をポンプによって循環させ、舗装面の温度を夏季には低減させ、冬季には暖めることができるものである。夏季には涼感舗装となり、冬季には融雪舗装となる。
- ・ 寒冷地での使用が想定されることから、凍害が予想される。そこで JIS A 1148 コンクリートの凍結融解試験法 B 法により凍結融解試験を北海道立北方建築総合研究所に依頼して行い、300 サイクルで異常なしと判定された。
- ・ この実験施設により涼感舗装については、平成 19 年 8 月 8 日 (天気: 快晴) の観測結果によると、最高気温 35.4℃ (14:30) の時、比較のために施工したアスファルト舗装は表面温度が 70℃程度まで上昇したのに対し、涼感舗装は 40℃程度までしか上昇せず、30℃程度の表面温度低減の効果があることがわかった。
- ・ 融雪舗装については、当研究に先立ち、平成 15 年に福島県の協力を得て、会津坂下町塔寺地区の県道わきの駐車場において実証実験を行ってその効果を確認している。平成 15 年 3 月 9 日午前 8 時 (気温 0℃、天気: 雪、通水の地下水温 10℃) 積雪 5cm の状態から通水を始め、4 時間後の 12 時に完全に溶けることが確認された。また当日降雪があったが、さらに積雪することはなかった。これまでの消雪パイプによる融雪では、雪が早く溶けた部分にのみ水の道ができて、道全体に積もった雪すべてが溶けることはなく、残った雪と溶けた水によって歩行時に足下が濡れてしまい、快適な歩行空間が確保できなかったが、この舗装では、まんべんなく雪が溶け、水たまりもできないことから、これまでの消雪パイプによる融雪に比べ、冬季でも快適な歩行空間が確保できることが実証されている。今回の曝露試験場に設置された実験施設では、降雪センサーも備え、融雪舗装のさらなる実験が可能であるが、実験施設設置以降、暖冬の影響で施設が機能しておらず、本研究終了後も涼感舗装の効果測定とともに、今後継続して実証実験を行い、その効果検証を行う予定である。

4) 室内外の段差のない開口部については、その開口部における雨の吹き込みの有無の立証 (③達成すべき目標の3) 関連)

- ・ 東京都国立市の事務所建築 1 階の掃き出し窓の外部に、内部と同じ高さに仕上げた本透水性舗装を施したベランダを施工し (平成 18 年 5 月)、雨の吹き込みの有無の経過観察を行った。これまでのところ雨の吹き込み等の問題はない。

5) 接着剤の安全性については「日本水道協会」の試験方法 K143 による基準をクリアすること (③達成すべき目標の4) 関連)

- ・ 接着剤の安全性については「日本水道協会」の試験方法 K143 による基準を確実に満たすことを確認した。

6) 接着剤系透水性舗装に係わる特許、実用新案等の取得 (③達成すべき目標の6) 関連)

- ・ 本舗装が接着剤舗装としては初めて自動車交通に対応できた最大の要因は、その接着剤にある。接着剤の粘性をあげたことにより、施工厚が自由になり、強度を増すことにも成功した。またこの粘性をあげる増粘剤も、一般的な増粘剤では長期の保管により分離するなどの問題があり、増粘剤そのものを接着剤と同じ材質にすることにより、その比重を同じくし、分離を防ぐなど、数々の改良が加えられている。さらに施工性、配合においても工夫をしており、各所において特許、実用新案の可能性を検討してきた。しかしながら増粘材においても、すでにアスファル

ト、セメントなどの強度補強に利用されており、新規技術としては認めがたいという指摘を専門家から受けており、特許等の申請にはなお相当の努力と期間が必要であると判断される。一方、共同研究者による経費負担の回収の問題があり、さらには当技術は土木研究所の協力の下、今までに接着剤系舗装としては実現できなかった道路性能評価を受けているという事実がある、今回のこの技術は建築研究資料として広く一般に公開するが、道路性能評価等を受けて初めて道路舗装剤として認められること、すでに様々な試験施工を繰り返し、当技術を簡単には模倣できないという判断の下、特許申請等は事後努力とし、本格的な販売活動を行うこととし、「ナチュラルアクア」という商品名で、本格的な販売を開始することとした。

7) リモートセンシングによる都市的土地被覆類型化技術に関しては、現状の土地利用調査手法、緑被率等の評価手法との作業時間、経費等の比較（③達成すべき目標の5）関連）

- ・ 建築研究所暴露試験場にあるすべての屋根材料、および舗装材料のスペクトル分析を行った。今回の分析には波長 300nm~2500nm（可視域は 300nm~700nm）の範囲を 120 バンドに分けて反射率を測定できるハイパースペクトルセンサを用いた。この結果今までのスペクトル分析では解析できなかった 800nm 以上の波長において、材料毎に明らかな差異が生じるものがあり、金属系、窯業系、コンクリート系、アスファルト系、自然石系の判別が可能であることがわかった。
- ・ これとデジタル地図の建物の外形ベクトル、街区や道路線のベクトルを用い、土地被覆を自動的に判別するプログラムを作成した。
- ・ 今回開発されたプログラムでは、土地被覆の分類、屋根の分類が可能であるが、これを従来の現地調査、写真判読と比較した工数差計測の試行結果はおおむね以下のようになり、作業時間、経緯等が大幅に削減できることがわかった。なお工数は都市部における都市計画図 1/2, 500、1 図葉当たり（3k m²、建物数：1000 棟）を想定している。

1. 現地調査	屋根分類含む	10 日（100 棟/日）
2. 写真判読	半自動判読	3 日（330 棟/日）
3. ハイパー判読	自動判読+チェック	2 日（500 棟/日）
- ・ 本研究はその立案時に、我が国がハイパースペクトル衛星を打ち上げ、運用することが発表されており、その衛星データを利用する研究として立案された経緯がある。しかしながら、衛星打ち上げそのものに失敗し、ハイパースペクトル衛星そのものの運用が中止になった。従って本研究はハンディタイプのハイパースペクトル分析機を用いて行った。そのため現在のところ広範囲にわたるデータが確保できておらず、今後天候による差異、陰の部分や太陽光線の方向の違いによるさらなる分析が必要であるが、ハイパースペクトルセンサを用いた土地被覆分類手法に関する特許申請の準備中である。

2. 研究評価委員会（分科会）の所見とその対応（担当分科会名：住宅・都市分科会）

①所見

- (1) 自然素材の特性を活かした透水性舗装として優れた材料開発がなされ、実用実験の方法も堅実であり、今後、この素材が各地で活用されることが期待できる。
- (2) 土地被覆類型化技術については、計測技術の進展に会わせて、より実用性が高い技術として発展していくことが期待できる。
- (3) 単に自然素材を使った舗装の仕方に研究がとどまらず、都市レベルの土地利用被覆まで発展した点も興味深い。また融雪舗装や涼感舗装というものに応用できる点も高く評価したい。
- (4) 研究の着眼点、目標設定、目標達成のための研究プログラムの実施の点において大きな成果を収めており、また設定された目標に対して、当初予定していた以上の着実な成果が生み出されており、実用性の高い素材開発とその効果測定技術開発ができたと高く評価できる。

- (5) 研究成果を製品開発にまで結び付けられたことは、高く評価できる。
- (6) 共同研究機関で実用フェーズでの研究が今後とも継続されることは、本研究成果の価値をさらに高めている。
- (7) 外部機関との連携も図れており、特に土木研究所と連携して研究を発展させている点は特に好感が持てる。
- (8) 関心を持つ機関、団体に向けた成果発表も着実に行われている。
- (9) 成果の公表のうち、学会論文がやや少ないように思われる。
- (10) 今後はコストの問題だけが残りそうである。この点については、特に企業との共同研究になっており、更なる発展を期待したい。また多くの実施例があることが重要であり、どうしてもコストの問題をクリアする必要がある。
- (11) 成果の適用事例の拡大を含め、研究成果の積極的な広報を期待する。
- (12) 今後への期待として、開発成果の一般への普及や、当技術のより一層の発展・普及を継続的に進めていくための仕組みづくりに努力してほしい。

②対応内容

所見(9)に対して

- ・当初より、特許取得を想定していたため、学会論文をはじめとした技術内容に関する所外への公表が若干遅れたという経緯がある。開発が終了し、透水性舗装については本格的な販売が開始され、土地被覆技術については特許申請の準備段階に至ったため、今後、積極的に建築、土木関係の学会等への論文発表を行う予定である。

所見(10)に対して

- ・当研究で開発された接着剤舗装はすでに販売を開始しており、舗装用景観材料として見た場合、価格面において他の製品と比較して十分な競争力を持っている。
- ・コストの問題は、接着剤に起因する。今まで接着剤舗装では配合比は一定であったが、当研究開発の成果によって用途に合わせて接着剤の配合比を下げるのが可能となり、以前と比較すると格段のコストダウンが可能になったと考えている。また開発された舗装で用いられる高粘度接着剤は当舗装専用開発されたものであり、これまで実験、試験施工に限定して製造していた。そのため製造数量が限られており、今後一般への普及に従って当接着剤の大量生産が可能となれば、より一層のコストダウンを図ることができる。

所見(11)、(12)に対して

- ・接着剤舗装に関しては、共同研究者間で今後とも研究開発を継続する。特に土木研究所における促進裁可試験に関してはアスファルト舗装との比較実験で終了しているため、耐用年数10年分に相当する100万輪に向けた試験を今後1年半にわたって継続する。この研究継続の中で当技術のより一層の発展・普及を継続的に進めていくための仕組みづくりを行う予定である。
- ・土地被覆類型化技術においては、航空機搭載型のハイパースペクトル分析装置を共同研究者において購入し、天候等を考慮した様々な条件下でのデータ収集を継続して行う。この中でさらに開発された技術の精度を上げるための研究開発を行う予定である。
- ・両技術とも今後以上のようなさらなる研究開発を行い、今後の成果も含め、建築、土木関連の学会、雑誌、展示会等への投稿、参加、出展などを行い、その普及に向けた努力を行う予定である。

3. 全体委員会における所見

融雪舗装や涼感舗装、物理的な耐久性の問題及びリモートセンシングを使った土地被覆類型技術について、3年間という限られた期間で高い成果を上げており、目標を達成出来たという分科会の評価を

全体委員会の評価とする。非常に普及の図れる技術と思われるので、将来的な展開に期待する。

4. 評価結果

- 1 本研究で目指した目標を達成できた。
- 2 本研究で目指した目標を概ね達成できた。
- 3 本研究で目指した目標を達成できなかった。