

銅スラグ細骨材を用いた舗装用コンクリートのアブレイジョン摩耗抵抗性に関する実験的研究

徳島大学大学院 フェロー ○橋本親典 和歌山県庁 非会員 西平朋生
徳島大学大学院 正会員 渡邊 健 徳島大学技術支援部 正会員 石丸啓輔

1. はじめに

銅スラグ骨材は、銅を製錬する際に副産される溶融スラグを水砕し、粒度調整を施したものである。2014 年度で年間約 300 万トンが副産されている¹⁾。銅スラグ骨材は、現在 JIS A 5011-3「コンクリート用スラグ骨材—第三部：銅スラグ骨材」として規格化されている。本研究では、銅スラグ細骨材（CUS と称す）の用途拡大を図るために、舗装用コンクリートに着目した。

CUS は、絶乾密度が 3.48g/cm³ と高密度であり、砕石・砕砂などの普通骨材と比較して硬質である。しかしながら、骨材界面が平滑でブリーディングが発生しやすい。CUS をコンクリート用骨材に一部混入した舗装コンクリートの耐摩耗性、各種強度、ブリーディングに関する実験を実施し、CUS コンクリートの舗装用コンクリートとしての利用の可能性について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

実験は 2 つのシリーズから構成される。シリーズ 1 は、舗装用 CUS コンクリートの配合選定のため予備的な実験であり、CUS を 0% から 100% までの範囲内で置換した。シリーズ 2 は、フライアッシュ II 種（FA と称す）を混入しブリーディングの発生を抑制させ、置換率を最大 50% の範囲内で変化させた。表-1 に本研究で使った材料の物性値、表-2 にシリーズ 1 の配合表、表-3 にシリーズ 2 の配合を示す。配合名は、無置換のものが N、CUS で置換したものは、CUS を砕砂に対し容積置換した置換率で表現した。

2.2 試験方法

表-4 に試験項目および方法を示す。ブリーディング試験および静弾性係数試験はシリーズ 2 でのみ実施した。写真-1 に示す ASTM C779 を参考にしたアブレイジョン摩耗試験を材齢 28 日において実施した。本試験はドレッシングホイールのすべり作用によりコンクリート表面にアブレイジョン摩耗を生じさせるものである。摩耗損失率(%)は、試験前の質量 W₁(g) から各測定時間における試験体の質量を差し引いたものを摩耗損失量 W₂(g) とし、以下の式(1)により摩耗損失率(%)を算出した。

$$\text{摩耗損失率}(\%) = \frac{W_2}{W_1} \times 100 \tag{1}$$

表-1 使用材料物性値

使用材料	記号	密度 (g/cm ³)	物性値または成分
普通ポルトランドセメント	C	3.16	-
フライアッシュ II 種	FA	2.22	強熱減量: 2.60%, 比表面積: 3420g/cm ²
阿波市市場町産砕砂	S	2.57	吸水率: 1.77%, 粗粒率: 2.63
銅スラグ細骨材	CUS	3.48	吸水率: 0.52%, 粗粒率: 2.53
板野町大坂産砕石 (最大寸法 20mm)	G	2.57	吸水率: 1.64%, 実積率: 59.4%
AE 剤	AE	1.04	アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤

表-2 配合表 (シリーズ 1)

		単位量 (kg/m ³)						添加量 (C × %)
配合名	W/C (%)	s/a (%)	W	C	S	CUS	G	AE
N	40	40	165	413	673	-	1029	0.02
CUS30			164	410	472	278	1032	0.01
CUS50			160	400	341	468	1043	0.008
CUS100			155	388	-	935	1057	0.004

表-3 配合表 (シリーズ 2)

			単位量 (kg/m3)						添加量 (C+FA)×%
配合名	W/C (%)	s/a (%)	W	C	FA	S	CUS	G	AE
N	40	40	165	413	—	673	—	1029	0.020
CUS20			164	410	58	472	185	1032	0.025
CUS30			164	410	58	405	278	1032	0.025
CUS50			160	400	59	273	468	1043	0.020

表-4 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法	備考
スラブ	JIS A 1101	5±1.5cm
空気量	JIS A 1113	4.5±1.5%
ブリーディング	JIS A 1123	0.3cm ³ /cm ² 以下
圧縮強度	JIS A 1108	標準水中養生 28 日
曲げ強度	JIS A 1106	標準水中養生 28 日
引張強度	JIS A 1113	標準水中養生 28 日
静弾性係数	JIS A 1149	標準水中養生 28 日
アブレイジョン摩耗試験	ASTM C779	シリーズ 1: 120 分, シリーズ 2: 360 分, 材齢 28 日



写真-1 アブレイジョン摩耗試験装置

3. 実験結果および考察

3.1 フレッシュ性状

表-5にフレッシュ性状を示す。図-1にシリーズ2のブリーディング試験結果を示す。シリーズ1では、CUS置換率が増加するに従い、CUSの影響を強く受けスランプが増大し、CUS50とCUS100においては目標スランプ値を得ることができなかった。一方、シリーズ2では、混和剤の添加量を調整し、CUS置換率増加に伴うスランプ増大はみられなかった。シリーズ2のCUSコンクリート3配合のブリーディング量は、AIJの基準値 $0.3\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 未満であり、CUSコンクリートによるブリーディングはFAによって抑制できた。

3.2 強度試験

図-2に圧縮強度、図-3にシリーズ2の静弾性係数と圧縮強度の関係を示す。シリーズ1と2とも、CUSを混入したコンクリートは、無置換のコンクリートに比べ、圧縮強度が高かった。ただし、シリーズ2は、シリーズ1ほど顕著ではなかった。既往の研究においても、CUS無混入と比較してCUSコンクリートの強度が高いということではなく、本実験においても同様な結果になった。静弾性係数と圧縮強度の関係は、通常のコンクリートとほぼ同様な関係であった。

3.3 アブレイジョン摩耗試験

図-4にアブレイジョン摩耗試験結果を示す。シリーズ1では、材齢28日の試験体を水中養生から取り出し直後にウェスで表面の水分をふき取った状態でアブレイジョン摩耗試験を実施した。そのため実験中の供試体の乾燥状態が変化し、質量変化率に及ぼす可能性が考えられた。そのため、シリーズ2では、試験体を24時間気中で乾燥させてから摩耗試験に供するようにした。試験体を乾燥させたため、回転時間が360分でシリーズ1の3倍にも関わらず、摩耗損失率の数値は小さい値であった。今回のアブレイジョン摩耗試験は、コンクリート表面の摩耗粉の発生を評価するものである。摩耗粉自体の量は微量である。しかしながら、試験後のCUSコンクリートの表面にCUSの表面が露出していることを確認にしており、アブレイジョン摩耗抵抗性を定量的に評価可能と判断した。

シリーズ1では、CUSを混入したコンクリートは無置換のものに比べ、摩耗損失率が小さくなった。FAを混入したシリーズ2では、CUS置換率の増加とともに摩耗損失率は減少傾向にある。したがって、CUSを混入した舗装用コンクリートは、良好な擦り減り抵抗性を有しているといえる。

4. まとめ

CUSを混入することで、舗装コンクリートのアブレイジョン摩耗の抵抗性の向上を図る可能性がある。

参考文献

1)土木学会編：銅スラグ骨材を用いたコンクリートの設計施工指針，コンクリートライブラリー147，2016.7

表-5 スランプおよび空気量試験結果

シリーズ1			シリーズ2		
配合名	SL(cm)	Air(%)	配合名	SL(cm)	Air(%)
N	6.0	4.5	N	5.0	5.9
CUS30	4.5	4.7	CUS20	4.0	4.1
CUS50	7.0	4.2	CUS30	5.5	4.1
CUS100	11.0	4.4	CUS50	5.0	3.9

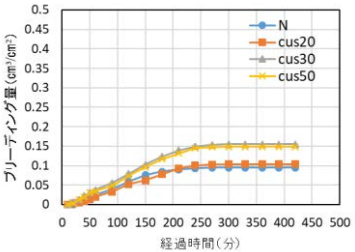


図-1 ブリーディング量

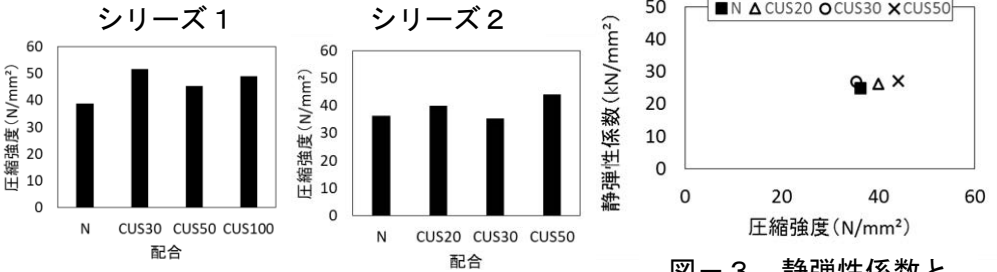


図-2 圧縮強度試験結果

図-3 静弾性係数と圧縮強度の関係

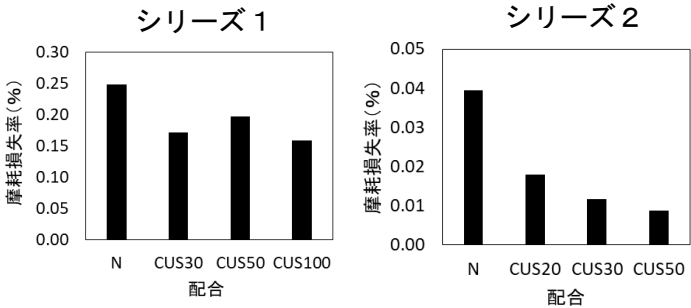


図-4 アブレイジョン摩耗試験結果