

# アスファルト廃材を用いた盛土に関する研究 について

寒地土木研究所 寒地地盤チーム ○守田 穂人  
畠山 乃  
佐藤 厚子

アスファルト舗装の補修工事に伴い発生する廃材は再資源化が義務づけられており、再生加熱アスファルト合材等に再利用されているが、地域によっては廃材が余剰になっていることがある。

本研究では、アスファルト廃材単体及び土砂等の混合材料を用いた盛土の試験施工を行い、沈下計測、アスファルトの性状試験、層別密度試験を実施した。盛土として良好な結果を得たため、報告するものである。

キーワード：リサイクル

## 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（アスファルト廃材）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、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<sup>1)</sup>。しかし、一部地域によっては、切削材や破砕材の発生量が使用量よりも多く、各施設のストック量が増大することがある。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<sup>2)</sup>。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。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、

層別密度試験等を行った。

## 2. 調査方法

### (1) 盛土の施工

アスファルト（以下、Asと称す）廃材を盛土材に利用することを目的として、As廃材のみ、As廃材と不良土との混合材料、工事現場の発生土との混合材料での盛土を施工した。盛土に用いたAs廃材、不良土、発生土の基本物性値を表-1に示す。苫小牧As廃材、千歳As廃材、札幌As廃材、稚内As廃材は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<sup>3)</sup>である。不良土1は自然含水比が68.7%の高含水比土であり、コーン指数が57kN/m<sup>2</sup>で盛土に適さない。発生土1は、

表-1 アスファルト廃材と混合材料の基本物性値

試料名	苫小牧As廃材	千歳As廃材	不良土1	札幌As廃材	発生土1	稚内As廃材	発生土2	不良土2	
土粒子密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.495	2.513	2.722	2.511	2.489	2.540	2.648	1.949	
自然含水比 $w_n$ (%)	4.3	3.3	68.7	7.4	31.9	2.9	23.6	44.5	
粒度特性	2000 $\mu$ m~ (%)	72.4	85.8	32.2	85.4	19	84.8	9.7	-
	75~2000 $\mu$ m(%)	27.5	9.1	50.1	14.4	36	14.7	79.6	-
	~75 $\mu$ m(%)	0.1	5.1	17.7	0.25	45	0.5	10.7	-
コンシステンシー限界	液性限界 $w_L$ (%)	N.P.	N.P.	97	N.P.	59.7	N.P.	N.P.	-
	塑性限界 $w_P$ (%)	N.P.	N.P.	59.8	N.P.	31.2	N.P.	N.P.	-
地盤材料の分類記号	G-S	G-FS	SFG	G-S	SFG	G-FS	FG	Pt	
最大乾燥密度 $\rho_{dmax}$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.773	1.764	1.007	1.842	1.376	1.906	1.512	0.562	
最適含水比 $w_{opt}$ (%)	10.2	9.2	49.1	11.8	29.5	3.7	18.6	79	
コーン指数 $q_c$ (kN/m <sup>2</sup> )	1351	貫入不可	57	貫入不可	貫入不可	1750	852	31	

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脱水した再生土である。発生土2は砂質土である。不良土2は自然含水比445%の泥炭で、コーン指数31kN/m<sup>2</sup>で盛土に適さない。各As廃材と不良土、発生土の混合比率と盛土の高さを表-2に示す。苫小牧施工区のNo.1の混合は、あらかじめ室内試験によりトラフィカビリティの確保できる混合比率を求めたところ4:3であった。なお、千歳As廃材は、敷均しのみで転圧を伴わない盛土も施工した。

これらの材料を用いて図-1に示す形状で盛土を施工した。苫小牧施工区では、盛土が沈下しないよう基礎材として砂利を厚さ50cmで敷設した上に盛土を施工した。札幌、稚内施工区では、地盤が軟弱であり盛土施工により地盤沈下が懸念されたことから、地盤沈下と盛土体の沈下を区別するため沈下板を設置した。

As廃材と不良土または発生土との混合に使用した機械は、千歳As廃材、札幌As廃材はバックホウを、稚内As廃材はロータリー式スタビライザーを使用した。いずれも団塊になることのない様、丁寧に攪拌した。苫小牧As廃材による盛土、千歳As廃材による盛土は11月に、札幌As廃材による盛土は7月に、稚内As廃材による盛土は9月に施工した。

## (2) 試験方法

### a) 盛土の沈下計測

各盛土の変状を調べるため、盛土天端にコンクリート版を1箇所につき3枚設置し高さを測定した。測定頻度は1回以上月とした。

### b) 盛土の温度計測

盛土天端から深さ10cmずつ計器を設置し、1時間ごとに盛土天端および盛土内の温度を測定した。

### c) 盛土の密度計測と開削調査

苫小牧、札幌、稚内施工区で盛土施工時に盛土の密度を測定した。また、苫小牧施工区では盛土を開削し表面から30cmごとに密度、強度として衝撃加速度<sup>4)</sup>、含水状態を調べた。

### d) Asの性状試験

土砂盛土と比べAs廃材を用いた盛土は温度上昇とともに沈下する傾向を過年度の検討<sup>4)</sup>により確認したこと

表-2 As廃材と不良土、発生土との混合比率と盛高

苫小牧施工区			稚内施工区		
No.	混合比率	盛高	No.	混合比率	盛高
	As : 不良土1			As : 発生土2 : 不良土2	
1	4(千歳As) : 3	1.8m	1	As 廃材のみ	0.6、1.2、1.8、2.4m
2	苫小牧As廃材のみ	1.8m	2-1	4 : 1 : -	1.2m
3	千歳As廃材のみ	1.8m	2-2	4 : 2 : -	1.2m
4	千歳As廃材のみ(転圧なし)	1.8m	2-3	4 : 3 : -	1.2m
札幌施工区			2-4	4 : 4 : -	1.2m
No.	混合比率	盛高	3-1	4 : - : 0.5	1.2m
	As : 発生土1		3-2	4 : - : 1.0	1.2m
1	As 廃材のみ	0.6、1.2、1.8、2.4m	3-3	4 : - : 1.5	1.2m
2	4 : 1	1.8m	3-4	4 : - : 2.0	1.2m
3	4 : 2	1.8m	※混合比は体積比である。		
4	4 : 3	1.8m			
5	4 : 4	1.8m			

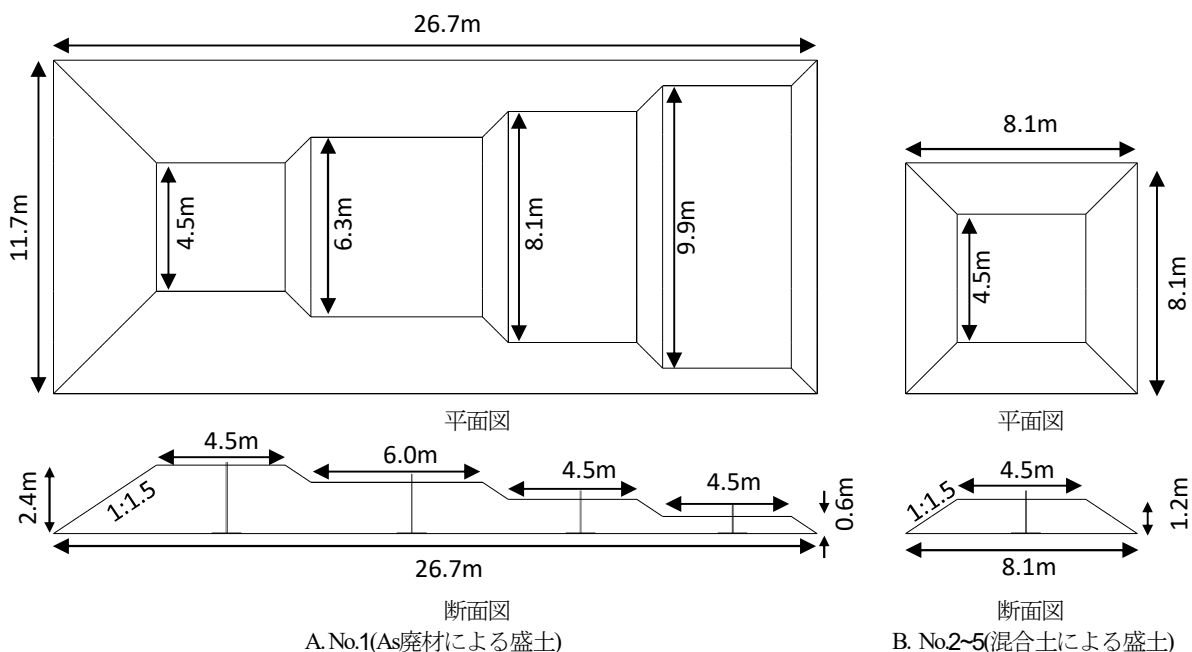


図-1 盛土の形状 (稚内施工区の例)

から、As廃材の骨材表面に付着しているAs成分を抽出し、針入度試験、軟化点試験、伸度試験を実施し、劣化の程度を測定した。

### 3. 試験結果

#### (1) 施工性（盛土施工時の状況）

As廃材単体盛土については、どの施工区でも十分な締固めができた。

苫小牧施工区の不良土1は千歳As廃材と混合することでコーン指数は474kN/m<sup>2</sup>となり、十分な締固めができた。

稚内施工区のコーン指数31kN/m<sup>2</sup>の不良土2は、稚内As廃材との混合により混合後の含水比は10%程度まで低下しコーン指数は1200kN/m<sup>2</sup>以上となりトラフィカビリティが十分確保できる材料に改良できた。

#### (2) As廃材による盛土の天端の沈下量

##### a) 苫小牧As廃材、千歳As廃材

約3ヶ年に渡り観測したAs廃材による盛土の沈下量を図-2に示す。最初の年の夏期での沈下量が大きく、その後は冬期に隆起が確認されたものの、沈下がこれ以上進むことはないことがわかった。また、千歳As廃材と高含水比不良土の混合土による盛土の最大沈下量が7cmで最も小さく、他のAs廃材による盛土の最大沈下量の1/3から1/4程度に抑えられた。

##### b) 札幌As廃材

沈下量を図-3に示す。As廃材による盛土で最大沈下量2.5cm、全ての混合土による盛土で最大沈下量1cm未満となり、発生土1との混合が沈下抑制に大きな効果がある。また、苫小牧As廃材、千歳As廃材と比べ札幌As廃材による盛土の最大沈下量が小さかった。これは、札幌As廃材による盛土の締固め度が111%とかなり高かったことが要因と考えられる。さらに、混合土においては、発生土1の混合比率が高い方（As廃材の混合比率が低い方）が沈下量が小さいことが確認された。施工直後の夏期の沈下量は大きいですが、その後の沈下は小さく2度目の夏期での沈下も0.5cm程度と小さいことから、沈下が収束したと判断できる。

##### c) 稚内As廃材

稚内施工区の沈下量を図-4に示す。As廃材による盛土で最大沈下量4cm程度、発生土2との混合土による盛土で最大沈下量2.3cm、不良土2との混合土による盛土で最大沈下量3.2cmであり、苫小牧As廃材、千歳As廃材と比べAs廃材による盛土の最大沈下量が小さかった。発生土2との混合土による盛土では、As廃材の混合比率が低いほど沈下量が小さく、発生土2の混合により盛土の沈下抑制に効果があったといえる。一方、不良土2との混合土による盛土では、As廃材の混合比率が高いほど沈

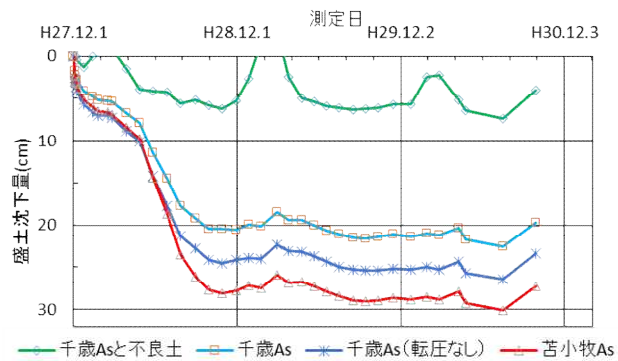


図-2 盛土沈下量（苫小牧As、千歳As）

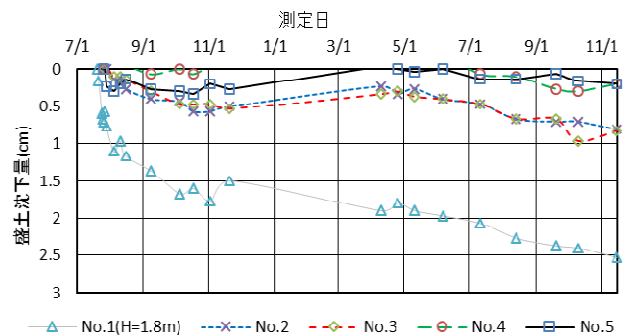


図-3 盛土沈下量（札幌As）

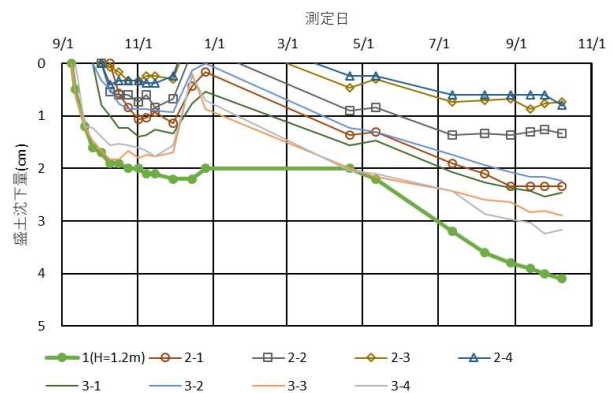


図-4 盛土沈下量（稚内As）

下量が小さかった。これは、泥炭が有機質で空隙が大きいため、泥炭の圧縮沈下の影響が大きかったものと考えられる。

#### (3) 盛土の変状（のり面の変状および天端のひび割れ）

As廃材を用いた盛土、As廃材と混合材料との混合盛土とものにり面崩壊やのり面侵食、すべり破壊などは発生しなかったため、盛土体としての安定性は十分確保しているといえる。過去の調査<sup>9)</sup>から、As廃材を用いた盛土のみならずAs廃材と混合材料との混合盛土において、施工直後に天端のり肩部に写真-1に示す様な部分的なひ

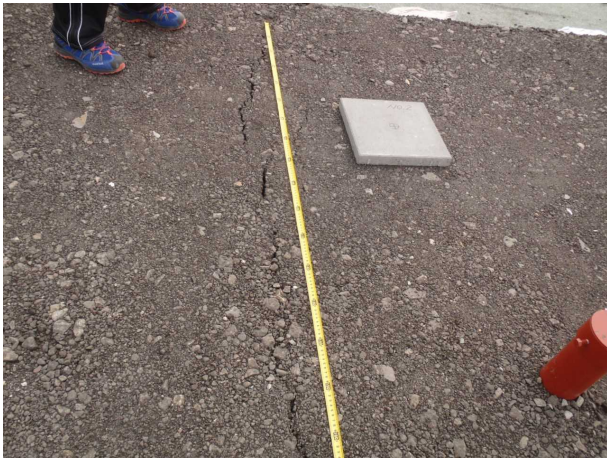


写真-1 盛土天端のひび割れ発生状況の例 (札幌施工区)

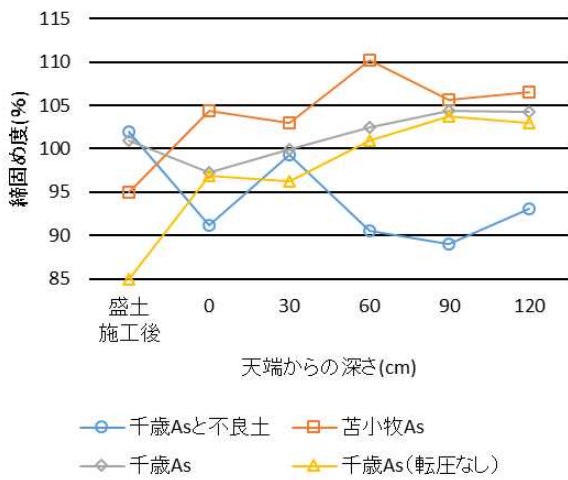


図-5 開削時の締固め度 (苫小牧As、千歳As)

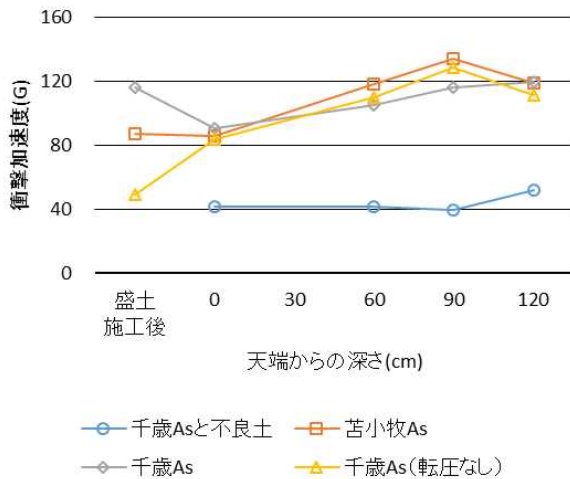


図-6 開削時の衝撃加速度 (苫小牧As、千歳As)

ひ割れが発生したが、時間経過とともに埋まった。これは、のり肩部は中央部に比べ一方が自由端となり流動を

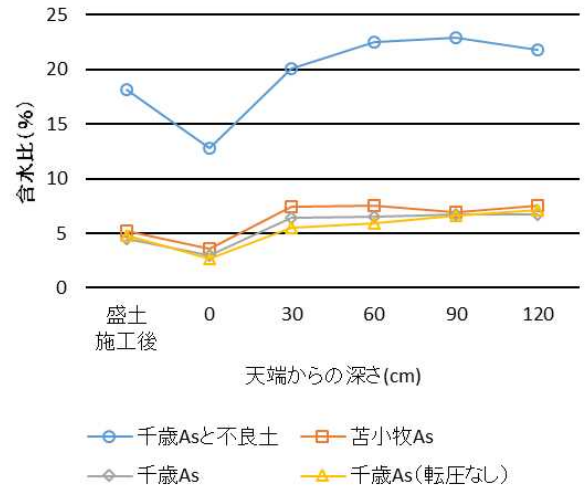


図-7 開削時の含水比 (苫小牧As、千歳As)

起こしやすくなるひび割れが発生し、その後ひび割れ部分が崩れることにより埋まっていくためと考えられる。

#### (4) 時間経過した盛土の締固め度、衝撃加速度、含水比

苫小牧施工区において施工から3年経過した盛土の締固め度を図-5に示す。千歳As廃材と不良土の混合盛土は深さ30cmの締固め度が大きいが高さによる締固め度の差はほとんどなかった。一方、As廃材単体盛土は深くなるにしたがい締固め度が高くなる傾向を確認した。

表面からの深さと衝撃加速度の関係を図-6に示す。千歳As廃材と不良土の混合盛土はどの深さでもほぼ一定値だったが、As廃材単体盛土は種類に関わらず表面から深くなるにしたがい大きくなる傾向となることを確認した。

さらに密度試験で採取した試料の含水比を図-7に示す。千歳As廃材と不良土の混合盛土は、3年経過しても含水比は高い状態であった。また、盛土内部の含水比は表面からの深さに関わらずほぼ一定であり、いずれのAs廃材も天端が盛土内部より若干小さいことがわかった。

#### (5) Asの性状試験

As廃材単体盛土の内、1.8m盛土の諸元とAs性状を表-3に示す。締固め度は札幌As廃材が最も高く最大沈下量も3cmと最も小さいことから、十分な締固めを行えば沈下量は小さくなることが伺える。また、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廃材による盛土を比較すると30°C以上の頻度が高い苫小牧As廃材による盛土の方が沈下量が大きく、天端温度が高い方が沈下量が大きくなることが伺える。苫小牧As廃材による盛土の沈下量は27cmで盛土高さの15%であったことから、苫小牧As廃材のAs成分が他のAs廃材と異なる性状かを確認するため、性状試験を行った。

表-3 As廃材による盛土の諸元とAs性状

項目	単位	苫小牧As	千歳As	札幌As	稚内As	規格値
締固め度	%	95	101	111	96	90以上 <sup>※2</sup>
最大沈下量	cm	27	20	3	6	-
天端温度30℃以上の頻度 <sup>※1</sup>	回	227	212	400	77	-
針入度	1/10mm	19	23	19	33	20以上 <sup>※3</sup>
軟化点	℃	64.0	59.0	62.5	54.5	-
伸度	cm	8	8	5	9	-
As含有率	%	5.97	5.49	5.28	5.66	3.8以上 <sup>※3</sup>

※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 道路・河川工事仕様書の管理値<sup>6)</sup>とした。

※3 アスファルトコンクリート再生骨材の品質<sup>7)</sup>によった。

積雪寒冷地域で使用するストレートアスファルト80-100の規格値<sup>8)</sup>は、針入度：80を超え100以下、軟化点：42～50℃、伸度：100以上、であり、いずれも規格値をはずれていることから劣化が進んでいることがわかる。しかし、アスファルトコンクリート再生骨材の品質のAs含有率は、いずれも規格値を満足する値となり、アスファルトコンクリート再生骨材の品質を満たす性状であったことから、再生骨材としての利用は可能なAs廃材であることは確認できた。

#### 4. まとめ

これまでの試験結果から、次のことがわかった。

- ①本試験施工で使用した全ての混合材料について、As廃材単体による盛土より混合材による盛土の方が沈下量が小さくなり、沈下抑制効果がある。
- ②締固め度が高いと沈下量が小さい。
- ③天端温度が30℃以上となる頻度が高いと、沈下量が大い。
- ④盛土施工後に発生する天端のひび割れは、時間経過とともに埋まる。

⑤As廃材盛土の内部は3年経過しても安定している。

#### 5. おわりに

本調査により、As廃材を用いた盛土は、盛土の安定性は十分であり、As廃材を盛土に利用することができるといえる。一般土砂と比較して大きな沈下が発生することが確認されているため、今後沈下の要因となる物性値がないか確認する必要がある。また、本試験施工ではAs廃材を暴露させた条件としたが実施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は抑制できると考えられることから、これについても確認したい。さらに、As廃材と発生材との混合により、これらの材料の有効活用が可能となる。

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ご尽力頂きました。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、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)公益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)北海道開発局：道路・河川工事仕様書、p.4-39、2018.4
- 5)佐藤厚子、林憲裕、横浜勝司：発生材料による試験施工-アスファルト廃材および高含水比不良土-、第60回（平成28年度）北海道開発技術研究発表会
- 6)北海道開発局：道路・河川工事仕様書、p.2-220、2018.4
- 7)公益社団法人日本道路協会：舗装再生便覧（平成22年度版）、p.11、2010.11.
- 8)社団法人日本道路協会：舗装施工便覧（平成18年度版）、p.19、2006.2.