

滑走路舗装(下層路盤)への鉄鋼スラグ(CS材)の適用

関西国際空港株式会社 フェロー会員 島田 敬
 関西国際空港株式会社 松下 憲司
 (株)NIPPO コーポレーション 正会員 小形 仁

1. 目的

関西国際空港の滑走路・誘導路に使用する上部路床用材料は、1期工事でマサ土セメント安定処理が選定されたが、2期工事では品質や経済性、省資源の観点からクラッシャーラン鉄鋼スラグ(以下CS材)に注目した。本文は、CS材を下層路盤材として使用するために実施した各種試験結果の一部を報告するものである。

2. CS材の基本性状

鉄鋼生産における副産物の一部に製鋼スラグがあり、その種類は転炉スラグおよび電気炉スラグに細分化される。この内2期工事で用いたCS材は全て転炉スラグで、三つの産地から納入された。各CS材の品質はCS-30(JIS A 5015)の規格を満足するが、粒度については仕上がり精度を考慮し細粒分が多い仕様とした。

3. 配合試験および試験練り結果

各産地のCS材をセメント安定処理混合物として適用するには、設計基準である 2N/mm^2 が得られるセメント添加量 最適含水比 を決定する必要がある。入荷比率の最も多い産地CのCS材を代表試料として配合試験を実施した結果、基準値を満足するセメント添加量は3.1%、最適含水比は7.4%となった。

決定したセメント添加量及び最適含水比が、3工場のCS材に対し有効な値であるかを検証するにあたり、入荷を予定する各工場のCS材を用いて実機による試験練りを実施した。図-1～図-3に結果を示す。

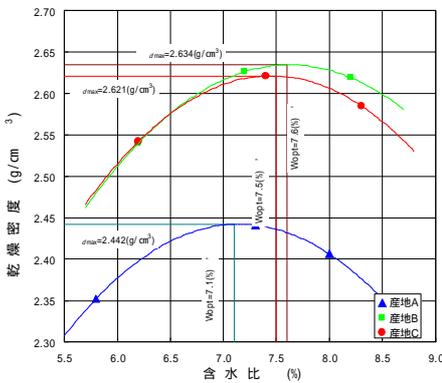


図-1 含水比と乾燥密度

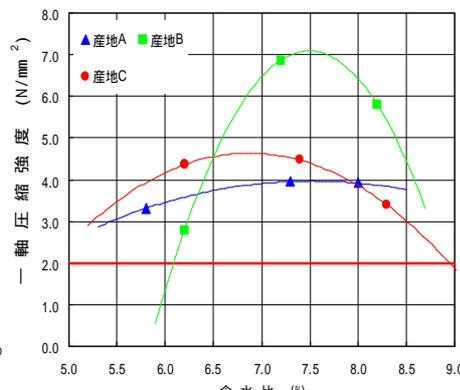


図-2 含水比と一軸圧縮強度

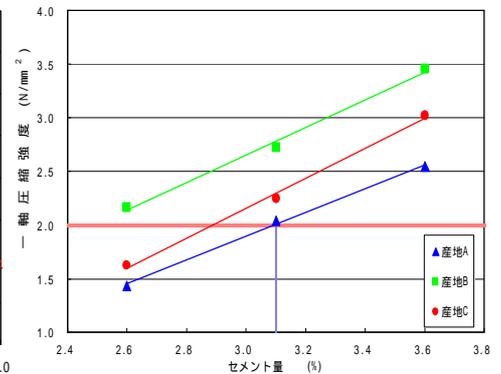


図-3 セメント量と一軸圧縮強度(土中養生)

図-1～図-2に示す性状値は、若干バラツキは見られたものの、代表試料により実施した配合試験時と3工場の入荷材に大差はなかったため、試験練りによって得られた各材料の最適含水比の平均値7.4%を出荷時の目標値とした。

強度については3工場のCS材とも、配合試験により決定したセメント添加量の標準養生では一軸圧縮強度が増加する傾向にあったため、セメント添加量の低減も考えられたが、図-3に示す現場環境を想定した土中養生の結果をみると、混合物の含水比によって強度発現にバラツキはあるものの標準養生に較べて、 $1.5\sim 2.0\text{N/mm}^2$ 程度の強度低下が認められた。中でも産地AのCS材は決定セメント量における強度発現が基準値付近であったことから、土中養生での結果を重視し、配合試験で決定したセメント添加量を採用した。

なお、過度の硬化反応によるリフレクションクラックの防止と強度確保のため、各工場のCS材を単体で使用するのを避け、2産地以上のCS材をプラントで混合して使用することを原則とした。

キーワード 関西国際空港 2期工事, 滑走路, クラッシャーラン鉄鋼スラグ, 繰返し平板載荷試験, 弾性係数

連絡先: 〒549-8501 大阪府泉佐野市泉州空港北1番地 関西国際空港(株)二期施設整備部 TEL0724-55-2160

4. 試験施工および結果

試験練りで決定した混合物を路盤材料として適用するにあたり、表 - 1 に示す試験施工を実施した。

表 - 1 セメント安定処理路盤の試験施工概要

目的		評価のための手法	条件設定・頻度	備考
材料	混合物の評価	一軸圧縮強度による評価 供試体による最大乾燥密度の確認	一軸圧縮強度(2N/mm ²)以上 3日土中養生, 7日標準・土中養生 (各3ヶ)	
施工	転圧回数の決定	C Sセメント安定処理をベース ペーパーにより敷均し, マカ ダムローラ及びタイヤローラ で締固め, 現場密度で評価	マカダムローラ3回(固定) タイヤローラ6, 9, 12回	各転圧条件で3測点

表 - 1 に示す試験施工の結果, マカダムローラ(12t)を3回, タイヤローラ(15t)を6回通過以上させることにより, 規格値である95%以上の締固め度を満足することが確認できた。なお, 締固め度の終息する回数は9回以上となったことから, セメント安定処理路盤工におけるタイヤローラの最低転圧回数は9回とした。また現場密度試験時に測定した含水比は, 出荷時の含水比と比較しても0.5%程度の低下にとどまっていた。ベースペーパーを用いて施工した時, 現場での含水比低下を最小限にとどめることができ, 最適含水比付近での転圧が可能となることも確認できた。

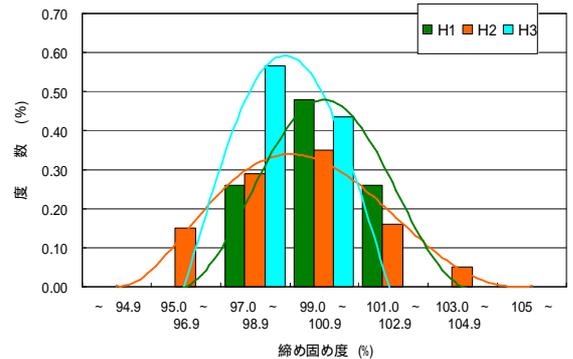


図 - 4 セメント安定処理路盤の締固め度

C Sセメント安定処理の施工管理は密度試験であることから, 各工区における締固め度を評価対象とした。図 - 4 に現場密度試験結果を示す。図 - 4 から, 仕上がり面における締固め度は, ほぼ全ての測点で仕様書に示される95%以上が得られており, 試験施工で決定した転圧回数が適切であったことが伺えた。また, 全測点の平均値は99%以上となり, 十分な締固め度が得られていることで, 一軸圧縮強度も目標値を十分満たすと推測できた。

5. 弾性係数による評価

セメント安定処理路盤混合物の弾性係数を図 - 5 に示す繰返し三軸圧縮試験からみると, 3工場の混合物において大きな優位差は認められなかったが, 一軸圧縮強度の優位性と弾性係数における優位性が合致していることから, 一軸強度と弾性係数には, 密接な関係があることがわかった。

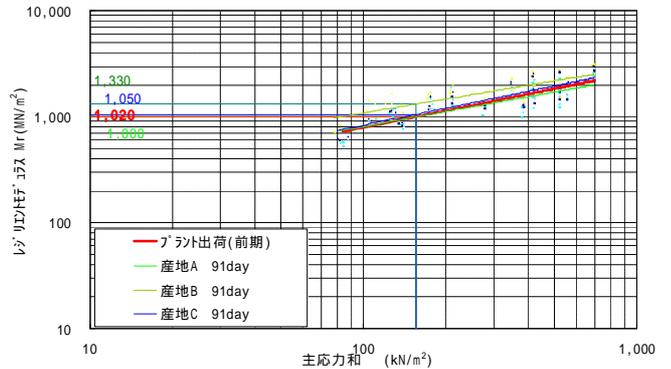


図 - 5 セメント安定処理混合物の弾性係数(実測)

各材料の弾性係数は, セメント安定処理路盤に伝わると思われる航空機荷重レベル(=155kN/m²)において1,000~1,300 MN/m²程度を示し, 3工場のC S材を混合したプラント出荷材料についても, 1,020 MN/m²程度の値が得られている。よって, 試験施工で定めた作業標準を用いて構築されたセメント安定処理路盤は, 設計基準と同等以上の弾性係数を有するものと推測できた。

6. まとめ

これまでの結果から, C S材をセメント安定処理路盤に適用した場合, 適切な断面設計及び施工標準を定めることにより, 経済的に空港設計基準を満たす品質の下層路盤を構築できることが確認できた。

鉄鋼副産物であるC S材を関西国際空港2期工事の路盤に適用したことは, 環境・省資源化の観点でも大きな成果を残すことができたと考えている。また, 本工事では滑走路の路床・路盤によく使用される水硬性スラグ(HMS)の代わりに転炉スラグ(CS)を用いたことで, 工事コスト縮減に大きく貢献することが出来た。