

V-11

転圧コンクリートの性状に
与える各種混和材の影響鋼管鉱業生コン株式会社
日鐵セメント株式会社谷本文由
早川直見

1. まえがき

近年、海上輸送の発展にともなう陸上輸送の大型化、交通量の著しい増大により、現在行われているアスファルト舗装の損傷対策として、建設省を中心にした研究による転圧コンクリート舗装（以下「RCCP」という）が実施されてきている。北海道においても身近な実施例として、昭和63年6月に実施された苫小牧港木材ヤードに始まり、最近では平成4年3月に道内でも最大規模の施工面積をほこる室蘭港マリナーポートヤード（鋼管鉱業生コン株式会社から出荷）などがあり、徐々に舗装実績も増大してきている。

RCCPは、従来の舗装用コンクリートに比較し、単位水量の少ない極めて硬練りのコンクリートを敷設する舗装である。このRCCPに使用する転圧コンクリート（以下「RCC」という）の配合設計の特徴は、材料分離の抑制、施工性能の向上であり、微粒分の補充を目的として、材料の一部にフライアッシュ等が使用されてきた。

一方、これまでセメント用混和材として考えられてきた高炉スラグ微粉末（以下「高炉スラグ」という）のRCCへの利用が検討されてきている。幸い、高炉スラグの入手が比較的容易な状況にあることから、高炉スラグの活用をはかる目的として、これまで使用してきたフライアッシュとの代替が可能かどうか、比較試験を行った室内実験の結果を報告するものである。尚、合せて石灰石粉の比較試験も行ってみた。

2. 実験概要

RCCPに使用されるコンクリートは、配合条件として、施工性を含めた材料分離抵抗性を有する特性があげられる。これを補う方法として、高炉スラグ2種類、石灰石粉およびフライアッシュの計4種類の混和材を各々骨材の一部と置換したときの強度、乾燥収縮特性、凍結融解抵抗性の比較試験を行ったものである。

2.1 使用材料

セメントは普通ポルトランドセメント（比重3.15）を使用した。細骨材は登別産陸砂（表乾比重2.70、吸水率1.29%）、粗骨材は白老敷生川産碎石（表乾比重2.67、吸水率1.88%、粗骨材最大寸法20mm）を使用した。粗骨材の使用に際しては、20～13mmと13～5mm各々4対6の割合で混合使用した。混和材は高炉スラグ4,000と6,000の2種類、石灰石粉、フライアッシュである。混和材はオキシカルボン酸塩および界面活性剤を主成分とするAE減水剤標準型を使用した。練混ぜ水は水道水である。

表-1に各混和材の品質試験結果を示す。

表-1 混和材の品質試験結果

混 和 材	種 類		比 重	ブレーン 比表面積 (cm^2/g)	塩基度
	高炉ス ラグ	4,000	2.91	4,020	1.84
		6,000	2.91	5,920	1.84
	フライアッシュ		2.23	4,420	—
	石灰石粉		2.69	5,230	—

2.2実験項目と実験方法

表－2にコンクリートの実験項目と実験方法を示す。コンクリートの練混ぜには強制練りミキサ（容量60ℓ）を使用した。1バッチの練り量は40ℓとし、練混ぜ時間はセメント、混和材、細骨材、粗骨材を投入後空練15秒、水および混和剤投入後60秒とした。コンクリート練り上がり直後、ミキサより排出し、マーシャル突固め試験による締固め率試験を実施し、所定の品質を満たしたものから試料を採取し、各試験用供試体作成試料に供した。供試体の作成は（社）日本道路協会「転圧コンクリート舗装技術指針（案）」付録6曲げおよび圧縮強度試験用供試体の作成方法に準拠して作成し、成型後24時間で脱型し所定の養生を行った。

(1)強度試験

強度試験は圧縮強度と曲げ強度試験を行った。養生は標準養生とし、試験材齢は7、28日とした。

(2)乾燥収縮試験

コンクリートの長さ変化率をJIS A 1129に規定するダイヤルゲージ方法に準拠して行った。供試体は10x10x40cmの角柱体とし、コンクリート成型24時間後脱型し、直ちに第1回目の測定を行い、この時の値を基長とした。第1回目の測定後は臭化ナトリウムの飽和溶液を使用した恒湿保存箱に供試体を静置し、20±1℃の恒温室に置き、所定期間にて保存箱から取り出し、長さ変化を測定した。測定期間は1、2、4、8、13、26週とした。尚、恒湿保存箱の温度は20℃、湿度は70%である。

(3)凍結融解抵抗性

供試体は、10x10x40cmの角柱体とし、（社）日本道路協会「転圧コンクリート舗装技術指針（案）」の曲げ強度試験用供試体の作成方法に準拠して行った。コンクリート成型後24時間で脱型した後、温度20±2℃の水中で、材齢14日まで養生した。所定材齢終了後、直ちに凍結融解試験を開始した。凍結融解の繰り返しが300サイクルになった時を終了とし、その間30サイクルの間隔で質量及びたわみ振動の一次共鳴振動数を測定した。

2.3配合条件および配合

コンクリートの配合設定に際しては、（社）日本道路協会「アスファルト舗装要綱」による材料分離抵抗性を考慮し、混和材置換率を決定した。細骨材率および単位水量は試験練りにより決定した。

(1)骨材および混和材の粒度を密粒度アスコン粒度範囲内に設定し、混和材置換率は「混和材容積／（全骨材容積＋混和材容積）＝0.05」とした。

(2)細骨材率は単位水量を一定とし、細骨材率を変化させた時の締固め率を測定し、RCCの性状の良否と併せて決定した。

表－3は細骨材率を5%ずつ変化した時のRCCの練り上がり性状の変化である。細骨材率が大きくなれば、締固め率は小さくなるがRCCの練り上がり性状より、細骨材率が45%の時が最も良いと判断された。この値はフライアッシュを使用したものであるが、高炉スラグ、石灰石粉も同様に細骨材率が45%の時、最もよい結果が得られた。

表－2 実験項目と実験方法

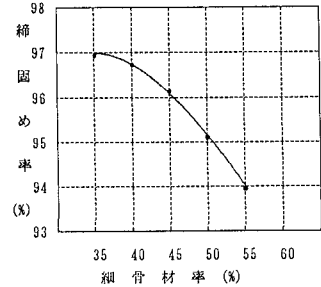
実験項目	実験方法	供試体(cm)
圧縮強度試験	JIS A 1108	φ10x20
曲げ強度試験	JIS A 1106	10x10x40
乾燥収縮試験	JIS A 1129	〃
凍結融解試験	JSCE- 1986	〃

表－3 配合および練り上がり性状

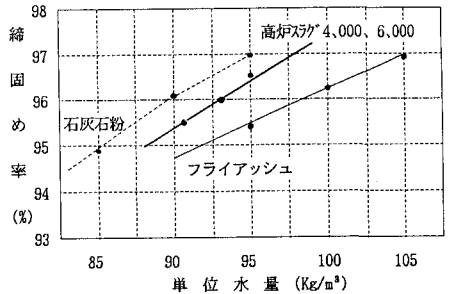
(%)		単 位 量 (kg/m³)								締 固 め 率 (%)	RCCの練り上がり性状
W/C	s/a	W	C	S	1305	2013	混和材	混和剤			
37.0	35.0	100	270	729	812	537	9.3	0.810		96.9	かなり粗い
	40.0			834	748	497				96.7	粗い
	45.0			936	689	454				96.2	良い
	50.0			1041	624	414				95.1	砂っぽい
	55.0			1146	562	371				93.9	かなり砂っぽい

図－１は細骨材率と締固め率の関係である。この図の縦軸の締固め率をスランプに置換えた場合、一般コンクリートの細骨材率とスランプの関係に似た傾向があることが伺える。

(3)単位水量の決定
 (2)により決定した細骨材率45%で、単位水量を変化させ締固め率96%になる単位水量を決定した。図－２は単位水量と締固め率の関係である。この図より、最適単位水量は高炉スラグ4,000、6,000で93Kg/m³、石灰石粉で90Kg/m³、フライアッシュで98Kg/m³となった。また、締固め率を1%変化させるためには、単位水量は高炉スラグおよび石灰石粉で5Kg/m³、フライアッシュで7Kg/m³の増減が必要である。高炉スラグのプレーン比表面積の違いによる差はみられなかった。どの混和材を使用してもほぼ直線関係が得られたので、実施工に於いての骨材の表面水変動による締固め率の管理は比較的容易と思われる。



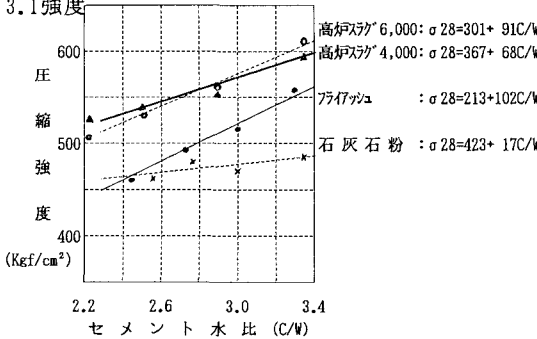
図－１ 細骨材率と締固め率の関係



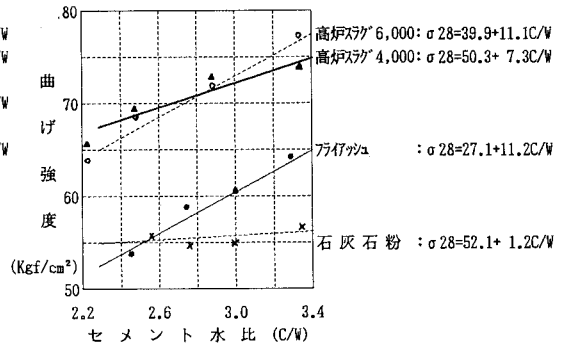
図－２ 単位水量と締固め率の関係

3. 実験結果および考察

3.1 強度



図－３ 圧縮強度とセメント水比との関係

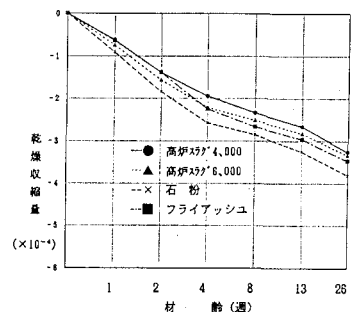


図－４ 曲げ強度とセメント水比との関係

図－３、４より圧縮強度、曲げ強度とも同様の傾向になった。石灰石粉使用のものはC/Wを変化させても強度に反映されにくい結果となった。高炉スラグは、同一C/Wでフライアッシュより20Kg/cm²程度高い曲げ強度が得られた。(社)日本道路協会「転圧コンクリート舗装技術指針(案)」に定められた条件の配合曲げ強度58Kg/cm²を満たすためには、セメント量を減らす事ができるが、RCCの練り上がり性状からみて、セメント量は250Kg/m³以上必要と思われた。

3.2 乾燥収縮

実験結果を図－５に示す。最終収縮量は、高炉スラグ4,000使用のもので -3.26×10^{-4} 、6,000で -3.34×10^{-4} 、石灰石粉では -3.81×10^{-4} 、フライアッシュでは -3.47×10^{-4} という結果を示した。この結果から見ると、高炉スラグを使用したコンクリートは他の2種類の混和材に比較し、乾燥収縮量は若干小さい結果となったが、高炉スラグとフライアッシュとの顕著な差はみられないようである。



図－５ 材齢と乾燥収縮量の関係

3.3凍結融解抵抗性

図-6に凍結融解試験結果を示す。300サイクル終了後における相対動弾性係数は、高炉スラグ4,000使用のもので94.3%、6,000のもので94.2%、石灰石粉使用では91.3%、フライアッシュ使用のものでは93.7%であり、全体的に凍結融解抵抗性は問題ないものと考えられる。しかし、コンクリートの表面に発生するスケールリングも、凍害の現象として考察すると、全体的に60サイクル終了時に初期スケールリングの発生が見られ徐々に進行が見られたことは北海道の気象条件を考え、今後検討する必要があるものと思われる。最終スケールリングの発生状況は、高炉スラグ6,000が若干少ないように見られたが、顕著な差は認められなかった。

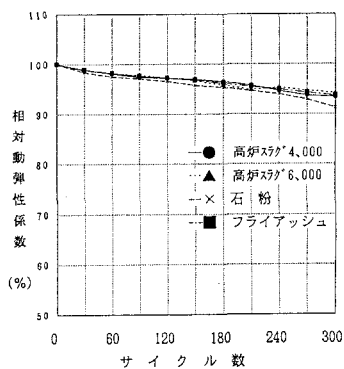


図-6 凍結融解試験結果

4. まとめ

以上の試験結果より下記のことが確認できた。

(1)高炉スラグを使用したコンクリート強度は、圧縮強度、曲げ強度ともに高い値を示し、混和材としての使用については、問題ないものと思われる。また、石灰石粉を使用したものについては、セメント水比と強度の関係は明確でなかった。

(2)乾燥収縮は石灰石粉が最も大きく、次いでフライアッシュ、高炉スラグの順になったが、顕著な差は認められなかった。

(3)凍結融解試験結果によれば、各混和材ともに相対動弾性係数からみて、耐久性は普通コンクリートと遜色ないことが確認された。

5. おわりに

今回の試験により、比較的入手しやすい高炉スラグの有効性が確認できた。また、その後弊社の管理の下、高炉スラグを使用したRCCを出荷し、実舗装工事に使用して、良好な結果が得られている。

最後に、今回の試験に当たり、大成ロテック株式会社 北海道支社 技術部の関係者の多大な協力支援を頂きました。ここに厚く感謝の意を表します。

《参 考 文 献》

1) 社団法人日本道路協会

転圧コンクリート舗装技術指針 (案)

2) 寺澤 良三、上野 幹雄、後藤 友彦

寒冷地への適用を目的としたRCCPヤード舗装試験報告、第6回生コン技術大会論文集

3) 戸川 一夫、中本 純次

貧配合ノースランプコンクリートに対する高炉スラグ微粉末の利用に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集1990

4) 安戸 賢一、巻内 浩、佐藤 和雄

スラグを使用した転圧コンクリートの施工例、第18回日本道路会議論文集