

高炉スラグ微粉末を固化材に用いた中央混合方式 CAE 混合物に関する検討

前田道路(株) 技 術 部 正会員 ○谷口 博
 技 術 部 正会員 越 健太郎
 技術研究所 齋藤 啓大

1. はじめに

中央混合方式セメント・アスファルト乳剤安定処理（以下、CAE）混合物は、セメントの剛性とアスファルト乳剤（以下、乳剤）のたわみ性を有した高付加価値路盤材である。本混合物は、工場で製造し、ダンプトラックで運搬した混合物を施工するものであり、これまでに室内検討、試験練り、試験施工および構造評価を経て実用化に至っている。

本混合物は常温製造であるため、アスファルト安定処理路盤に比べて製造時の CO₂ 排出量を削減することが可能な環境面にも優れた材料である。ここでは、更なる CO₂ 排出量削減および他産業再生資材の有効利用を目指して、固化材に一般的に用いている普通セメントの代替として高炉スラグ微粉末の検討を行った。

本報は、高炉スラグ微粉末を用いた場合の混合物性状および混合物製造時の CO₂ 排出削減量について、取りまとめて報告するものである。

2. 使用材料および混合物の配合

2-1 高炉スラグ微粉末

高炉スラグ微粉末は高炉水砕スラグを粉砕したものであり、主に高炉セメントの材料として使用されている。外観は写真-1 に示す通りであり、潜在水硬性を有しているため、少量の刺激材（アルカリ）を加えることで水和反応を起こし固化する。ただし、一般にセメントの水和反応に比べて反応速度が遅いと言われている。



写真-1 高炉スラグ微粉末

2-2 基本配合および性状

混合物の配合および混合物性状は表-1, 2 に示す通りであり、一般的に主骨材には、再生路盤材（RC40-0）を使用するが、下層路盤に用いる材料であるため、CAE 混合物としては粒度が粗くなる傾向がある。そのため、粒度調整材として細骨材やスラグ細粒分、アスファルト再生骨材 5～0mm（R5-0）等の材料を混入することが好ましい。このように、2 種類以上の材料を混合することで、粒度調整が可能となり、出荷時の混合物粒度のバラツキも抑えることができるため、品質の向上および安定に役立つと考える。ここでは、R5-0 を 30% 混入する配合で検討を行った。

表-1 混合物の配合

骨材配合(%)		乳剤量 (%)	セメント量 (%)
RC40-0	R5-0		
70	30	2.0	1.5

表-2 代表的混合物性状

項目	一軸圧縮強さ (MPa)	一次変位量 (1/100cm)	残留強度率 (%)
試験値	2.25	18.3	76.8
※品質規格	1.5～2.9	5～30	65以上

※舗装再生便覧参照

表-3 固化材の検討配合

配合	固化材量(%)			固化材に 含まれる 刺激材の 配合割合 (%)
	高炉スラグ 微粉末	刺激材 (普通セメント)	総量	
配合①	1.500	0	1.5	0
配合②	1.275	0.225		15
配合③	1.200	0.300		20
配合④	1.125	0.375		25
配合⑤	0	1.500		100

3. 混合物性状

高炉スラグ微粉末の水和反応は普通セメントに比べて遅いと言われている。そのため、強度発現の把握および促進を行うため表-3 に示すように刺激材量を変化させ検討を行った。なお、刺激材には強度不足および強度発現の遅れを補うことを目的とし普通セメントを用いた。

キーワード：高炉スラグ微粉末、刺激材、再生路盤材、セメント・アスファルト乳剤安定処理路盤(CAE)

連絡先：〒141-8665 東京都品川区大崎 1-11-3 前田道路(株)技術部 TEL 03-5487-0030 FAX 03-5487-0037

3-1 一軸圧縮強さ

図-1に各配合の一軸圧縮強さを示す。図からわかるように、材例7日および28日ともに刺激材の配合割合の違いによる一軸圧縮強さの明確な差は見られず、十分に規格を満足する結果であった。高炉スラグ微粉末は通常アルカリ等の刺激材を加えないと水和反応を起こさないが、刺激材無添加(配合①)でも、普通セメント単体(配合⑤)と同程度の強度であった。これは、骨材にコンクリート発生材より製造されるRC40-0を用いているため、刺激材の代わりとなった為であると考えられる。骨材を碎石とし、刺激材無添加の場合、混合物は全く固化することなく試験不可能であったことから、RC40-0が刺激材の役割を果たしていると言える。また、これは混合物の製造時において少量の粉体(刺激材)を均一に混合することは困難であるという課題の解決にもなるため、配合①を採用し以下の検討を行うこととした。

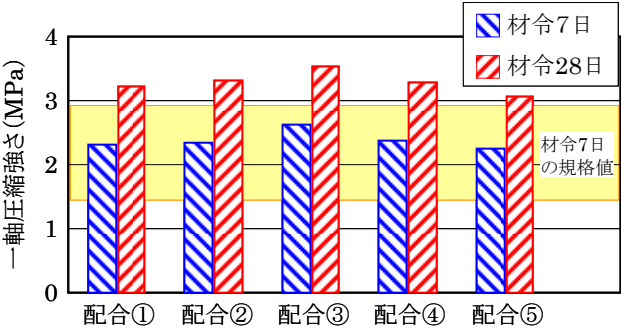


図-1 固化材の配合と一軸圧縮強さ関係

3-2 強度発現

上記に示したように、高炉スラグ微粉末を普通セメントの代替として使用しても、材例7日以降では同程度の混合物性状を有し、さらにRC40-0を使用した場合、刺激材は必要ないことが確認できた。そのため、刺激材無添加の配合およびセメント単体についての強度発現を確認するため、7日以内の若材令についても一軸圧縮試験を行い強度の確認を行った。試験結果を図-2に示す。材令7日までの若材令における強度発現についても、高炉スラグ微粉末と普通セメントに差はなく、固化材の割増しは必要ないことが確認できた。

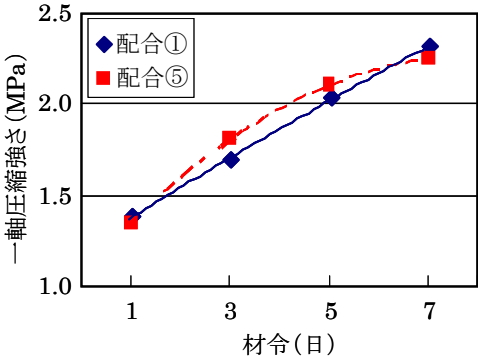


図-2 若材令における一軸圧縮強さ

3-3 再現性

RC40-0を骨材として使用する場合、刺激材が必要ないことが分かった。ただし、使用するRC40-0によってコンクリートの微粒分量および状態が異なるため、異なる数カ所の工場で製造されたRC40-0について、一軸圧縮試験により混合物性状の再現性を確認した。その結果、高炉スラグ微粉末1.5%（刺激材無添加）、材令7日で、一軸圧縮強さはいずれも2.3~2.7MPaであり、著しく強度低下を起こすことなく、規格値を十分に満足する高い値であった。なお、その他の性状についても問題なかった。

4. CO₂ 排出量削減効果

本混合物のCO₂原単位を表-4に示す。固化材に高炉スラグ微粉末を使用することで、製造時のCO₂排出量を普通セメント使用時の半分以上に、高炉セメントB種使用時の60%程度に削減できる。また、同一T_Aにおいて、再生粒度調整碎石に比べて材料製造時のCO₂排出量20%程度削減できる。

表-4 各材料のCO₂原単位

材 料		CO ₂ 原単位 (kg-CO ₂ /t)	等値換 算係数	標準的 密度 (g/cm ³)	1m ² , T _A =1cm 相当のCO ₂ 原単位 (kg-CO ₂ /m ²)
本混 合物	普通セメント	21.5	0.65	2.1	0.695
	高炉セメントB種	16.7		2.1	0.540
	高炉スラグ微粉末	9.9		2.1	0.320
再生粒度調整碎石		6.8	0.35	2.1	0.408
再生アスファルト安定処理混合物		37.9	0.80	2.3	1.090

5. まとめ

本検討により、中央混合方式CAE混合物の固化材に高炉スラグ微粉末を使用しても問題なく、添加量の割増しも必要ないことが確認できた。また、骨材に再生路盤材を使用することで、本来必要とされる刺激材が無添加でも十分に強度発現するため、少量の粉体を混入する必要がなく、混合物の製造も問題なくできる。

以上より、高炉スラグ微粉末の使用は、他産業再生資材を有効利用できるとともにCO₂排出量も削減できるため、さらに環境負荷軽減に役立つと考える。