

東京国際空港における付着オーバーレイ工法の施工

関東地方整備局 東京空港整備事務所 第二工務課
澤木裕紀

キーワード：取付誘導路、コンクリート舗装、付着オーバーレイ、ウォータージェット

1. はじめに

東京国際空港の再拡張事業は、平成 22 年 10 月供用開始予定の D 滑走路建設工事および平成 21 年 9 月供用開始予定の国際線地区エプロンの各事業は、それぞれの供用開始を目指して急ピッチで工事が進められているところであり、D 滑走路については新滑走路島の外郭が鮮明に浮かび上がってきている。

これに対し、現空港の機能向上事業では、D 滑走路建設に伴う連絡誘導路の整備をはじめ、空港容量の拡大、円滑な地上走行ルート・定時制の確保のための新たな誘導路やスポットの整備を行うとともに、既存の誘導路等については震災時でも航空機導線を確保できるよう耐震対策の地盤改良を実施していく計画である。

現在、東側整備地区（図-1）では D 滑走路建設に伴う連絡誘導路の整備として、東側整備地区のエプロンと取付誘導路の舗装工事「東側整備地区エプロン及び取付誘導路舗装等工事」を実施しており、羽田空港では初めての施工となるコンクリートの付着オーバーレイ工法を採用している。本報告では、その工事の特徴及び工法採用の経緯等について紹介する。



写真-1 航空写真(H20.9.24 撮影)

2. 工事の概要

(1) 概要

東側整備地区には航空機の洗機場およびエンジンテストのためのランナップ地区が存在していたが、D 滑走路新設に伴う連絡誘導路の整備が始まることから、平成 18 年度までに再配置整備が終了している。その後、取付誘導路整備工事として「東側整備地区エプロン及び取付誘導路舗装等工事」の施工が始まっている。

主な工種として土工（約 43,000 m³）、エプロン部のコンクリート舗装工（約 26,000 m³）、誘導路部のアスファルト舗装工（約 53,000 m³）でほとんどが昼間施工となっているが、一部供用されている誘導路新設部のアスファルト舗装等は夜間施工で施工する。

新たに建設される連絡誘導路取付部の計画天端高さは A.P+7.3m、現空港の現地盤高が A.P+5.8m の高さになることから、誘導路取付端部での高低差が約 1.4m となる。

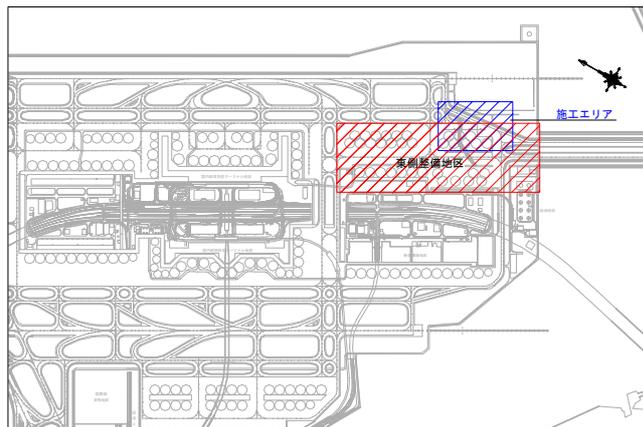


図-1 位置平面図（東側整備地区）

(2) コンクリート舗装の嵩上げ施工

既設エプロン舗装と誘導路との擦りつけを図るための方策としては、①既存コンクリートを撤去して新設コンクリートを打設する方法、②既存コンクリートを残置し、その上に新設コンクリートを打設する方法がある。2工法を比較したとき、経済性と環境面等で②の工法が優位であるが、新旧コンクリートの付着に関する問題や新設コンクリートの厚さ等解決すべき課題もある。

ここでは、上記課題について検討し②の工法を採用した。

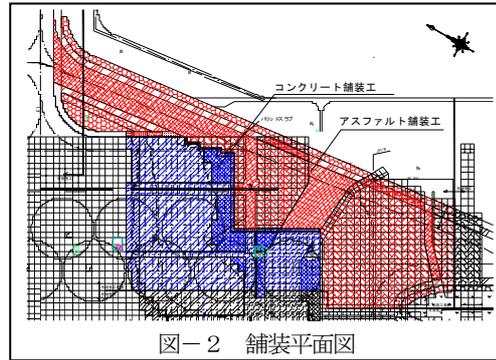
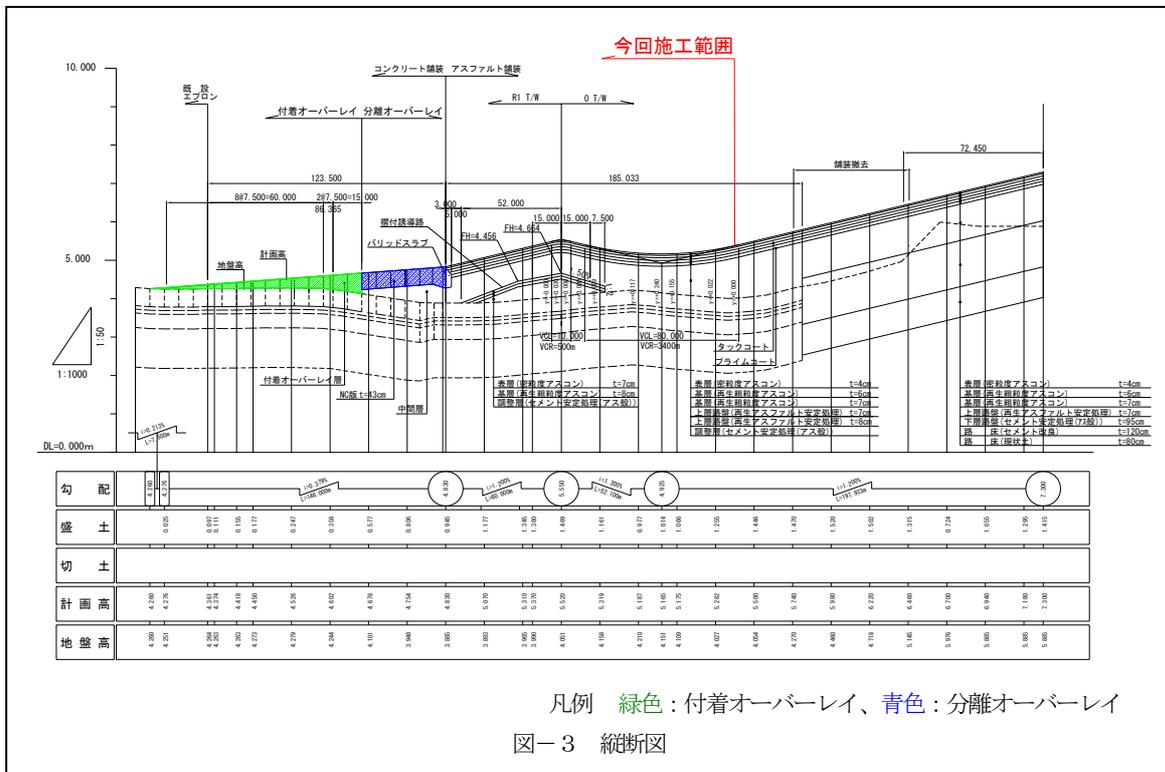


図-2 舗装平面図

一般的にコンクリート付着オーバーレイの工法は以下の3種類がある。

- ① 付着オーバーレイ工法：既設版の表面に接着剤やコンクリート面の凸凹処理を施した後、オーバーレイ層を敷設して一体化させる。
- ② 分離オーバーレイ工法：既設版とオーバーレイ層との間に分離層を設けて、上下層の付着を行うものである。
- ③ 直接オーバーレイ工法：既設版上にオーバーレイ層を直接敷設するものであるが、施工方法が明確ではなく、設計上での取り扱いもあいまいなものとなっている。

今回の施工箇所には旧ランナップ地区のコンクリート舗装が残っているため、供用されている誘導路および既設舗装の上に新たな舗装を計画高までオーバーレイすることになるが、エプロン部のオーバーレイで一番薄い北側端部の50mm~470mm(約15,000㎡)は付着オーバーレイで施工し、430mm(約11,000㎡)を分離オーバーレイで施工する計画とした。



(3) 施工に際しての課題

今回の施工に際しては、事前に試験施工を実施し、室内引張試験等により既設コンクリート版と新設コンクリートの付着強さが1.6MPa以上であることを確認する必要がある。

また、表面処理については、以下の2工法より選定することとし、それぞれの要求性能について満足する必要がある。(「空港コンクリート舗装の薄層付着オーバーレイ」共同研究報告書より)

① ウォータージェット・ショットブラスト併用工法

- ・レーザー変位計によるプロファイルの測定を実施し、平均深さ6.5mm以上、斜長比1.2以上を確認する。

② ショットブラスト・接着剤併用工法

- ・ショットブラストで既設コンクリート面を研掃した後に、平滑な面の場合は1.0L/m²、切削面の場合は1.3L/m²の接着剤を塗布する方法を標準とする。

今回の施工では、成田国際空港及び新千歳空港で施工実績のある、ウォータージェット+ショットブラスト併用工法により施工することとした。

この工法の概要は、超高圧・大流量のウォータージェットにより、既設コンクリートの骨材を露出させて10~20mmの粗い凸凹を付け、さらにショットブラストにより1~2mm程度の細かい凸凹を付ける表面処理を行う。これによって新旧コンクリートのかみ合わせ力と付着面積が増大し、付着力が高められ完全に一体化する。その結果、既設舗装の強度を生かした剥離の心配がないコンクリートオーバーレイとなる。

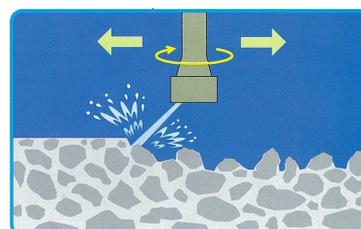


図-4 ウォータージェット概念図

3. 試験施工

(1) 試験施工計画

試験施工での確認項目は、①表面処理面の平均深さ6.5mm以上、斜長比が1.2以上、②付着強度の最小強度1.6MPa以上であることを確認する。

表-1は試験施工におけるコンクリート配合条件である。配合③を試験する理由としては、配合②のスランブが小さいことで骨材の間にコンクリートが回り込めずに付着力が低下することを想定した。

表-1 配合条件

配合番号	配合①	配合②	配合③
セメントの種類	普通セメント	普通セメント	普通セメント
呼び強度	5N/mm ²	5N/mm ²	5N/mm ²
粗骨材の最大寸法	20mm	40mm	40mm
水/セメント比	39%	50%	50%
目標スランブ	6.5±1.5cm	2.5±1.5cm	6.5±1.5cm
目標空気量	4.5±1.5%	4.5±1.5%	4.5±1.5%
混和剤	高性能AE減水剤	AE減水剤	AE減水剤
施工厚さ	50~200mm	200~470mm	200~470mm
	設計	設計	試験

(2) 予備試験の実施

試験施工に際して、図-5のように条件別に試験施工箇所を割り振った。予備試験として最初に版2、版4を使用して、試験施工での標準圧力及びスタンドオフを決定するため、過去に実施した試験施工データ(「空港コンクリート舗装の薄層付着オーバーレイ」共同研究報告書及び千歳空港での試験施工結果より)をもとにウォータージェットの圧力条件とスタンドオフをそれぞれ変化させ、表面処理工を実施した。

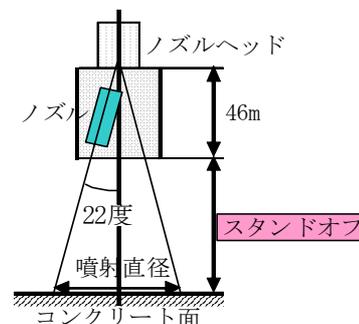


図-5 ウォータージェット噴射部詳細

なお、斜長比・平均深さの確認はデータプロファイルメーター及び目視にて確認する。

はじめに、圧力条件 1,900kg/cm²、スタンドオフ 80mm に設定し切削面での表面処理工を実施した。同じ条件で 2 回実施したが、目視による結果は均一な処理面が見られなかった。そこで、同一の圧力条件でスタンドオフを 70mm に変更したところ、結果は良好であった。

切削なし面ではスタンドオフを 30mm に固定し、圧力条件を 1,700、1,800、1,900 kg/cm² と変化させ試験を実施した。圧力が大きくなるに従い、斜長比・平均深さが大きくなった。また、処理面を目視観察すると、圧力条件 1,900 kg/cm² の表面処理工が良好な結果となった。しかし、圧力条件が大きくなるに従い、ノズルの局所的なラップによるスジ状の帯がみられたので、圧力条件 1,900 kg/cm² でスタンドオフを 50mm に変更した。その結果、スジ状の帯はみられなくなった。

しかし、切削あり面でスタンドオフを 70mm にするとウォータージェット噴射部がコンクリート面に接触することから、スタンドオフ 80mm、圧力条件を 1 ランクアップさせ 2,000 kg/cm² を標準圧力として試験施工を行うこととした。

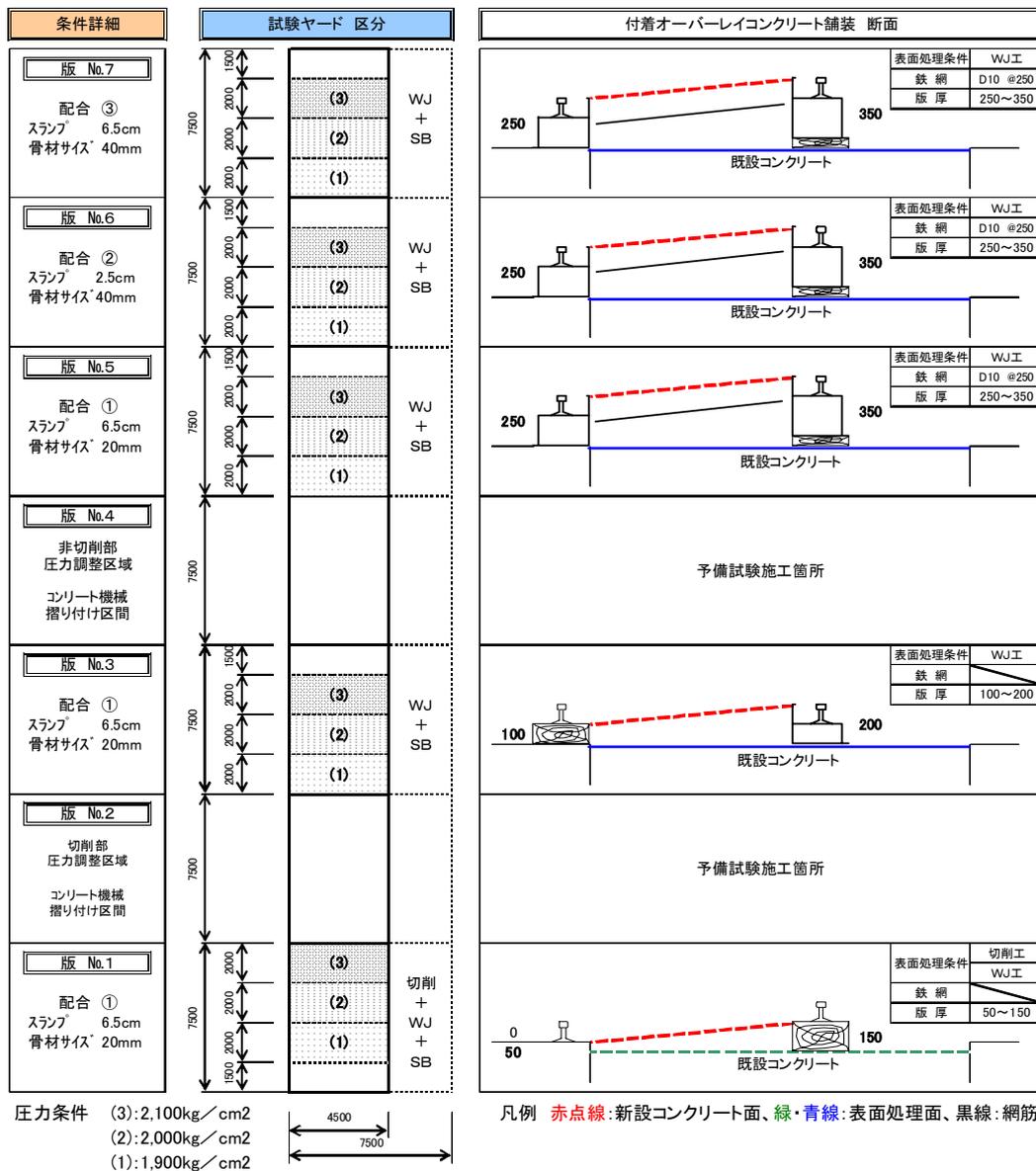


図-6 試験施工区域概念図

(3) 試験施工の実施

予備試験の表面処理工の実施状況より、試験施工に使用する標準圧力とスタンドオフの諸条件を表-2のように決定した。

試験施工では、スタンドオフは変えずに圧力条件のみ 1,900、2,000、2,100 kg/cm²の3パターンを設定し、それぞれについて表面処理工を実施することとした。

それぞれの版での詳細条件は、版1、版3はコンクリート厚 50~150mm、100~200mmで配合①、版⑤~⑦は同じコンクリート厚で配合を①~③とした。

各コンクリート版で標準圧力 (2,000kg/cm²) をもとに表面処理を実施した結果は、いずれの条件においても目標値を満足した。斜長比は一概には言えないが、圧力条件が 2,000kg/cm²のときに大きく、また、圧力条件 2,100 kg/cm²での平均深さは 2,000kg/cm²と比べバラツキが大きい。目視観察すると、処理面の骨材の割れや、ボール状のえぐれが見られた。

既設コンクリート版の状態にもよるが、圧力条件 2,100 kg/cm²では表面処理後に付着にふさわしい凹凸の確保が難しいと思われる。

このことから、圧力条件を 2,000kg/cm²とし、本施工を行うこととした。

表-2 試験施工の諸条件

種別	切削あり	切削なし
ウォータジェット圧力条件 (kg/cm ²)	2,000	2,000
スタンドオフ(mm)	80	50

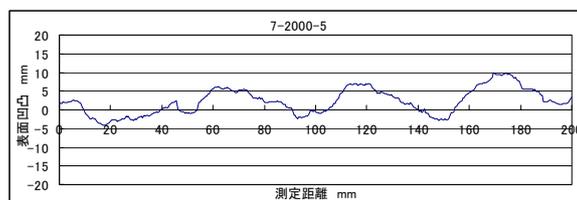


図-7 表面処理断面

表-3 曲げ強度試験結果

配合番号	配合①		配合②		配合③	
	曲5N/mm ² -6.5cm -20mm		曲5N/mm ² -2.5cm -40mm		曲5N/mm ² -6.5cm -40mm	
材令 7日	6.35	5.80	4.87	5.10	5.54	5.63
	5.20		4.75		5.65	
	5.86		5.67		5.71	
材令 28日	7.24	6.87	6.25	6.03	6.85	6.82
	6.74		5.89		6.79	
	6.64		5.94		6.83	

(4) 曲げ強度の確認

曲げ強度については、試験用の供試体を作成し配合①~③のそれぞれの条件で室内試験を実施した。その結果、表-3のとおりすべて曲げ5N/mm²の基準値を満足している。

(5) 付着力の確認

新旧コンクリート界面の付着強度を確認するために、各配合でのコンクリート版(版1, 版3, 版5, 版6, 版7)よりコアを採取し、直接引張強度試験を実施した。結果は表-4より版6については1供試体での強度が1.6MPaを下回っており、想定されていた強度低下がみられた。他は基準を満足している。

表-4 付着強度試験結果

版	配合	施工条件	付着厚さ (cm)	圧力条件 (kg/cm ²)	引張強度 (MPa)	
					材令 7日	材令 28日
1	① 曲 5N- 6.5-20	切削 W J S B	5	1,900	2.59	2.35
				2,000	2.39	1.80
				2,100	1.74	2.48
				平均値	2.24	2.21
1	① 曲 5N- 6.5-20	切削 W J S B	10	1,900	2.13	2.22
				2,000	2.18	2.50
				2,100	2.22	2.36
				平均値	2.18	2.36
3	① 曲 5N- 6.5-20	W J S B	15	1,900	2.53	2.14
				2,000	2.19	1.95
				2,100	2.01	2.32
				平均値	2.24	2.14
5	① 曲 5N- 6.5-20	W J S B	30	1,900	1.97	2.57
				2,000	2.20	2.44
				2,100	2.22	2.10
				平均値	2.13	2.37
6	② 曲 5N- 2.5-40	W J S B	30	1,900	1.77	1.56
				2,000	2.22	1.98
				2,100	1.95	1.68
				平均値	1.98	1.74
7	③ 曲 5N- 6.5-40	W J S B	30	1,900	1.71	1.81
				2,000	1.72	1.86
				2,100	1.64	2.02
				平均値	1.69	1.90

(6) まとめ

- ① 標準圧力 (2,000kg/cm²) を基準に圧力を調整して表面処理を実施した結果、斜長比および平均深さはいずれも満足した。
- ② 曲げコンクリートの材料特性は、各配合で要求性能を満足した。
- ③ 引張り試験の結果は、主に既設コンクリート部での破壊が見られ、付着強度は材令7日で最小強度の1.6MPaを満足した。
- ④ 配合① (曲げ 5N-6.5-20) の付着強度は、切削の有無にかかわらず、同程度の付着強度 (平均 2.27MPa) である。
- ⑤ 材令28日では、配合② (曲げ 5N-2.5-40) を使用したときの付着強度 (1.74MPa) は、配合③ (曲げ 5N-6.5-40) の結果 (1.90MPa) より付着強度が低い。
- ⑥ 版6の付着強度は、平均では最小強度 1.6MPa を満足する。しかし、圧力条件が 1,900 kg/cm² で、最小強度を満足しなかった。破壊状況を見ても新設部で破壊していることから、十分な締め固めが得られなかったためと思われる。これより、付着オーバーレイコンクリートに、配合② (曲げ 5N-2.5-40) を使用した場合、十分な付着を確保出来ない可能性がある。



この結果より圧力条件は 2,000 kg/cm²、スタンドオフはそれぞれ 80mm と 50mm、また、コンクリートの配合は、コンクリート打設厚 20cm 以下については配合① (スランプ 6.5cm、骨材寸法 20mm)、20cm 以上は配合③ (スランプ 6.5cm、骨材寸法 40mm) を使用することとする。

表-5 本施工の条件

種 別	切削あり	切削なし	
		10~20cm	20cm 以上
付着オーバーレイ層厚 (cm)	10cm 未満	10~20cm	20cm 以上
WJ圧力条件 (kg/cm ²)	2,000	2,000	2,000
スタンドオフ (mm)	80	50	50
コンクリート配合	配合① 曲げ 5N-6.5-20	配合① 曲げ 5N-6.5-20	配合③ 曲げ 5N-6.5-40

4. 付着オーバーレイの施工

(1) コンクリート切削

切削面を測量し、切削厚を確認する。その後、路面切削機 (w=2.0m) にて所定の厚さ (0~50mm) まで既設コンクリート面を切削する。



写真-3 切削



写真-4 ウォータージェット表面処理工

(2) ウォータージェット表面処理工

自動表面処理機を使用し、設定した条件により既設コンクリート表面を所定の表面形状にする。発生したコンクリートガラ及び濁水は特殊吸排車で回収する。回収した濁水は、濁水処理装置により中和・濾過・滅菌し、排水可能な水とする。

その後、レーザー変位系によるプロファイル測定の実施し、要求性能の確認をする。

(3) ショットブラスト処理工

表面形状確認後、ショットブラストを使用して、破砕面を研掃する。付着界面は施工終了後、ゴミや粉塵がかからないように保護シートで表面を保護する。



写真-5 ショットブラスト表面処理工

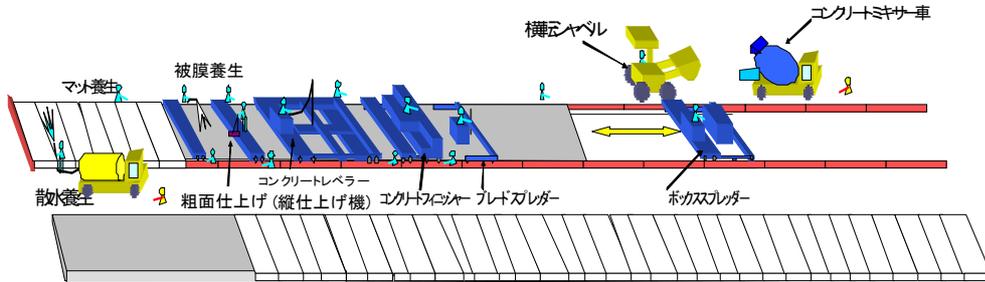


図-8 コンクリート打設の流れ

(4) コンクリート打設

コンクリートの運搬は、スランプ6.5cmはアジテータ車で、スランプ2.5cmはダンプトラックでそれぞれ運搬する。

コンクリート打設は機械施工により行うが、運搬投入したコンクリートをボックスプレッダーで敷きならし、薄層部については高締固め型コンクリートフィニッシャーを使用して締固める。標準部はインナーバイブレーターで1層目を締固め、2層目を高締固め型コンクリートフィニッシャーで締固める。付着オーバーレイにおいては、所定の付着強度を満足させるためには、十分な締め固めが必要となる。



写真-6 舗装編成全景

(5) 仕上げ

平坦仕上げは、表面仕上げ機及びフロートによる仕上げとし、粗面仕上げは人力によるホウキ目仕上げとする。

(6) 養生

初期養生は、浸透式の被膜養生剤を散布機にて散布する。後期養生はマット養生とし、十分重ね合わせてコンクリート版の表面を覆い、所定の期間湿潤に保つ。



写真-7 敷きならし



写真-8 締め固め



写真-9 平坦仕上げ



写真-10 ほうき目仕上げ



写真-11 散水養生

今回の施工で留意した点は、初期の乾燥収縮を極力抑えかつ付着力を高めるために高性能 AE 減水剤を使用し、W/C39%の配合としているが、施工性について一般的な配合（水/セメント比=50%以下）と比較して思わしくない。改善方法としては、高性能 AE 減水剤の添加量に着目し、配合①（水/セメント比=39%）の性状を確保しつつ、ワーカビリティ低下要因である粘性を抑え、ワーカビリティ向上が見込まれる添加量を設定した。

平成 20 年 12 月 19 日現在、付着オーバーレイを含めたコンクリート舗装、土工がともに既成し、アスファルト舗装が約 90%完成している。



写真-12 付着コンクリート打設全景

5. おわりに

本工事は来年 2 月の完成を目指して鋭意施工を進めているところであるが、今後も東側整備地区においては、D 滑走路建設に伴う誘導路新設及びエプロン新設等の工事が計画されている。

平成 22 年 10 月の D 滑走路の供用を見据え、現空港の工事も正念場を迎えることになるが、滑走路及び誘導路が供用されている中での工事になることから、施工方法・施工時間等について関係各所と十分な調整を図り、航空機の安全を第一に、また、工事での災害事故「ゼロ」を目指して工事を進めていく所存である。