

アスファルト廃材の有効利用を目的とした 試験施工

土木研究所 寒地土木研究所 寒地地盤チーム ○佐藤 厚子
 札幌市下水道資源公社 道路事業課 山辺 俊明
 札幌市下水道資源公社 道路事業課 杉浦 肇

札幌市の道路の舗装補修工事にもない発生するアスファルト廃材を盛土材料として有効利用することを目的として実物大の試験盛土を施工した。その結果、アスファルト廃材は、一般的な方法で施工できること、短期間の計測ではあるが、アスファルト廃材のみでは若干の圧縮沈下が発生するものの土砂との混合や低盛土とすることにより沈下が抑制されること、時間の経過により盛土の強度が大きくなっていくことなどを確認した。

キーワード：アスファルト廃材、有効利用、盛土

1. はじめに

道路整備工事、上下水道工事にもないアスファルト廃材が発生する。札幌市下水道資源公社では、札幌市の公共工事で発生するアスファルト廃材を再生し、道路の舗装や仮復旧、仮設用として販売している。アスファルト廃材は、今後さらに増加することが予想されることから、アスファルト廃材の利用用途の拡大を目的として土木材料としての適用性の検討を行った。

土木材料として、盛土材および凍上抑制材としての利用を目的とし、これまで寒地土木研究所で検証した室内および実物大の試験施工¹⁾を参照して土木材料としての適用性を確認した。本文はこれらを紹介するものである。

骨材 I 型（以降As廃材と称する）である。この材料は札幌市の道路工事で発生したアスファルトがらを解砕機で粉砕し0~40mmにしたものである。混合した土砂は、札幌市中沼路盤材リサイクルプラントで生産されている再生土で札幌市内の工事現場の火山灰土と火山灰以外の発生土砂を洗浄して粗粒分を取り除きフィルタープレスした脱水ケーキを体積比1:1で混合したものである。これらの材料の基本物性値を表-1に示す。As廃材、再生土のいずれも自然含水比でのコーン指数は非常に大きく、このときの締固め度は国土交通省北海道開発局の道路盛土、河川堤防の基準値²⁾である締固め度90%を十分満足している。

表-1 アスファルト廃材と高含水比不良土の基本物性値

試料 No.		1	2
材料		As 廃材	再生土
土粒子密度 $\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$		2.511	2.489
自然含水比 $w_t(\%)$		7.4	31.9
粒度特性	最大粒径(mm)	37.5	26.5
	2mm 以上(%)	85.4	19.0
	75 μm ~2mm(%)	14.4	36.0
	75 μm 以下(%)	0.2	45.0
コンシステンシー限界	液性限界 $w_L(\%)$	N.P.	59.7
	塑性限界 $w_P(\%)$	N.P.	31.2
地盤材料の分類記号		G-S	SFG
締め固め特性	最大乾燥密度 $\rho_{\text{max}}(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.842	1.376
	最適含水比 $w_{\text{opt}}(\%)$	11.8	29.5
トラフィカビリティ	コーン指数 $q_u(\text{kN}/\text{m}^2)$	貫入不可	貫入不可
	締固め度 (%)	96	100

2. 試験方法

寒地土木研究所でこれまで実施した別の種類のアスファルト廃材の現場試験施工²⁾では、アスファルト廃材のみでは盛土高さの約10%の沈下の発生があり盛土天端部にひび割れが発生したが、土砂を混合することにより沈下量が3%程度でひび割れが発生しなかった。これより、変状が発生しない盛土を施工するための混合率を求めるために、検討対象のアスファルト廃材についても土砂を混合した。

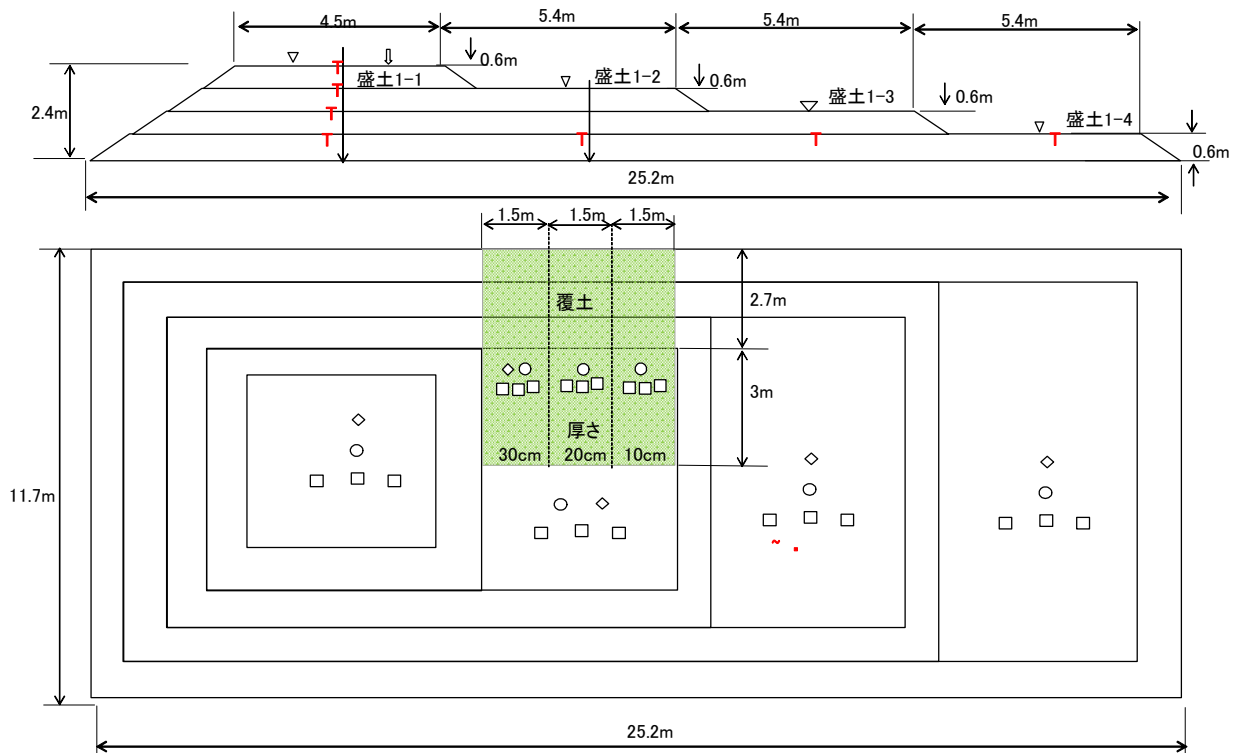
室内および試験施工に用いたアスファルト廃材は、札幌市アスファルト再生プラント東工場生産される再生

(1) 盛土材としての検討

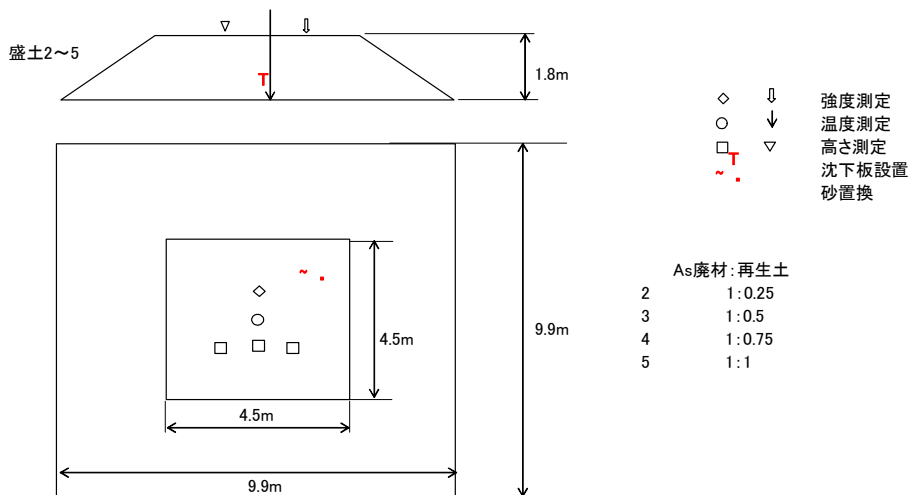
As廃材のみ、As廃材と再生土との混合土により中沼町路盤材リサイクルプラント（北海道札幌市東区中沼町）において試験盛土を施工した。盛土の変状を抑制するためのAs廃材と再生土の混合割合は、体積比で1:0.25、1:0.5、1:0.75、1:1とした。試験盛土の形状と計測の概略を図-1に示す。過去のAs廃材のみによる盛土は高さ1.8mの盛土で施工翌年の5月から沈下およびひび割れなどの

による盛土は高さ1.8mとした。いずれの盛土もりの勾配は1:1.5である。過去のAs廃材のみによる盛土は夏期に盛土内の温度が高くなった時期に変状が発生したことから、盛土内の温度を高くしない対策として、As廃材のみによる高さ1.8mの盛土に再生土により厚さ10、20、30cmの覆土と表面保護のため植生シートを施工した。この他に高さ2.4mの盛土の一部に土木シートを施工した。

各盛土の品質管理は、盛土一層目の施工時に転圧回数



a. アスファルト廃材のみによる盛土



b. アスファルト廃材と再生土による盛土

図-1 試験盛土の形状および計測の概略

変状が発生したことから、本試験施工では盛土高さを0.6、1.2、1.8、2.4mとした。As廃材と再生土との混合土

を変えて衝撃加速度^{a)}を求めこの関係から衝撃加速度が収束し始める値を品質管理値とし、各層ごとに品質管理

値を満足していることを確認しながら行った。さらに盛土の完成面の密度を砂置換法により求め、締固め度を測定した。

盛土内の温度を盛土表面から10cmごとに正時に自動計測により測定した。また、盛土の変状として盛土の表面に設置したブロック板の高さと盛土底部および盛土内に設置した沈下板の高さを1か月に2回程度の割合で測定した。また、盛土の強度の変化として盛土表面の衝撃加速度を1か月に2回程度の割合で測定し、あわせて盛土施工後2回、スウェーデン式サウンディング試験を行い盛土内の強度変化を求めた。

(2) 凍上抑制層としての検討

As廃材について盛土材料の他に凍上抑制層としての利用を検討するため、北海道開発局の基準⁹⁾と比較した。なお、安倍らはアスファルト廃材を北海道開発局の仕様書の40mm級切込砕石とした⁶⁾ことから本検討でも同様とした。

3. 試験結果

(1) 盛土材としての適用性

a) 施工性

As 廃材および As 廃材と再生土との混合土による盛土は気温が 20℃以上の 7 月下旬に施工した。バックホウによる敷きならしめと 600kg のハンドガイドローラにより転圧した。写真-1 に As 廃材による盛土の転圧状況を示す。写真より、オーバーコンパクションは発生せず、十分な締固めができていない様子が見える。すべての盛土で同様な転圧ができた。このことから、As 廃材および As 廃材と再生土との混合土は十分な施工性を確保できる材料であることを確認できた。



写真-1 転圧状況

b) 施工後の密度

盛土転圧後の密度を表-2に示す。各盛土で密度は3点

計測した。すべての盛土で締固め度は100%を超えており、基準値である締固め度 90%を満足していた。As廃材およびAs廃材と再生材との混合土では良好な盛土を施工できたことから、これらの材料は締固め度管理の対象材料として活用可能であるといえる。

表-2 盛土の密度

No.	平均乾燥密度 $\rho_d(\text{g/cm}^3)$	最大乾燥密度 $\rho_d(\text{g/cm}^3)$	締固め度 (%)
1	1.842	1.658	111
2	1.844	1.660	115
3	1.781	1.603	111
4	1.761	1.585	111
5	1.750	1.575	111

c) 盛土の高さの変化

施工箇所の地盤は軟弱であることから盛土施工により地盤が沈下することが考えられる。そこで、沈下量として盛土の圧縮量を測定した。測定日と As 廃材による盛土の圧縮量を図-2 に示す。盛土の圧縮量は盛土の高さが大きいほど大きくなっている。しかし、最も圧縮した盛土であっても 2.4m で 4cm であり、盛土高さの 1.5%程度の圧縮量であった。盛土高さ 0.6、1.2m では圧縮量は盛土の高さの 1%以下であった。盛土高さを低くすることにより圧縮量を低減できると考えられる。

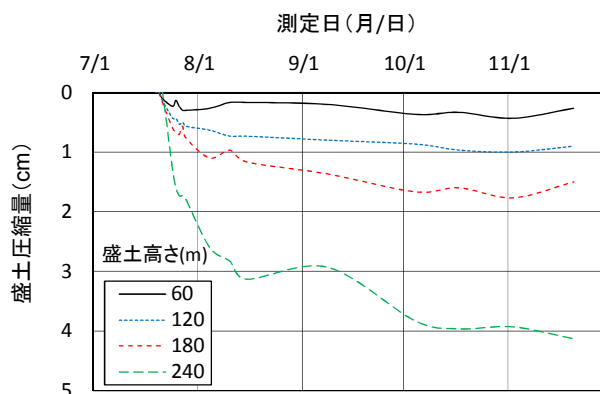


図-2 As廃材のみの盛土の圧縮量

次に測定日と As 廃材と再生土との混合土による盛土の圧縮量を図-3 に示す。再生土を混合することにより盛土の圧縮量は非常に小さく盛土の高さの 0.3%程度であった。

しかし、筆者らの過去の調査では盛土の圧縮は 5 月下旬から 9 月中旬の間で発生しており、本試験施工は 7 月下旬からの期間であり圧縮の発生する期間が短かったことから最終的な圧縮量であるとは限らない。今後継続的

な調査を行って確認したい。

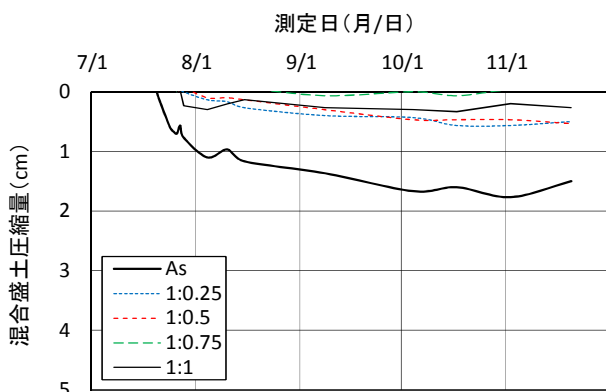


図-3 As廃材と再生土による盛土の圧縮量

d) 盛土の強度の変化

図-4に各盛土天端部の衝撃加速度の変化を示す。降雨後の衝撃加速度は若干小さくなるものの、全体的に施工からの時間の経過により衝撃加速度は大きくなる傾向が見られ、盛土表面の強度は増加している。今後積雪による強度の変化を確認する必要がある。

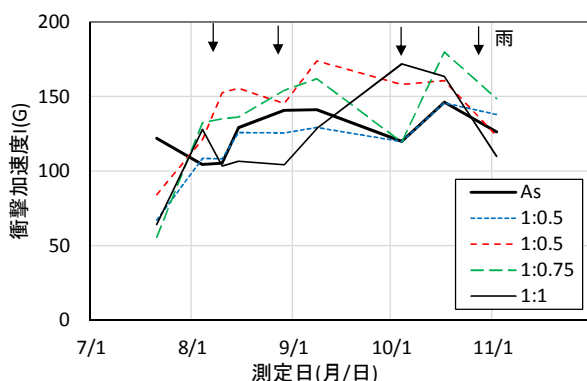


図-4 盛土表面の衝撃加速度の変化

図-5にAs廃材のみによる盛土のスウェーデン試験結果を示す。施工から約3か月後と4か月後のスウェーデン試験の結果であるが、時間経過により貫入量1mあたりの半回転数は増加しており、盛土の内部においても強度が増加していることがわかる。As廃材と再生土との混合土による盛土についても同様な傾向が見られ、本検討で使用したAs廃材も筆者らがこれまでに使用したAs廃材と同様に強度増加する材料であるといえる。

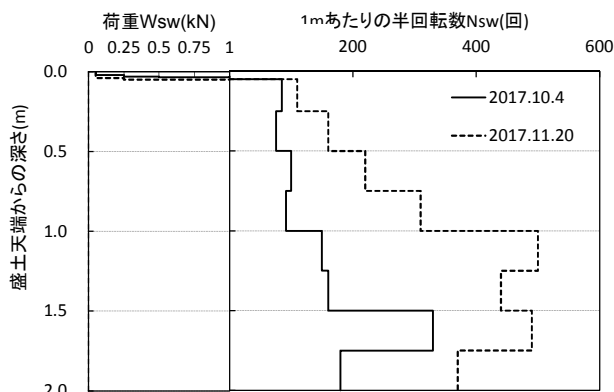


図-5 盛土のスウェーデン試験結果

e) 盛土の変状

As廃材による盛土の中で盛土高さ1.8mと2.4mの盛土には、施工直後から写真-2に示すようなひび割れが発生した。盛土のり面の変状がないことから、このひび割れは、盛土のすべり崩壊ではないことを確認している。ひび割れは、施工後1週間程度してから発生し、最終的に長さ2~3m、深さ10cm、幅1cm程度となった。このひび割れは盛土のり肩から約50cmの位置に発生し、11月2日には幅と深さが小さくなった。盛土高さ0.6、1.2mのAs廃材のみ盛土とAs廃材と再生土との混合土による盛土ではひび割れは発生しなかった。盛土高さを低くすることと再生土を混合することにより、盛土高さ1.8m以上のAs廃材のみによる盛土で発生したひび割れを抑制することができた。時間の経過とともにひび割れが小さくなったことから、今後継続的な調査を行いたい。

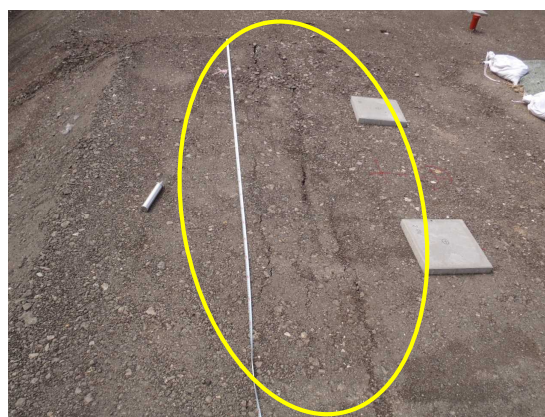


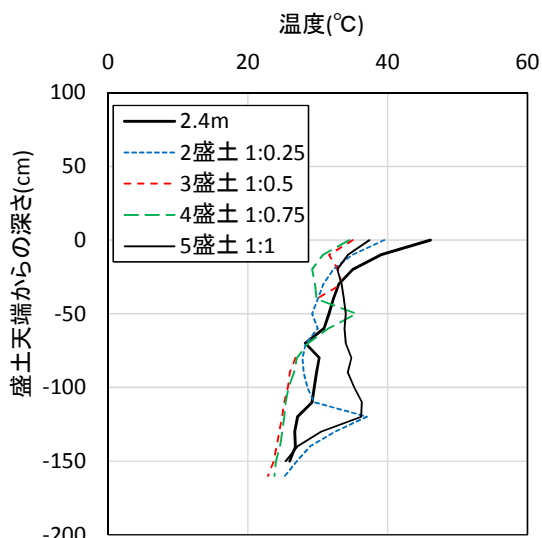
写真2 盛土天端の状況

f) 盛土内部の温度

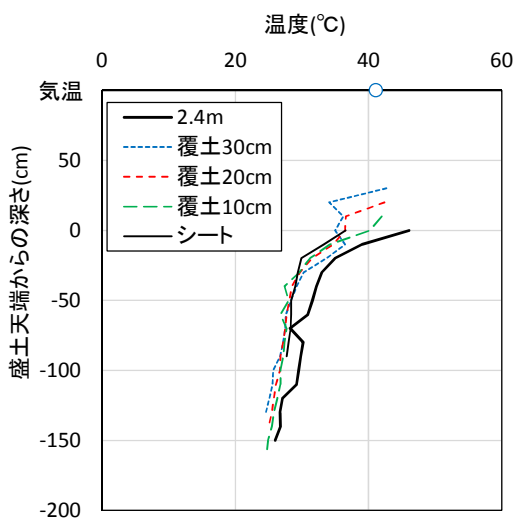
盛土内部の温度として計測期間の中で最大の温度を盛土表面からの深さごとに求めた。図-6(a)は、As廃材および

びAs廃材と再生土との混合土による盛土の温度変化を示したものである。温度が最大となった時期は深さごとに異なっているが、No.5盛土以外はAs廃材のみの盛土よりも盛土内の温度が低い傾向がある。このことから、再生土を混合することにより、盛土内の温度上昇を抑制できるといえる。

また、図-6(b)は、土木シートや覆土をした場合のAs廃材による盛土内の最大の温度を盛土表面からの深さごとに示したものである。覆土や土木シートのある盛土が、As廃材のみの盛土内の温度よりも低くなっており、これらが盛土内の温度上昇を抑制したといえる。覆土の厚さによる盛土内の温度に大きな違いがないことから、盛土内の温度上昇は覆土10 cm程度、土木シートにより抑制できることが期待できる。



(a) As廃材のみおよびAss廃材と再生土による盛土



(b) As廃材のみおよび被覆による盛土

図-6 盛土内の温度分布

(2) 凍上抑制層としての検討

As廃材について凍上性判定試験を行った。締固め度90%で供試体を作製した。試験結果を図-7に示す。凍上速度はほぼ0.0mm/hであり、非凍上性材料である。また、As廃材の粒径加積曲線を図-8に、凍上抑制層としての規格値の比較を表-3に示す。凍上抑制層用粗粒材料の粒度範囲にある。また、4.75mm以下に対する0.075mm通過率は0.73%で、切込碎石を凍上抑制層とする場合の規格値である15%以下で規格を満足している。これらのことから、今回計測したAs廃材は凍上抑制層に使用可能な材料であるといえる。なお、As廃材の種類によっては凍上抑制層としての規格外となる場合もあるので、使用前には各種試験を行わなければならない。

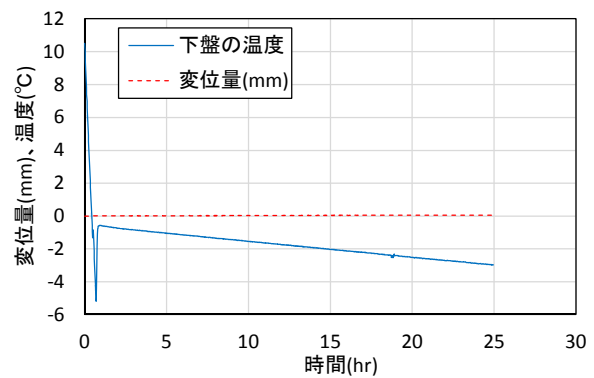


図-7 凍上試験結果

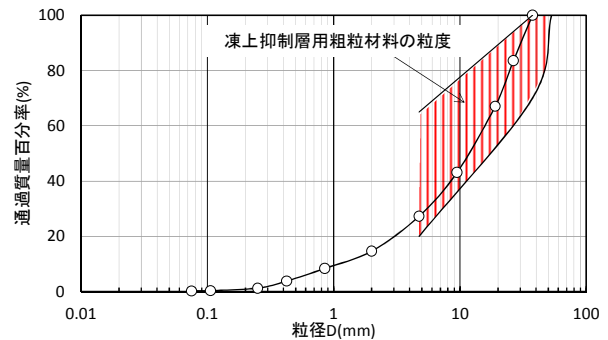


図-8 As廃材の粒度特性

表-3 凍上抑制層としての規格値の比較

	As廃材	規格値
53mm(%)	100	100
4.75mm(%)	273	20~65
0.075mm(%)	02	-
4.75mm以下に対する0.075mm通過率(%)	0.73	15以下
凍上速度(mm/h)	0	0.1以下

4. まとめ

本調査では、札幌市アスファルト再生プラント東工場で生産される再生骨材Ⅰ型について土木材料としての活用を目的として、実物大の試験盛土を行い有効利用の可否を調べた。本試験で使用したAs廃材と再生土のみに関することに限定されること、および調査期間が短いため現時点の成果であるが、次のことがわかった。

- (1)As廃材は盛土材として使用できる材料である。
- (2)As廃材による盛土は盛土高さが1.8m以上になるとひび割れや盛土の圧縮を発生する場合がある。これらの変状を抑制する方法として、盛土高さを小さくすること、土材料を混合することにより、変状を抑制できる可能性がある。盛土高さは1.2m以下、土材料との混合では体積比で25%程度以上である。
- (3)盛土の覆土や土木シートによる被覆は、As廃材による盛土内の温度上昇を抑制できる。
- (4)As廃材は非凍上性材料であり凍上抑制層として利用可能な材料である。

5. おわりに

本検討により、As 廃材の仮復旧、仮設用としての利用の他に盛土や凍上抑制層への利用の可能性を見いだした。今後さらに調査を進め、適用性を確実なものとしたいと考えている。

参考文献

- 1)佐藤厚子、横浜勝司：アスファルト廃材の地盤材料としての性質、第 12 回環境地盤シンポジウム発表論文集、pp.47-52、2017.
- 2)佐藤厚子、林憲裕、横浜勝司：発生材料による試験施工ーアスファルト廃材および高含水不良土ー、第 60 回（平成 28 年度）北海道開発技術研究発表会、2017.
- 3)公益社団法人地盤工学会：地盤調査の方法と解説、pp.770-789、2013.
- 4)北海道開発局：道路・河川工事仕様書、2-214、2017.
- 5)北海道開発局：道路・河川工事仕様書、北海道開発局独自 3-35-3-36、2017.
- 6)安倍隆二、高橋守人、早坂保則：寒冷地におけるアスファルト再生骨材の路盤材への適用に関する検討、土木学会舗装工学論文集第 4 巻、1999.
- 7)地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説、p.246、2009.