

アスファルト廃材の盛土材料としての利用技術調査

1. 目的

札幌市の道路工事等から発生するアスファルト廃材は、100%再生合材及び再生骨材 I 型として、製品化され有効利用されているが、アスファルト廃材の堆積量は増加傾向にあるのが現状である。100%再生合材については、平成28年度より交付金事業の表層材にも利用され用途が拡大しているが、再生骨材 I 型については、主に生活道路の凍上抑制層として利用されるのみに留まっている。そこで、アスファルト廃材の更なる利用用途拡大を目的に、道路盛土材として有効利用することが可能か検討するため調査を行った。

なお、本調査は、国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所との共同研究として実施した。

2. 調査内容

今回は、アスファルト廃材のみの盛土を主として調査を行った。また、寒地土木研究所が行った調査結果によると、アスファルト廃材と土の混合により沈下量が抑制されたことから、それを基に混合盛土の調査をあわせて行った。

試験材料は、アスファルト廃材として再生プラントに搬入されたものを破碎し、40-0mmに粒度調整した再生骨材 I 型を使用し、再生土として札幌市中沼路盤材リサイクルプラントの砕石・砂の生産過程で発生した脱水ケーキと火山灰を混合したストックパイルを使用した。試験場所は、札幌市中沼路盤材リサイクルプラントで行い、アスファルト廃材のみの盛土高は表-1に示したとおりとし、図-1のように施工した。さらに、寒地土木研究所の調査結果によると、アスファルト廃材は温度上昇で変異する性質がある。そのため、盛土の温度上昇を抑制することが可能か検証するため、高さ1.8mの盛土の一部に再生土による覆土を行い、高さ2.4mの盛土の一部にシートを敷設した。また、アスファルト廃材と再生土の混合盛土の盛土高は1.8mとし、混合割合の体積比は表-2に示すとおりとし、図-2に示す盛土を4種類施工した。施工方法は、バックホウで敷き均し、タイヤローラで転圧を行った。

表-1 アスファルト廃材のみの盛土高さ

高さ
2.4m
1.8m
1.2m
0.6m

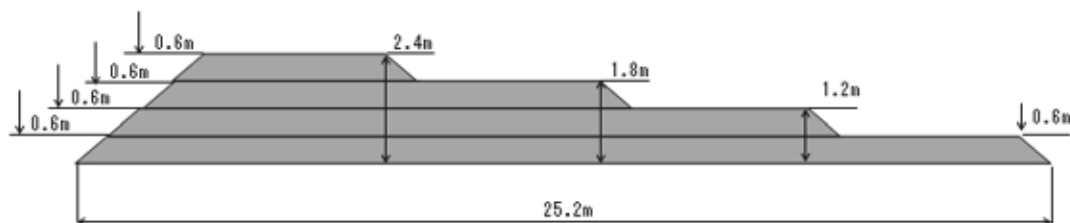
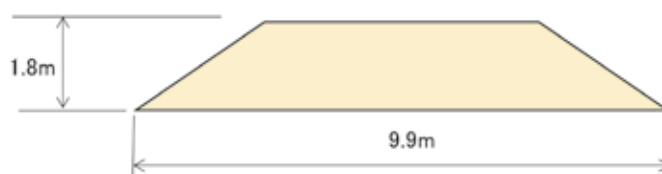


図-1 アスファルト廃材のみの盛土

表－2 アスファルト廃材と再生土の混合盛土混合比

混合比
1 : 0.25
1 : 0.5
1 : 0.75
1 : 1



図－2 アスファルト廃材と再生土の混合盛土

3. 調査項目

1) 施工密度

試験盛土の施工密度が開発局の道路盛土、河川堤防の基準値を満たしているか確認するため、盛土転圧後に砂置換法による土の密度試験（JIS A1214）を行った。

砂置換法による土の密度試験は、試験孔から掘り取った土の質量と掘った試験孔に充填した砂の質量から求めた体積を利用し、土の密度を求める試験である。

2) 沈下量

寒地土木研究所が実施した室内試験では、アスファルト廃材は20℃以上の温度環境において、時間の経過とともに沈下が確認された。今回の試験施工においても、沈下の可能性が考えられるため、測量機械を使用して盛土の高さ測定を行った。

3) 強度

強度の測定は、試験盛土内部の盛土材の状態が時間経過でどのように変化するのか、安定性を把握するために行った。なお、試験方法はスウェーデン式サウンディング試験（JIS A1221）を行った。

試験方法は、ロッド、スクリュー、錘などからなるスウェーデン式サウンディング試験装置を用いて土の硬軟又は締まり具合を判定する。荷重、半回転数などを測定し、強度に換算する試験である。

4) 温度

寒地土木研究所が実施した試験において、夏期の沈下量が大きかったことから、アスファルト盛土の変状と盛土内部温度の関係性を把握するために、盛土内部に温度計を設置した。

温度計はアスファルト廃材のみの盛土高さ1.8mの箇所と、土木シートと覆土した箇所、各混合盛土にそれぞれ設置した。なお、温度は天端（盛土の最も高い部分）から10cm毎の位置で測定することとした。

5) 盛土の変状

調査期間内において、試験盛土の外観にどのような変化があるかを確認するために、目視と計測による外観調査を行った。

6) 凍上抑制層としての検討

今回の調査にあわせて、凍上抑制層としての適用性を再確認するために、改めてアスファルト廃材の凍上試験（JGS（地盤工学会基準）0172）を行った。

凍上試験は、吸水させた供試体を使用し、温度を下げて凍結させる。これを凍上が止まるまで継続して、その時の凍上変位量と時間から凍上速度を求める試験である。

4. 結果及び考察

1) 施工密度

試験結果を表-3に示す。すべての盛土で締固め度（締固めの程度を表す指標）は、100%を超えて、開発局の道路盛土、河川堤防の基準値である締固め度90%を満足しており、良好な盛土が施工できた。このことから、今回調査の供試材料は、盛土材として十分に使用可能であると考えられる。

表-3 盛土の密度

盛土の種類	a 平均乾燥密度 (g/cm ³)	b 最大乾燥密度 (g/cm ³)	(a/b)締固め度 (%)
アスファルト廃材のみ	1.842	1.658	111
混合盛土 (1 : 0.25)	1.844	1.660	111
混合盛土 (1 : 0.5)	1.781	1.603	111
混合盛土 (1 : 0.75)	1.761	1.585	111
混合盛土 (1 : 1)	1.750	1.575	111

2) 沈下量

アスファルト廃材のみの盛土沈下量を図-3に示す。最も沈下量が大きかった盛土高2.4mで4.8cm（沈下率2.0%）、1.8mで2.5cm（沈下率1.4%）であった。盛土高0.6mで0.7cm、1.2mで1.4cm（沈下率はともに1.2%）となり、盛土高を低くすることで沈下量を低減できた。

混合盛土の沈下量は図-4に示すとおり、いずれの混合割合でも1.0cm未満と非常に小さく沈下率は最大で0.6%程度であった。

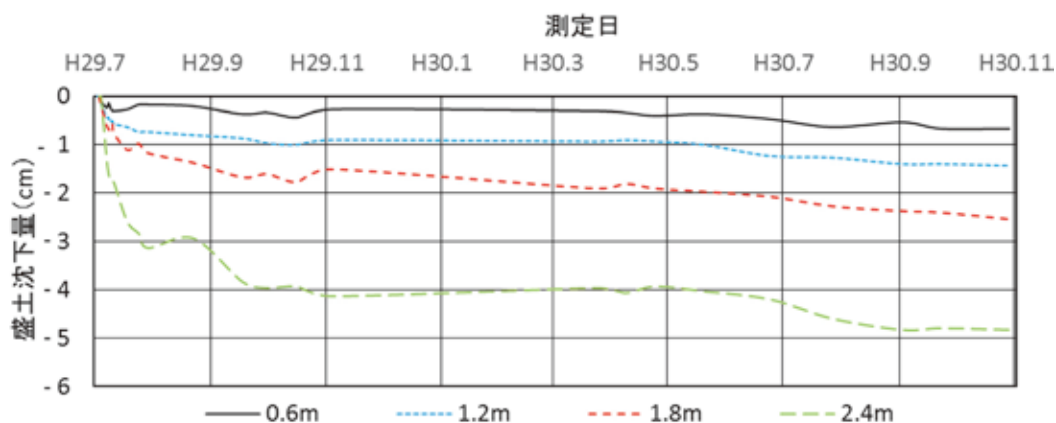


図-3 アスファルト廃材盛土沈下量

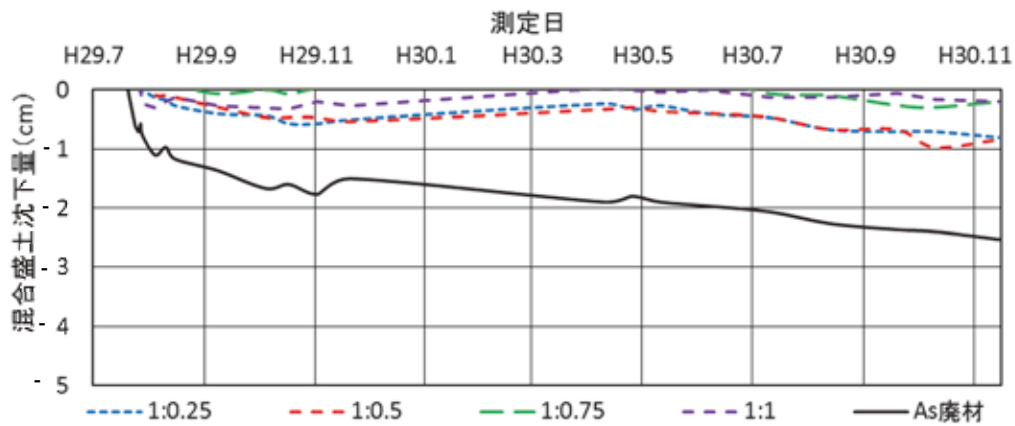


図-4 アスファルト廃材のみの盛土および混合盛土沈下量

3) 強度

アスファルト廃材のみの盛土のスウェーデン式サウンディング試験の結果を図-5に示す。強度の値を示す1mあたりの半回転数 N_{sw} は、平成29年10月4日の結果で最大360回、平成29年11月20日の結果で最大500回、平成30年5月11日の結果で最大600回、平成30年10月10日の結果で350回であった。なお、平成30年10月10日の貫入不可となる深さは、平成30年5月11日よりも上がっていることを確認した。

このことから、アスファルト廃材のみの盛土は時間の経過で強度が上がる傾向であり、貫入不可となる深さが上がっているため、安定しているといえる。

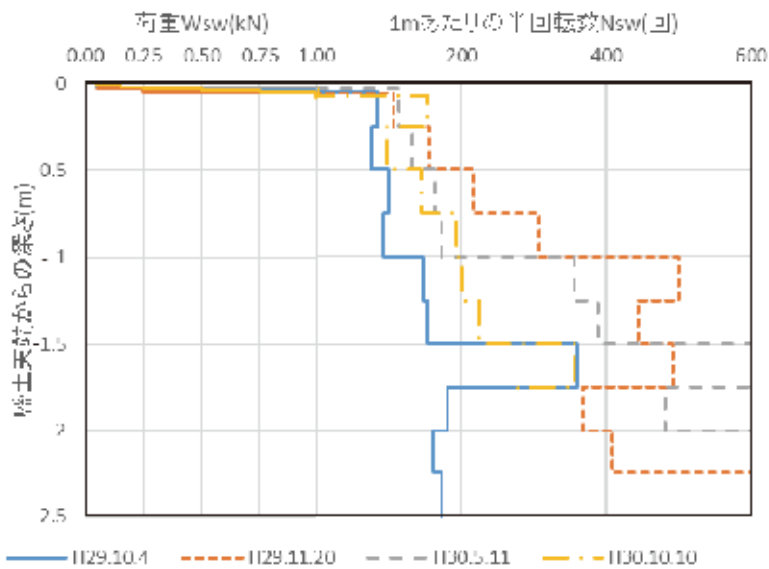


図-5 アスファルト廃材のみの盛土スウェーデン式サウンディング試験

4) 温度

測定結果のうち、**図-6**はアスファルト廃材のみの盛土と、混合盛土の各測定点の最高温度を示した。1：1の混合盛土以外は、アスファルト廃材のみの盛土よりも、盛土内の温度が低下する傾向を示しており、いずれの盛土においても上層よりも下層の方が、温度変化が少ないことがわかった。また、**図-7**は土木シートや覆土をした場所とアスファルト廃材のみの場所を比較したものである。アスファルト廃材のみの場所より、土木シートや覆土をした場所の方が、温度は低くなっており、盛土の温度上昇を抑制する効果があることが示された結果であった。

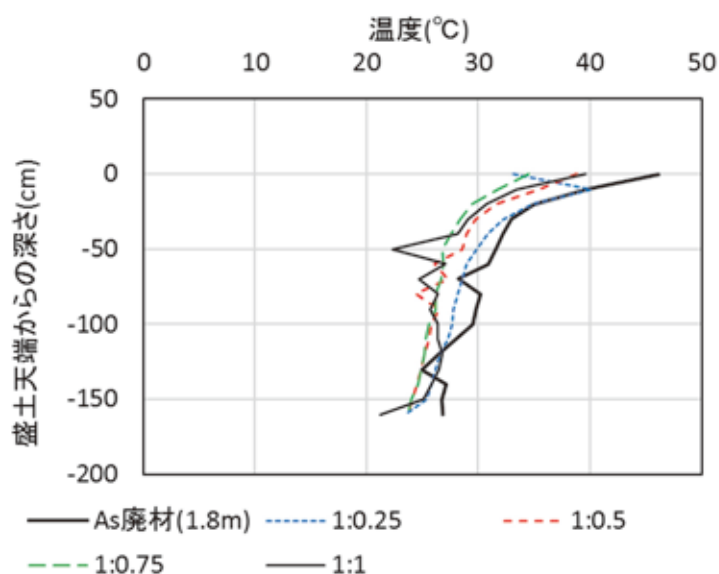


図-6 アスファルト廃材のみの盛土および混合盛土の温度測定

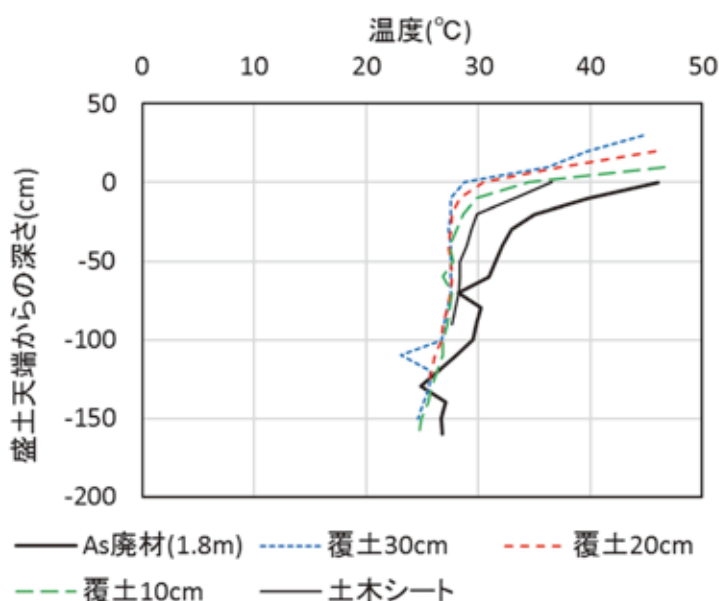


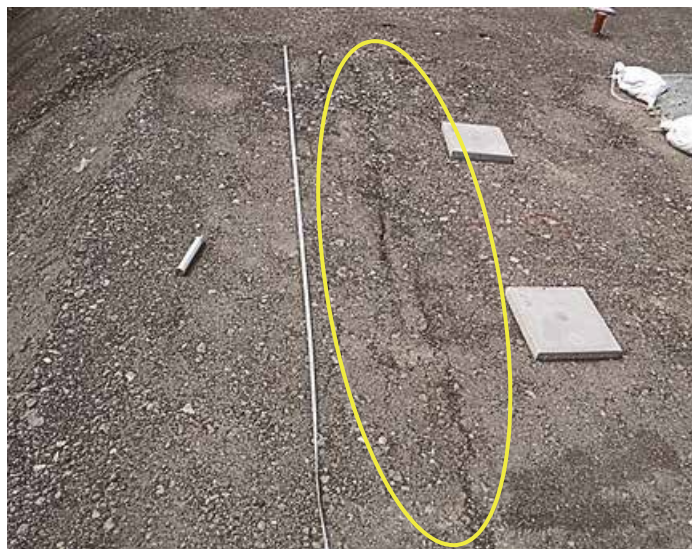
図-7 アスファルト廃材のみの盛土および被覆による温度測定

5) 盛土の変状

アスファルト廃材のみの盛土の盛土高1.8mと2.4mの天端で、施工後1週間程度経過してから、ひび割れが発生した。ひび割れの規模は長さ2～3m、深さ10cm、幅1cmであった（写真－1）。

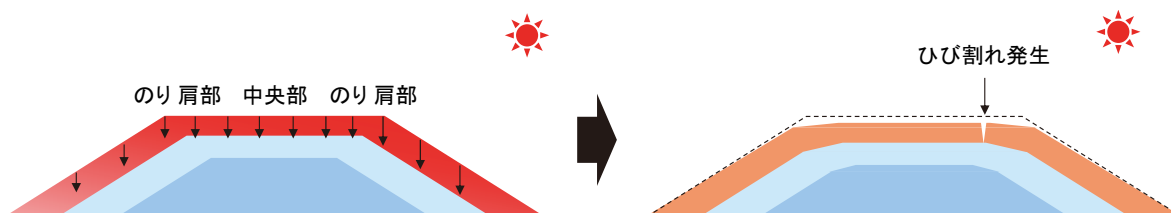
このひび割れは盛土ののり肩から約50cmの位置に発生し、施工後半年を経過するとほぼ埋まった。アスファルト廃材のみの盛土高0.6m、1.2mと混合盛土では、ひび割れは発生していない。

このことから、廃材のみの場合は盛土高を低くすることや再生土を混合することにより、盛土高さ1.8m以上のアスファルト廃材のみで発生した盛土のひび割れを、抑制できると考えられる。



写真－1 アスファルト廃材のみの盛土ひび割れ状況

ひび割れ発生の過程は、次のように考えられる。図－8に示すとおり盛土天端を中央部・のり肩部に分けると、中央部は直下に支持力のある材料があるため沈下のみとなる。のり肩部は中央部に比べ転圧しづらく、温度上昇により肩部も熱を持ち支持力が低下し、のり肩部が自由となって流動を起こしやすくなり、のり肩部にひび割れが発生したと考えられる。なお、ひび割れが発生したのは南側の直射日光が当たるのり肩部であったために、日射・気温上昇によるのり肩部のアスファルトの流動化が要因と考えられる。また、盛高が高いとのり長も長くなり、のり肩部のひび割れを助長することが考えられる。



図－8 ひび割れ発生イメージ

ひび割れ修復の過程は、ひび割れ発生部分のアスファルトの硬化に伴い粘着力が弱まり、ひび割れ部分が崩れ、細粒分がひび割れ部分に入っていくことにより埋まっていくと考えられる。

6) 凍上抑制層としての検討

試験結果を表-4に示す。凍上速度は0.0mm/hであり、非凍上性材料と考えられる。また、凍上抑制層用粗粒材料の粒度においても、それぞれの規格値を満足している。

これらのことから、今回計測したアスファルト廃材は凍上抑制層に使用可能な材料であるといえる。

表-4 凍上抑制層としての規格値比較

	アスファルト廃材 (再生骨材 I 型)	規格値
53mm以下通過率	100%	100%
4.75mm以下通過率	27.3%	20%~65%
4.75mm以下に対する 0.075mm通過率	0.73%	15%以下
凍上速度	0.0mm/h	0.1mm/h以下

1) ~ 5) の結果より、アスファルト廃材を用いた盛土は大きな沈下量には至っておらず、道路盛土材として利用可能な材料であると判断することができる。また、本施工の場合は、盛土の上に路盤、舗装が施工され、盛土天端が露出されることがないことから、さらに沈下量は小さくなり影響は少なくなると考えられる。

6) の結果より、アスファルト廃材（再生骨材 I 型）は凍上抑制層に使用可能な材料であるといえる。

5. まとめ

本調査は、アスファルト廃材の有効活用を目的として、試験盛土を行い有効利用の可否を調査した。今回の調査により、以下のことが確認された。

- ①アスファルト廃材は、開発局の道路盛土、河川堤防の基準値を満たしているため、盛土材として使用できる材料である。
- ②アスファルト廃材のみの盛土の場合、盛土高が1.8m以上になるとひび割れの発生や沈下量が大きくなる。これらを抑制する方法として、盛土高さを小さくすることと、土材料を混合することがあり、ひび割れや沈下を抑制できる可能性がある。アスファルト廃材のみの場合には、盛土高さ1.2m以下、土材料との混合では体積比でアスファルト廃材 1 に対し再生土を0.25以上とすることで、ひび割れは発生しなかった。
- ③盛土の覆土やシートによる被覆は、アスファルト廃材による盛土内の温度上昇を抑制できる。
- ④アスファルト廃材盛土内部の温度は、深さ60cm程度以下になると時間変化がなくなる。また、温度のピークは時期や再生土混合割合を問わず、上層より下層の方が低い。
- ⑤盛土天端のひび割れの発生は、日射・気温上昇によるのり肩部のアスファルトの流動化が要因であり、修復はひび割れ部分の崩れなどによって、時間の経過とともに幅が狭くなり、埋まると考えられる。
- ⑥アスファルト廃材は凍上試験の結果から、非凍上性材料であると考えられ、規格値を満たしていることから、凍上抑制層として利用可能な材料である。

(道路事業課 山辺 俊明)