

フェロニッケルスラグ細骨材によるアスコンの塑性流動抵抗性の向上に関する研究

長岡技術科学大学大学院 建設工学専攻 交通工学研究室 渡辺 舞花

1. はじめに

非鉄金属スラグは、建設分野への利用を見込んで製造されているが、利用されずに処分されてきたものが多い。このような非鉄金属スラグを有効利用するため、破砕し粒度調整を施して舗装用の再生砂としての使用することが検討されている。一般的に非鉄金属スラグは産業廃棄物として扱われており、アスコンの細骨材として業界に受け入れられるには、通常の細骨材よりも優れた性能を有していることが望まれる。

そこで本研究では、非鉄金属スラグの中でも、我が国における建設資材としての環境基準をすべて満たすフェロニッケルスラグ (Fe-Ni スラグ) について着目し、Fe-Ni スラグ細骨材によるアスコンの塑性流動抵抗性の向上について検討した。

2. 使用細骨材の基本物性

本研究では、我が国で一般的に使用される天然砂 (粗砂) に加え、Fe-Ni スラグを細骨材として使用した。

Fe-Ni スラグは熔融状態のスラグの生成方法によって種類が異なり、ロータリーキルンで溶解後、水を用いて冷却する水冷スラグと、電気炉で溶解後、空気を吹きつけて冷却した風砕スラグが製造されている。ここでは、これら2種類のFe-Ni スラグと粗砂の物性を評価して比較を行った。

各細骨材の基本物性を表-1 に示す。比重は Fe-Ni スラグが粗砂に比べ大きく、水冷スラグと風砕スラグの比重は大きな差がない。しかし、吸水率については風砕スラグが他の骨材の2倍程度の値となっている。

表-1 各細骨材の基本物性

項目	粗砂	水冷	風砕
表乾比重 (g/cm ³)	2.598	3.008	2.924
かさ比重 (g/cm ³)	2.566	2.984	2.864
見掛比重 (g/cm ³)	2.649	3.057	3.052
吸水率 (%)	1.22	0.79	2.18

3. 細骨材粒子形状の評価 (FAA 試験)

Fe-Ni スラグは粒子形状に特徴があり、塑性流動抵抗性の向上に寄与することが定性的に知られている。そのため、粒子形状に留意した評価方法が必要であることから、本研究では細骨材の粒子形状を相対的に評価する FAA 試験を実施した。FAA 試験は、細骨材を所定のエネルギーで詰めた場合の空隙率を測定し、その値で粒子の角張り度を相対的に評価するものである。本文ではこの評価値を FAA 値と表記する。同じ粒度分布であれば、粒子形状が角張っていて表面のきめが粗いほど空隙率は大きくなり、その逆であれば空隙率は小さくなるという考えに基づいて評価する方法である。

試験結果を表-2 に示す。水冷スラグは一般的な細骨材よりも FAA 値がかなり大きく、角張り度が高いことが分かる。一方、風砕スラグは粗砂よりも FAA 値がやや小さく、角張り度は天然砂とほぼ同程度である。このことより、同じ Fe-Ni スラグでも製法によっては粒子形状がかなり異なっていることが理解される。

表-2 各細骨材の FAA 値

項目	粗砂	水冷スラグ	風砕スラグ
FAA 値	43.5	49.8	43.0

4. アスファルト混合物の配合設計

本研究では、検討用アスコンの種類を密粒度アスファルト混合物 (20) とした。配合設計の条件を統一するため、アスファルト混合物の目標粒度は標準の中央粒度とし、アスファルト量は一律 5.0% とした。細骨材の配合割合とその合成 FAA 値を表-3 に示す。合成 FAA 値とは、各細骨材の FAA 値をその配合率で按分して算出したものである。配合設計後に作製した各アスコンの物性値は、水冷スラグの配合割合が多くなると空隙率が増加する傾向が見られた。一方風砕スラグは、配合割合に対する空隙率の傾向は認められなかった。

表-3 各細骨材の配合割合

識別名	配合割合	合成FAA値
天然砂	粗砂のみ	43.5
水冷10	粗砂:Fe-Ni(水砕)=3:1	45.1
水冷20	粗砂:Fe-Ni(水砕)=1:1	46.7
水冷30	粗砂:Fe-Ni(水砕)=1:3	48.2
風砕10	粗砂:Fe-Ni(風砕)=3:1	43.4
風砕20	粗砂:Fe-Ni(風砕)=1:1	43.3
風砕30	粗砂:Fe-Ni(風砕)=1:3	43.1

5. 塑性流動抵抗性の評価

各配合のアスコンにおける塑性流動抵抗性を比較するため、ホイールトラッキング (WT) 試験を実施した。試験は舗装調査・試験法便覧に記載されている方法を遵守した。合成 FAA 値と WT 試験の動的安定度 (DS) の関係を図-1 に示す。水冷スラグを使用したアスコンは、天然砂のものより DS の値が大きく、さらに量が多くなるにつれて DS 値が大きくなっている。一方、風砕スラグを使用したアスコンでは、風砕 10 は天然砂のものより DS 値が大きい。しかし、配合量を多くすると DS 値が低下し、風砕 20 と風砕 30 のものは天然砂のものよりも DS 値が小さい。以上の結果より、水冷スラグは塑性流動抵抗性を向上させる効果があり、わだち掘れ対策において有効な細骨材であること、及び風砕スラグは 10%程度の配合割合であれば代替材として使用可能であることが明らかになった。

FAA 値については、天然砂のものより風砕 10 のほうが小さいが、DS 値は風砕 10 のほうが大きくなった。しかし、各骨材での FAA 値の大小と DS 値を比較すると、水冷スラグは量が多いほど FAA 値が大きくなっており、それに伴い DS 値も大きくなっている。これに対し、風砕スラグは量が多いほど FAA 値が小さくなり、それに従って DS 値も小さくなる。これらの結果より、FAA 値が大きい細骨材の量を多く配合すると塑性流動抵抗性は高くなることが分かった。

6. ひび割れ抵抗性の評価

各アスコンのひび割れ抵抗性を評価するため、静的曲げ試験を実施した。試験は舗装調査・試験法便覧に規定されている方法を遵守した。曲げ試験の結果として合成 FAA 値と破壊時ひずみの関係を図-2 に示す。Fe-Ni スラグを配合した全てのアスコンは天然砂のものよりも破壊時ひずみが小さく、配合量が多いほど破

壊時ひずみは小さい。さらに、水冷スラグの量が最も多い水冷 30 は、破壊時ひずみが全配合のなかで最も小さな値であった。以上の結果から、Fe-Ni スラグを使用したアスコンは天然砂のものよりもひび割れ抵抗性が低下する傾向にあることが確認された。

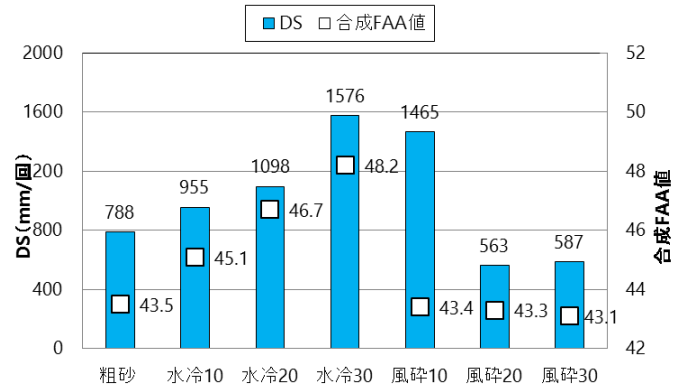


図-1 合成 FAA 値と DS の比較

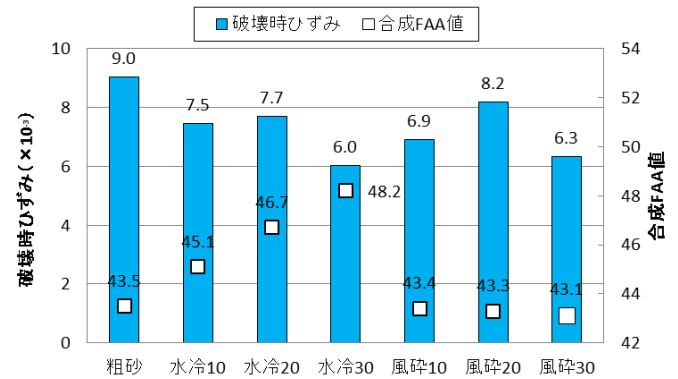


図-2 合成 FAA 値と破壊時ひずみの比較

7. まとめ

本研究では、Fe-Ni スラグの製法による粒子形状の違いが塑性流動抵抗性に及ぼす影響を調査し、Fe-Ni スラグ細骨材の適用性と適正な配合割合について検討した。本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 水冷スラグは、配合量が多いほど塑性流動抵抗性が向上し、逆に風砕スラグは量が多いと塑性流動抵抗性が低下してしまう。
- 2) Fe-Ni スラグ細骨材は、ひび割れ抵抗性を低下させる傾向がある。
- 3) ひび割れ抵抗性を著しく低下させることなく、塑性流動抵抗性を向上させる Fe-Ni スラグ細骨材の配合割合は、水冷スラグは 20%、風砕スラグは 10%程度である。