回転式破砕・混合機を用いた現地発生土の有効利用
～富士山静岡空港における舗装整備関連の取り組み①～

静岡県　静岡空港建設事務所　正会員　○宮本　武
同　上　藤田泰秀
同　上　藤浪哲也
日本工営㈱　名古屋支店　正会員　中村幸生

1.はじめに

富士山静岡空港は 2009 年 3 月の開港を目指し整備を進めており，2005 年度から舗装工事に着手している．航空機の駐機するエプロンのコンクリート舗装部では，現地材を利用したセメント安定処理路床を施工しており，そのセメント安定処理土の製造手法に新技術である回転式破砕・混合工法を導入した．

本報文は，当空港の舗装における環境配慮への取り組みや，良好なセメント安定処理土を製造するための留意事項について取りまとめたものである．なお，セメント安定処理土の施工に際して，小型 FWD 試験を品質管理に導入したこと，セメント安定処理土の変形強度特性を詳細に把握したことも技術的特長として挙げられるが，この 2 点については別稿にて報告する [1),2)].

2.設計方針

当空港では環境アセスメント上，空港内への資材運搬車両台数を制限しており，建設資材を多く搬入する舗装工事においては，この制約条件を考慮する必要があった．さらに，ゼロエミッションの考えに基づき環境面への負荷を軽減するため，可能な限り現地発生材を有効活用することにした．エプロンの一般的な舗装構造は粒状砕石により路盤を構築し，その上部にコンクリート版を舗設する構造であるが，現地で発生する礫質土をセメント安定処理してコンクリート舗装区域の上部路床に使用するものとした．セメント安定処理を上部路床として採用することで，下部路床の遮水対策，路盤省略を行うものとし，環境面への配慮やコスト縮減を図った．今回対象とするコンクリート舗装部の代表構造は**図-1** に示すとおりであり，セメント安定処理土の施工面積は，約 55,000m^2 である．

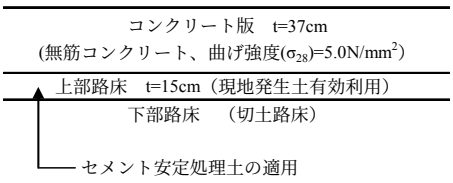

図-1　エプロン部の舗装構造

写真-1　回転式破砕・混合機(全景)

表-1　回転式破砕・混合機の諸元

項 目	寸法･規格
本体寸法	φ1500×650mm
処理能力	75m^3/h (80t/h)
チェーン回転数	0～1200回転/分

3.破砕・混合工法の適用

セメント安定処理の母材となる礫質土は最大粒径 300mm の円礫が含まれ，15cm の対象層にはそのままでは適用できない．また，セメント安定処理の品質変動を抑えるには粒度や含水比の管理を行うことが重要となる．その解決策として，現地に回転式破砕・混合機(**写真-1**)を設置して，礫の破砕，セメントの混合を行うものとした．

回転式破砕・混合工法とは円筒内で高速回転するチェーンの打撃力で礫の破砕を行うとともに，添加材の均質な混合を行うことができる工法であり，粒度の調整と均質なセメント混合の 2 工種を同時に行うことにより，コスト縮減と品質確保を実現させた．母材品質の変動（粒度，含水比）は，ストックヤードを設け材料管理を行うことで対処した．今回用いた回転式破砕・混合機の諸元は**表-1** の通りである．

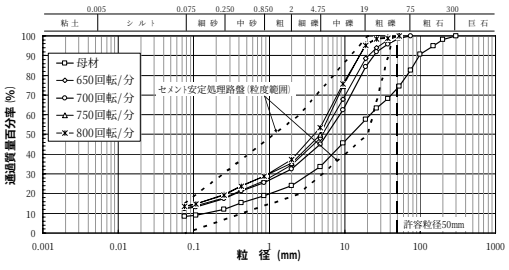

図-2　破砕前後の粒度分布

キーワード　破砕・混合手法，セメント安定処理，ゼロエミッション，締固め，空港舗装
連絡先　〒427-0019　静岡県島田市道悦 5-7-1　静岡県静岡空港建設事務所　TEL：0547-37-9001

4.材料特性・配合特性

破砕前の礫は最大粒径 300mm であり，セメント安定処理路盤に適した粒度範囲[3]から逸脱した粒度分布となっている．同材料を回転式破砕・混合機で破砕すると，**図-2** に示すように 650 回転/分以上であれば，最大粒径 50mm 以下となり，セメント安定処理に適した粒度範囲内に収まる．今回の条件では 700 回転/分のときに，破砕後の粒度分布は同範囲の中央に位置することが確認できた．

破砕およびセメント混合後の礫質土の締固め特性は**図-3** に示すとおり，最大乾燥密度が ρ_{dmax}＝2.040g/cm^3 程度，95%密度が $\rho_{d95\%}$＝1.940g/cm^3 程度，最適含水比が *Wopt*＝9.6%程度である．破砕前の礫質土の自然含水比は *Wn*＝8～11%であり，ほぼ *Wn*　*Wopt* の状態である．

上部路床のセメント安定処理の要求品質は，一軸圧縮強度で 2.0N/mm^2 以上（材齢 7 日）[3]であるが，現場での品質変動を踏まえ，配合目標強度 3.0N/mm^2 を確保することとした．また，締固め度の品質基準は最大乾燥密度の 95%以上であることから，一軸圧縮試験は供試体寸法φ150mm，h300mm，95%密度(4.5Ec)で実施した．

一軸圧縮強度 *qu* は，**図-4** に示すように粒度，含水比等による変動が認められるものの，セメント添加率を 4.5%以上とすれば配合目標強度 3.0N/mm^2 以上の品質となることが確認できた．また，**図-5** より一軸圧縮強度は含水比が最適含水比より 2%程度乾燥側になると低下することが確認できた．よって，要求品質である一軸圧縮強度 2.0N/mm^2 を現場で確保する留意事項として，セメント添加率は 4.5%以上，含水比は最適含水比 Wopt ～Wopt+2%の条件で施工することの必要性を確認した．また，強度に着目した場合，セメント添加率および含水比条件以外にも，十分な締固めを行うことも重要[4]であり，転圧仕様は**図-6** に示すように締固め度，小型 FWD 試験[2]から求められる地盤弾性係数の変動が小さいうえに，表面仕上げ状態が良好になった 10t 級振動ローラ 7 回転圧を採用した．

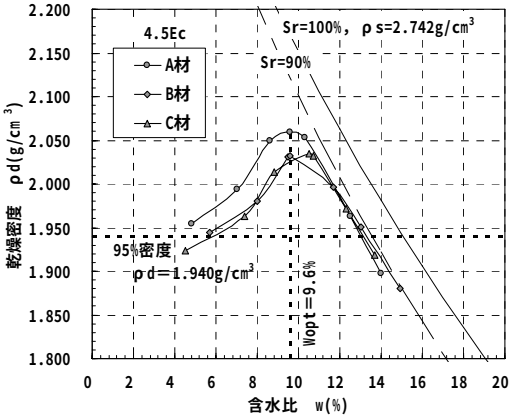

図-3 破砕･混合材の締固め特性

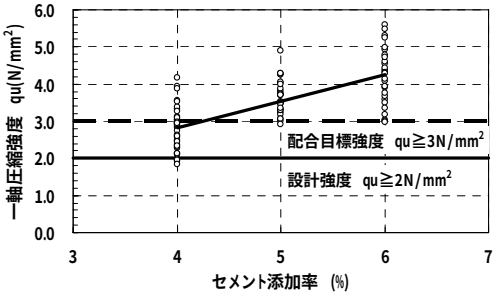

図-4 セメント添加率と一軸圧縮強度の関係

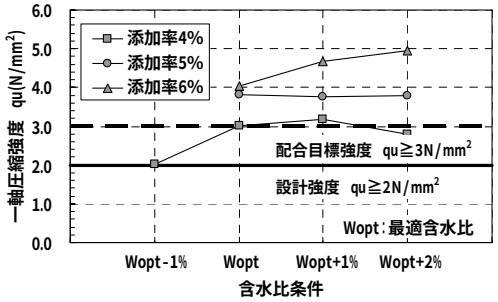

図-5 含水比と一軸圧縮強度の関係

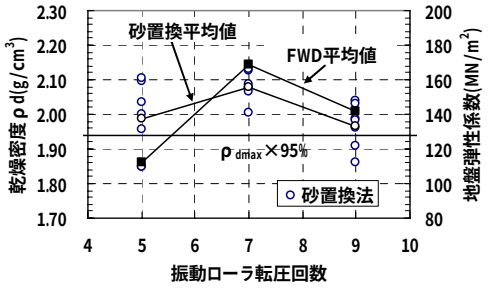

図-6 転圧回数と乾燥密度，地盤弾性係数の関係

5.おわりに

富士山静岡空港のエプロンの施工に，新技術である回転式破砕・混合工法を導入することにより，粒度，含水比等の材料性状の管理，均質なセメント混合が可能となり，良質なセメント安定処理土を製造することができた．良質なセメント安定処理層を構築するうえでの留意事項は，1)均質な混合，2)含水比の規定･管理，3)よく締固めること等であり，これらを施工仕様に反映することができた．また，回転式破砕・混合機の採用や路盤省略等により，一般的な舗装構造に対して約 37%のコスト縮減や，現地材有効利用による環境面の配慮を加えることができた．

【参考文献】
1)中村,藤浪,宮本,浜：セメント安定処理土の弾性係数とひずみ依存性，土木学会第 63 回年次学術講演会，2008.9(投稿中)
2)浜,宮本,中村,川畑：小型 FWD 試験のセメント安定処理土の施工管理への適用，土木学会第 63 回年次学術講演会，2008.9(投稿中)
3)国土交通省航空局監修：空港土木工事共通仕様書，2007.4
4)飛子,原,龍岡,平川：礫質土の変形強度に及ぼす締固め条件の影響，第 4 回地盤工学会関東支部研究発表会，2007.11