

アスファルト廃材を用いた盛土の沈下とアスファルト性状の関係について

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 ○守田 稷人
 同 正会員 畠山 乃
 同 国際会員 佐藤 厚子

1. はじめに

現在の土木工事では、建設廃棄物のリユース・リサイクルが積極的に推進されている。アスファルト舗装の補修により発生する切削材や破砕材についても、舗装の新設時や補修時に新材と混合することで、アスファルト廃材を適切に有効活用しており、再資源化率は 99.5% に達している¹⁾。しかし、一部地域によっては、切削材や破砕材の発生量が多く、中間処理施設での再生利用量が少ないため、各施設のストック量が増大している。そこで、アスファルト廃材を活用するひとつの方法として盛土材に利用する方法を検討してきた²⁾。アスファルト廃材を用いた盛土の試験施工を行ったところ、盛土が沈下する現象が確認された。本検討ではこの要因を明らかにするため、盛土の基本物性値の把握とアスファルト廃材に付着するアスファルトの性状試験を行った。

2. 調査方法

① 盛土の施工

盛土に用いたアスファルト（以下、As と称す）廃材の基本物性値を表-1 に示す。いずれも自然含水比状態のコーン指数は高く、十分な締固めが可能な材料³⁾である。これらの材料を用いて図-1 に示す断面で盛土を施工した。盛土高別の沈下状況を把握するため、札幌、稚内で沈下板を施工基面に設置し、高さ 0.6m、1.2m、1.8m、2.4m の盛土を施工した。盛土延長は苫小牧 As、千歳 As は 7.7m、札幌 As は 4.5m、稚内 As は 6.0m である。施工は、仕上がり厚を各層 30cm とするよう転圧した。

表-1 試験に用いたアスファルト廃材の基本物性値

試料名		苫小牧As	千歳As	札幌As	稚内As
土粒子密度 $\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$		2.495	2.513	2.511	2.540
自然含水比 $w_n(\%)$		4.3	3.3	7.4	2.9
粒度特性	2000 μm ~ (%)	72.4	85.8	85.4	84.8
	75 ~ 2000 μm (%)	27.5	9.1	14.4	14.7
	~ 75 μm (%)	0.1	5.1	0.25	0.5
コンシステンシー限界	液性限界 $w_L(\%)$	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
	塑性限界 $w_P(\%)$	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
地盤材料の分類記号		G-S	G-FS	G-S	G-FS
最大乾燥密度 $\rho_{dmax}(\text{g}/\text{cm}^3)$		1.773	1.764	1.842	1.906
最適含水比 $w_{opt}(\%)$		10.2	9.2	11.8	3.7
コーン指数 $q_c(\text{kN}/\text{m}^2)$		1351	貫入不可	貫入不可	1750

The relationship between settlement of embankment using asphalt waste and asphalt properties

Kakuto MORITA, Osamu HATAKEYAMA and Atsuko SATO

Civil Engineering Research Institute for Cold Region

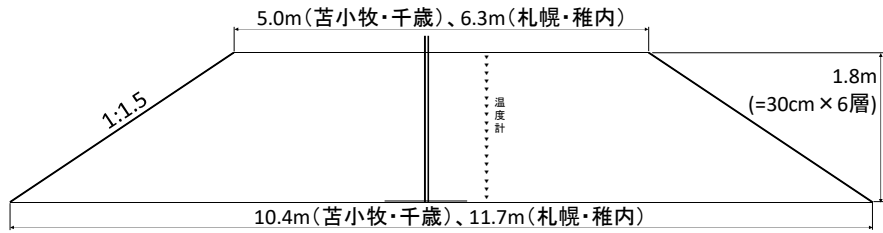


図-1 アスファルト廃材を用いた盛土の断面図 (H=1.8m の例)

②盛土の計測

各盛土について、盛土終了後1ヶ月間は10回/月程度、その後は1回/月以上の頻度で天端部の高さを3点ずつ計測した。また、盛土の中央部で表面から鉛直下方に10cm間隔に設置した温度計で1回/時間の頻度で温度を自動計測した。

③Asの性状の測定

As性状は、試験施工現場から採取した試料(切削材)からAsを回収し、針入度、軟化点、伸度を舗装調査・試験法便覧⁴⁾により測定した。

3. 試験結果

各盛土の経過日数、天端温度と沈下量を図-2、3に示す。苫小牧As廃材による盛土、千歳As廃材による盛土は、平成27年12月に施工後、沈下は10ヶ月ほどで収束した。天端温度の上昇とともに沈下量も大きくなる傾向となった。天端温度は4試料中、札幌As廃材による盛土がもっとも高く、稚内As廃材による盛土がもっとも低かった。札幌As廃材による盛土は平成29年7月、稚内As廃材による盛土は平成29年9月に施工後、ともに沈下は2ヶ月ほどで収束した。各盛土の最大沈下量は、苫小牧As廃材による盛土では27cm、千歳As廃材による盛土では20cmと大きかったのに対し、札幌As廃材による盛土では3cm、稚内As廃材による盛土では6cmと小さかった。

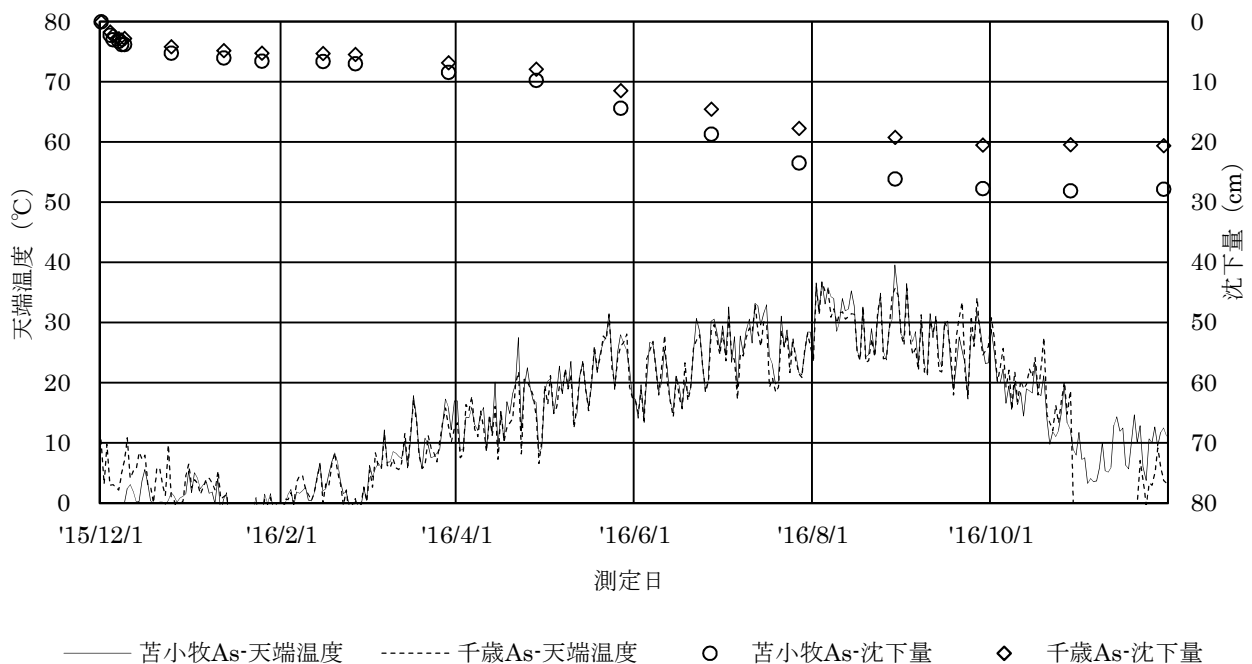


図-2 天端温度と沈下量 (苫小牧As、千歳As)

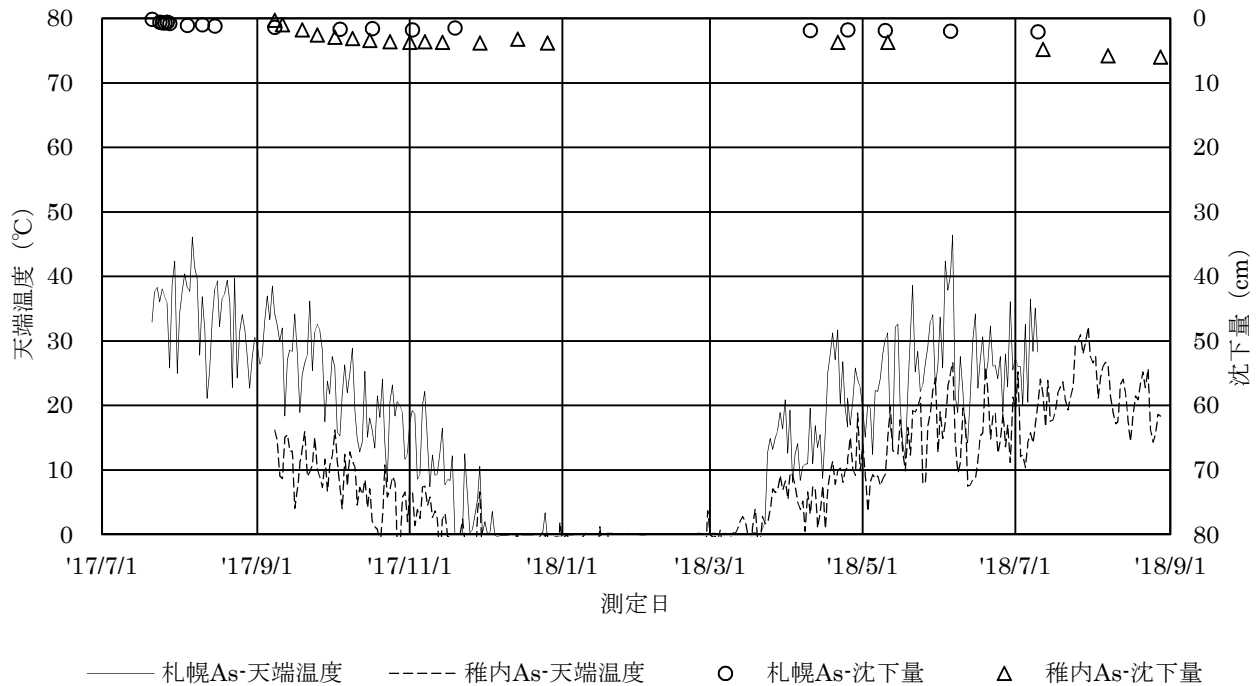


図-3 天端温度と沈下量（札幌 As、稚内 As）

札幌 As 廃材による盛土内の温度を、図-4 に示す。天端（0cm）温度は気温・日照により時間毎に大きく変化した。また、表面から深くなるにしたがい時間毎の変化が小さくなった。また、上層の最大温度になる時間より下層の最大温度となる時間が遅くなった。例えば、8月6日の最大温度は、天端温度が14時に対し天端から10cmが17時、天端から30cmが22時であり、この傾向は他の時期、他の試料でも同様であった。

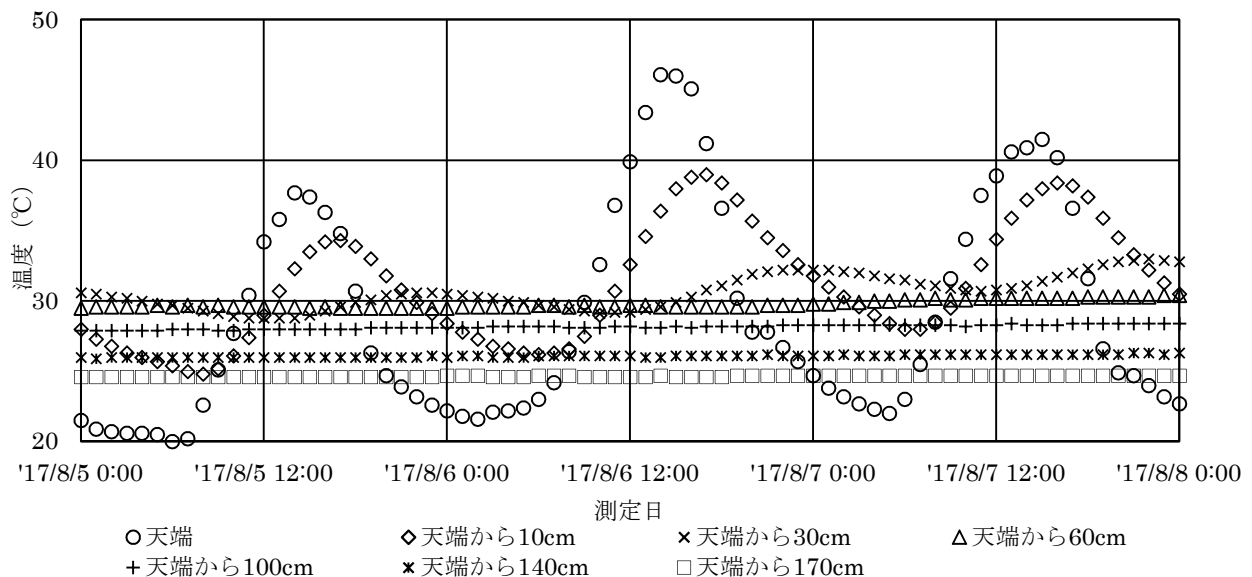


図-4 アスファルト廃材による盛土の深さ毎の温度の変化（札幌 As 廃材の例）

As 廃材による盛土の諸元と最大沈下量を表-2 に示す。締固め度は札幌 As 廃材による盛土がもっとも高く、苫小牧 As 廃材による盛土、稚内 As 廃材による盛土が低かったが、全ての盛土で盛土の管理基準値である締固め度 90%⁵⁾を上回っており盛土としての基準は十分満足している。次に天端温度 30℃以上となる頻度は、札幌 As 廃材による盛土がもっとも高く、稚内 As 廃材による盛土がもっとも低かった。切削前の舗装供用期間は、千歳 As 廃材による盛土がもっとも短かった。

表-2 アスファルト廃材による盛土の諸元と最大沈下量

項目	単位	苫小牧As	千歳As	札幌As	稚内As
盛土高さ	m	1.8	1.8	2.4	2.4
締固め度	%	95	101	111	96
最大沈下量	cm	27	20	5	11
最大粒径	mm	26.5	37.5	37.5	37.5
天端温度30℃以上の頻度 ^{※1}	回	227	212	400	77
切削前の舗装供用期間	年	16 ^{※2}	11	-	22

※1 測定頻度は1回/時間で、測定期間は盛土施工完了後1年間とした。

※2 苫小牧の切削前の舗装供用期間については、公共道路や空港と異なり試験関係車両のみ走行する極めて輪荷重の少ない環境であることに考慮が必要である。

盛土高 H=0.6、1.2、1.8、2.4m にて施工した札幌 As 廃材による盛土、稚内 As 廃材による盛土の沈下量を図-5 に示す。札幌 As 廃材による盛土の最大沈下量は盛土高 H=0.6、1.2、1.8、2.4m でそれぞれ 0.7cm、1.4cm、2.5cm、4.8cm で、沈下率（沈下量/盛土高）はそれぞれ 1.2%、1.2%、1.4%、2% だった。

稚内 As 廃材による盛土の最大沈下量は盛土高 H=0.6、1.2、1.8、2.4m でそれぞれ 1.4cm、4.1cm、5.7cm、11.4cm で、沈下率はそれぞれ 2.3%、3.4%、3.2%、4.8% だった。これより、盛土高が大きくなると沈下率は高くなるとともに、盛土自重の大きさは As 廃材による盛土の沈下に影響を与えらる。

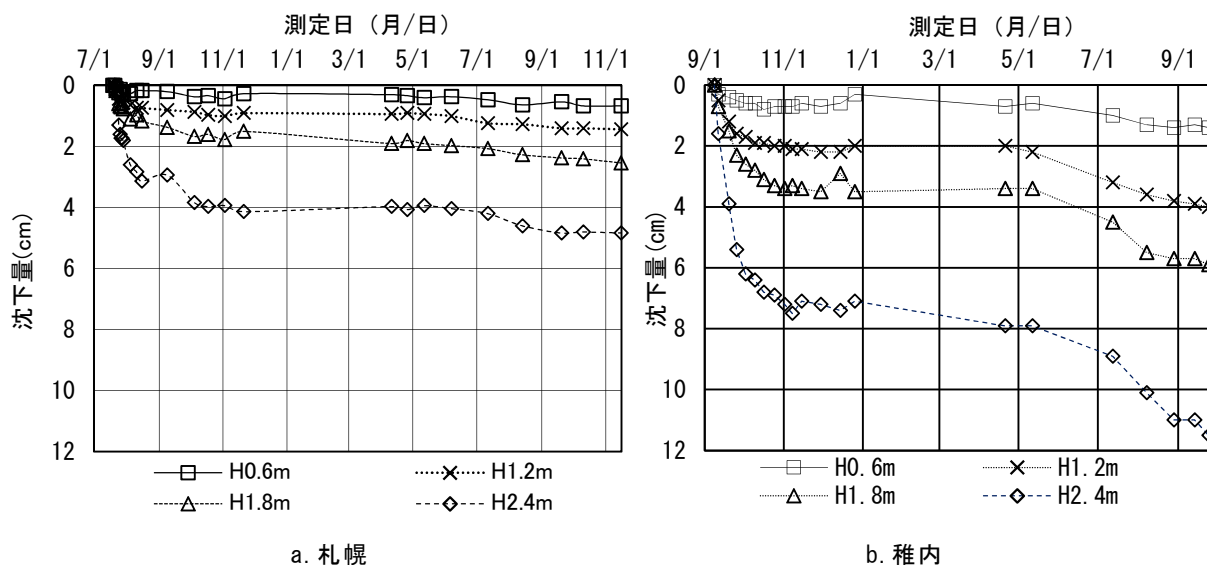


図-5 盛土高別沈下量の変化

締固め度をもっとも高い札幌 As 廃材による盛土ではもっとも沈下量が小さく、締固め度が低い苫小牧 As による盛土の沈下量が大きいため、締固め度は As 廃材による盛土の沈下量に影響を与えらる。

一般土砂の施工では、締固めた盛土の沈下率は、15m 程度の盛土高さにおいて施工後に生じる残留沈下量で 0.2~1% 程度といわれており⁹⁾、これと比較すると今回試験した As 廃材による盛土の最大沈下量は締固め度 95% の場合で 27cm（沈下率 15%）でありかなり大きい。

As 廃材は温度により変状する⁷⁾とされている。天端の温度が 30℃ 以上となる頻度について、沈下量と比較した。同程度の締固め度である苫小牧 As 廃材による盛土と稚内 As 廃材による盛土では、稚内 As 廃材によ

る盛土の沈下量が小さいことから、天端の温度が 30℃以上となる頻度が As 廃材による盛土の沈下量に影響を与える可能性がある。

As は、天然材料が古来より接着剤、防水材として利用されており、近年では原油を蒸留して製造される石油 As が道路舗装に多く利用されている。特徴としては、常温では固体、半固体、粘性の高い液体で、熱を加えると容易に軟化する。また、時間経過や使用環境に伴い劣化し硬化する特性がある。⁸⁾

As の性状と As 廃材による盛土の沈下量との関係を明らかにするため、As の性状試験を行った。

比較対象として新規 As の規格値とともに As 廃材による盛土の沈下量と各測定値の関係を図-6～9 に示す。なお、新規 As の規格値はストレートアスファルト 80-100⁹⁾であり、As 含有率の規格値は切削材を考慮して北海道内の国道で表層に多く使用される密粒度アスコン 13F とした。

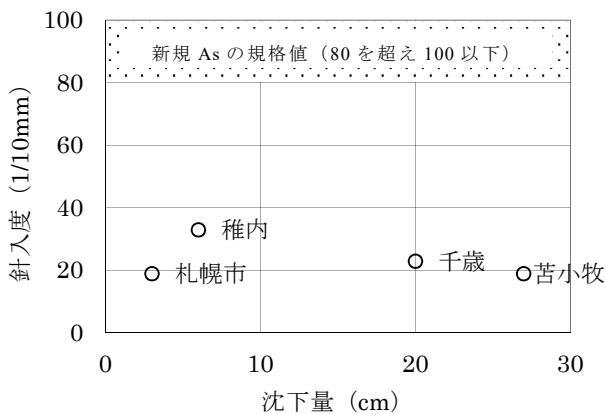


図-6 沈下量と針入度

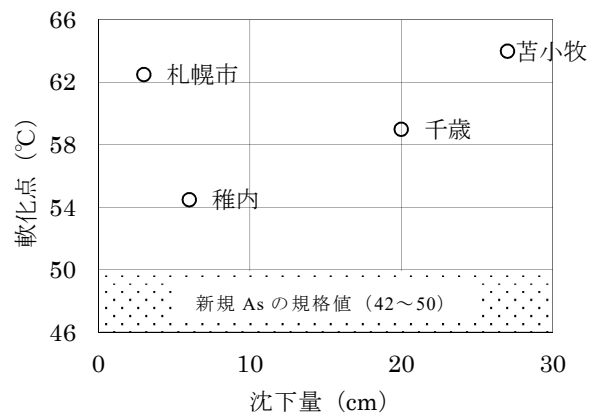


図-7 沈下量と軟化点

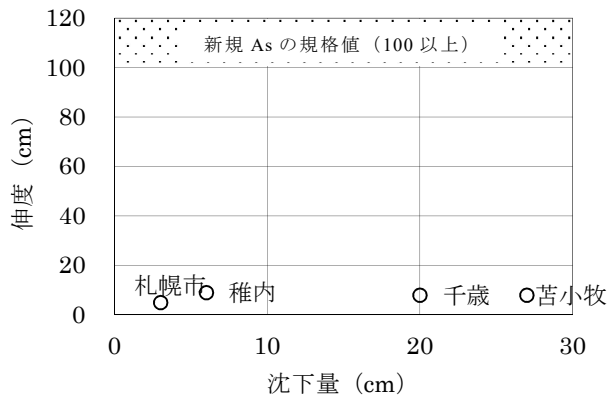


図-8 沈下量と伸度

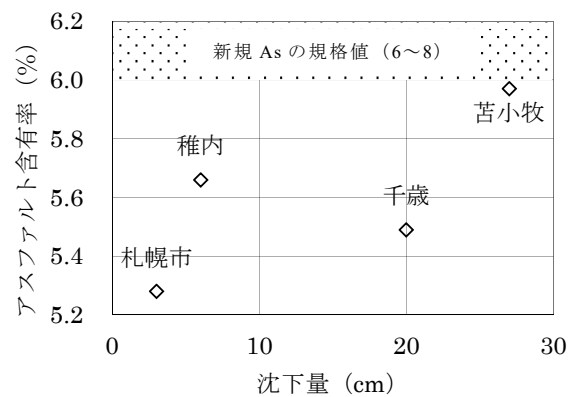


図-9 沈下量とアスファルト含有率

針入度試験は As の硬さを調べる試験で、針入度は舗装用石油 As (ストレートアスファルト) の品質規格の種類分けに使用されている。As が硬いと針入度が低く、As が軟らかいと針入度が高くなる。このため、針入度が高いと沈下量が大きくなると考えた。試験結果を示した図-6 では、新規 As に比べいずれも低く、硬化していることが確認できたが、針入度と沈下量の関係は確認できなかった。

軟化点試験は As が軟化する温度を調べる試験で、軟化点が低いと沈下量が大きくなると考えた。試験結果を示した図-7 では、新規 As に比べいずれも高く、劣化していることが確認できたが、軟化点と沈下量との関係は確認できなかった。

伸度試験は As の延性を調べる試験で、伸度が高いと沈下量が大きくなると考えた。試験結果を示した図-8 では、新規 As に比べいずれも低く、劣化していることが確認できたが、伸度と沈下量との関係は確認できなかった。

一方、各試験により As の性状確認はできたが、その性状による効果を発揮するためには As 廃材に含まれ

る As 含有率が重要と考えた。As 含有率の試験結果を示した図-9 では、苫小牧 As で 6%程度と 4 試料中もっとも高いことが確認できた。本試料は、比較的 As 量が多い配合が用いられる表層のみを切削した材料であったことから、As 含有率が高かったものと伺える。As 含有率が高いと沈下量も大きくなる傾向は確認できたが、サンプル数が少ないことや、締固め度等 As 含有率以外の要因が否定できないことから、As 含有率と沈下量の関係は確認できなかった。

4. まとめ

これまでの検討結果から、次のことがわかった。

- ①締固め度が高いと、As 盛土の沈下量は小さくなる。
- ②As 盛土の天端温度が 30℃以上となる頻度が低いと、As 盛土の沈下量は小さくなる。
- ③As 盛土の温度のピークは、時期や材料を問わず、上層より下層の方が遅い。
- ④盛土高が大きくなると沈下率は高くなるとともに、盛土自重の大きさは As 廃材による盛土の沈下に影響を与える。
- ⑤As 性状および As 含有率と As 廃材による盛土の沈下量に明確な関係性は確認できない。

5. おわりに

本検討により As 廃材による盛土の沈下に影響を及ぼす要因について、As 廃材に付着する As の性状や含有率よりも、天端温度や締固め度が As 廃材による盛土の沈下量に大きく影響すると考えられる。このため、路体盛土として使用する場合は、直射日光を避け温度上昇を抑制することや、施工時に締固め度を高くすることで沈下量を抑制できると考える。なお、今回の試験施工は、As 廃材による盛土を暴露させた条件としたが、実施工の場合には盛土の上に路盤、As 舗装が施工され暴露することはない。このため、大きな温度変化は発生せず沈下量は抑制できると考えられる。

今後は、As 廃材による盛土の上に路盤、As 舗装を施工し、さらに輪荷重をかけた状態における As 廃材による盛土の形状変化を確認したい。

謝辞：アスファルト廃材を用いた盛土の試験施工に際し、(一財)札幌市下水道資源公社と北海道開発局稚内開発建設部稚内港湾事務所に尽力頂きました。記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 国土交通省：平成 24 年度建設副産物実態調査結果参考資料，p.参考 1-1，2014.3
- 2) 佐藤厚子、林憲裕、横浜勝司：アスファルト廃材の盛土材料としての性質，地盤工学会北海道支部技術報告集第 56 号，pp.119-124，2016.
- 3) 社団法人日本道路協会：道路土工要綱（平成 21 年度版），p.287，2009.
- 4) 社団法人日本道路協会：舗装調査・試験法便覧，pp. [2] -113- [2] -139，2007.6
- 5) 北海道開発局：道路・河川工事仕様書，p.2-220，2018.4
- 6) 社団法人地盤工学会：盛土の調査・設計から施工まで「第一回改訂版」，p.137，1990.
- 7) 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，2016.
- 8) 谷口豊明、伊藤達也：アスファルトの劣化，ASPHALT Vol.33 No.164，p.67，1990.
- 9) 社団法人日本道路協会：舗装施工便覧（平成 18 年度版），p.19，2006.