

国際線エプロンにおける NC 舗装の施工について ～スリップフォームペーパー方式による NC 舗装について～

国際線エプロン J 柳下 剛

キーワード：空港エプロン，PFI 事業，NC 舗装，スリップフォームペーパー

1. はじめに

東京国際空港では、D 滑走路建設を中心とした再拡張事業が進められており、これにより年間の発着能力が現在の 29.6 万回から 40.7 万回に増強される。そのうちエプロン PFI 事業では D 滑走路の完成により増加する国際便の就航に必要なエプロン、航空保安施設、ライフラインを整備する PFI 方式のエプロン等整備等事業の設計・施工（供用後 25.5 年間の維持管理を含む）を行っている。

この事業の中で最も重要な施設の 1 つが、航空機の駐機エリアとなるエプロンであり、総面積 35 万 m² に及ぶ厚さ 47cm（一部 46cm）の無筋コンクリート舗装（以下、NC 舗装と称する）としている（写真-1）。NC 舗装の舗設方法には機械舗設と人力舗設があり、機械舗設の方式として鋼製型枠上のレールを走行するセットフォーム工法

（レール方式）と、センサラインを基準に自走するスリップフォーム工法（スリップフォームペーパー方式）が挙げられる。この工事では、コンクリートを供給するバッチャープラントを事業用地内に建設し、南側エプロンの約半分のエリアの舗設を締固め装置と成型装置を備えた自走式大型機械群でオートメーション化されたスリップフォームペーパー方式を採用した。



写真-1 全景写真

本書では、このスリップフォームペーパー方式による NC 舗装の施工について報告する。

2. NC 舗装区分および NC 舗装数量

当該工事の舗装種別および本報告書の対象範囲を図-1 に舗装断面構造を図-2 に、NC 舗装数量を表-1 に示す。

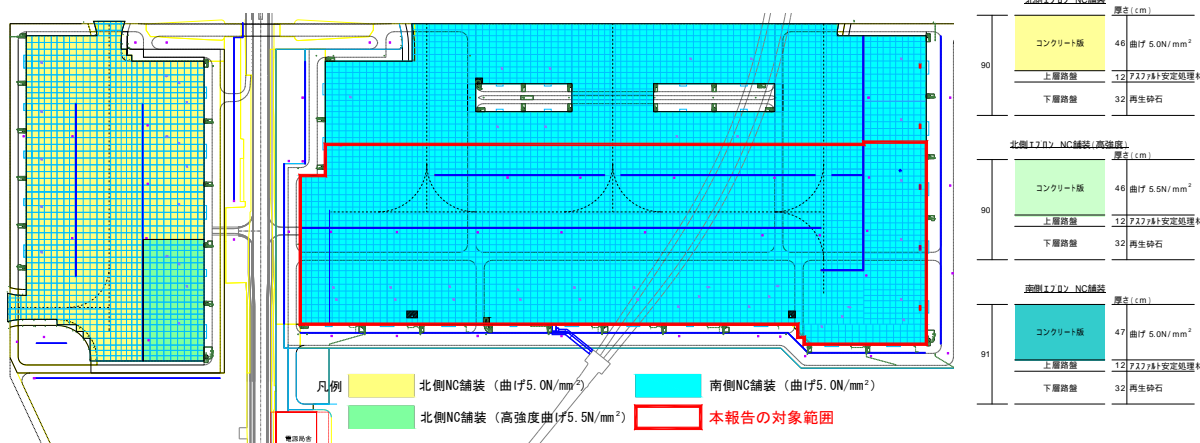


図-1 舗装種別図

図-2 舗装断面図

表-1 NC 舗装数量

工種	区分	中項目	小項目	規格	数量	本報告の対象範囲
基本施設工事	北側	エプロン舗装工	NC舗装工	普通 曲げ5.0N/mm ²	71,790m ²	
				高強度 曲げ5.5N/mm ²	11,430m ²	
	南側	エプロン舗装工	NC舗装工	普通 曲げ5.0N/mm ²	27,020m ²	うち約175,000m ²

4.1.2. スリップフォーム工法の特長および留意点

スリップフォーム工法の特長を以下に示す。

- ・ 省力化：通常多くの人力に依存する作業を軽減できる。
- ・ 時間短縮：施工能力が高いため作業時間の短縮ができる。
- ・ 平坦性：仕上がりはセンサラインを基準に管理されるので高水準の精度が保たれる。

スリップフォーム工法における特に重要な留意点を以下に示す。

- ・ 出荷能力：機械の施工能力に見合うだけの安定した出荷が出来る大型生コン工場を確保する必要がある。
- ・ スランプ：均一なスランプ（2.5cm～3.5cm）の材料を連続供給する必要がある。

4.1.3. スリップフォームペーバ（GHP-2800）の機械概要

当該工事のNC舗装に使用したスリップフォームペーバは、米国GOMAC社製GHP-2800である。GHP-2800の大きな特徴は、荷おろしされたコンクリートの敷均し、締固め、荒仕上げおよび平坦仕上げの一連の作業を1台の施工機械で行うことが出来る事である。

GHP-2800の施工状況を写真2～5に、機械仕様を表-3に、機械構造図を図-4に示す。



写真-2 施工状況 1



写真-3 施工状況 2



写真-4 施工状況 3



写真-5 施工状況 4

表-3 機械仕様

機械仕様（米国 GOMAC 社製 GHP-2800）			
全長（m）	7.16	モールド重量（t）	9.7
全幅（m）	10.46	施工厚（cm）	47
全高（m）	3.4	施工幅員（m）	5.0～9.5
本体重量（t）	22.68	施工速度（m/min）	0～5.0

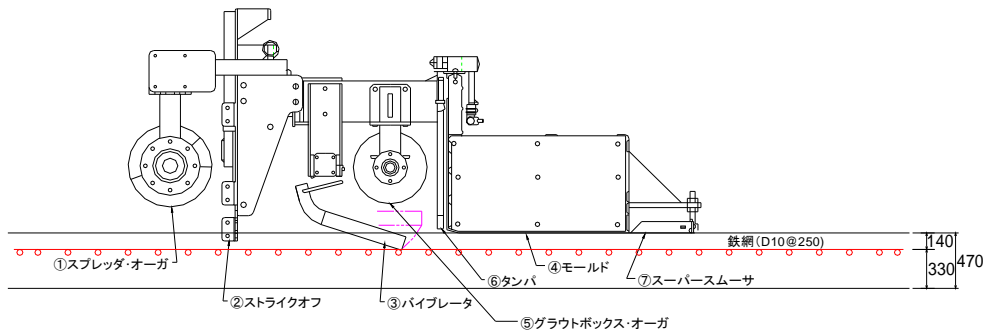


図-4 機械構造図

図-4 に示す作業装置の働きと特長を以下に記述する。

スプレッダオーガ：荷下ろしされた材料を左右均等に広げる。（写真-6）

ストライクオフ：油圧シリンダを上下に動かし、グラウトボックスオーガに抱える材料を調整する。（写真-6）

バイブレータ：モールドに抱えた材料を締め固める。油圧可変式（回転数 0～11,000rpm）で、材料の状況に合わせた適切な締め固めが可能である。標準幅員 8.5m 組立時は、22 本（@約 0.3m）を配置。（写真-7）

グラウトボックスオーガ：バイブレータで流動化された材料を再練りする事により材料分離を防止する。（写真-7）

タンパー：油圧可変式（回転数 0～120rpm）で、粗骨材をタンパーの上下運動によってモールド内に押し込む。これにより、材料分離の少ない均一な仕上がりを得ることが出来る。（写真-7）

スーパースムーサ：コテ仕上げの役割を果たし、不必要なエアをモールドとスムーサの間から放出させる。（写真-8）

オートフロート：長さ 3m、幅 25cm の大きな左官コテのようなステンレス製の板で表面を均す。成型されたコンクリート表面の不陸やエアポケットをなくし、表面をモルタル厚さ 2mm で均一にシールする。（写真-9）

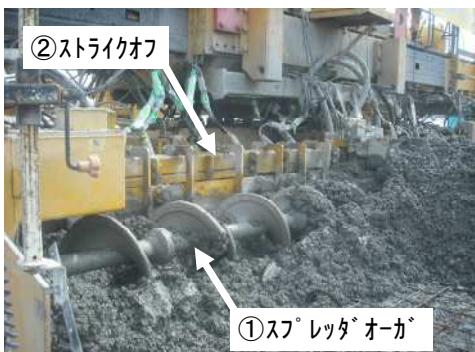


写真-6 スプレッダオーガ、ストライクオフ

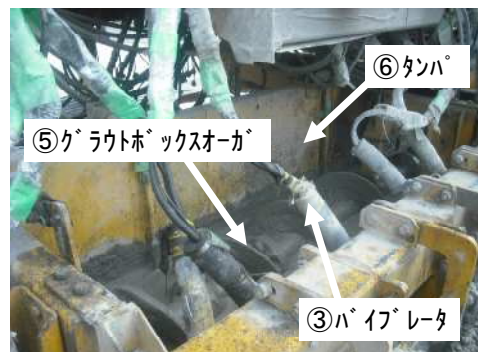


写真-7 バイブレータ、グラウトボックスオーガ、タンパ

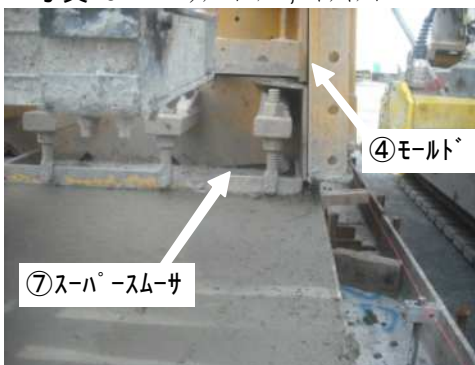


写真-8 モールド、スーパースムーサ



写真-9 オートフロート

4.2. 舗設レーン計画

4.2.1. 目地割（レーン割）の設定

目地割は、次の①～③の方針に基づいて設定した。

基本版の目地間隔は、8.5mとした。

8.5mで割付かない場合は、6.6m～8.25mを挿入した（ただし、縦／横比は「設計基準ノート NO1」を参考に1.3程度以下とする）。

目地と誘導路中心線灯（TLL）との離隔は、羽田2、3期設計事例と同じ1.5mを基本とした。

4.2.2. 舗設順序の設定

舗設順序は、次の方針に基づいて設定した。

同一幅員の連続舗設（機械幅員調整の低減、工程の短縮）

施工ヤードの確保（機械の走路・待機場所・退避場所・障害物回避、運搬車両の走路）

間打ちの施工可能期間の確保（養生完了の時期）

実施した舗設順序および目地割を図-5に、目地種別を写真-10、11に示す。

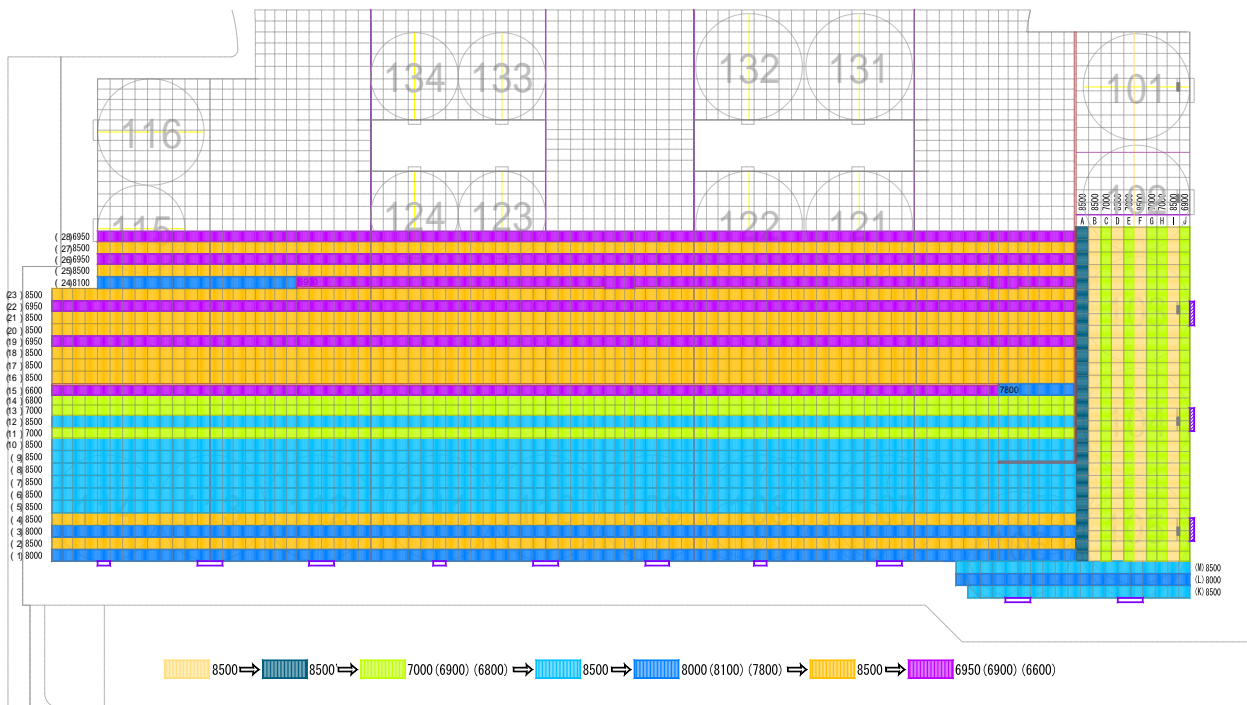


図-5 舗設順序および目地割



写真-10 横方向収縮目地(JT-3)



写真-11 横方向膨張目地(JT-5)

4.3. 舗設工（スリップフォームペーパー方式）

4.3.1. 施工フロー

施工フロー図を図-6に、施工フロー写真を写真-12に、施工フロー状況図を図-7に示す。

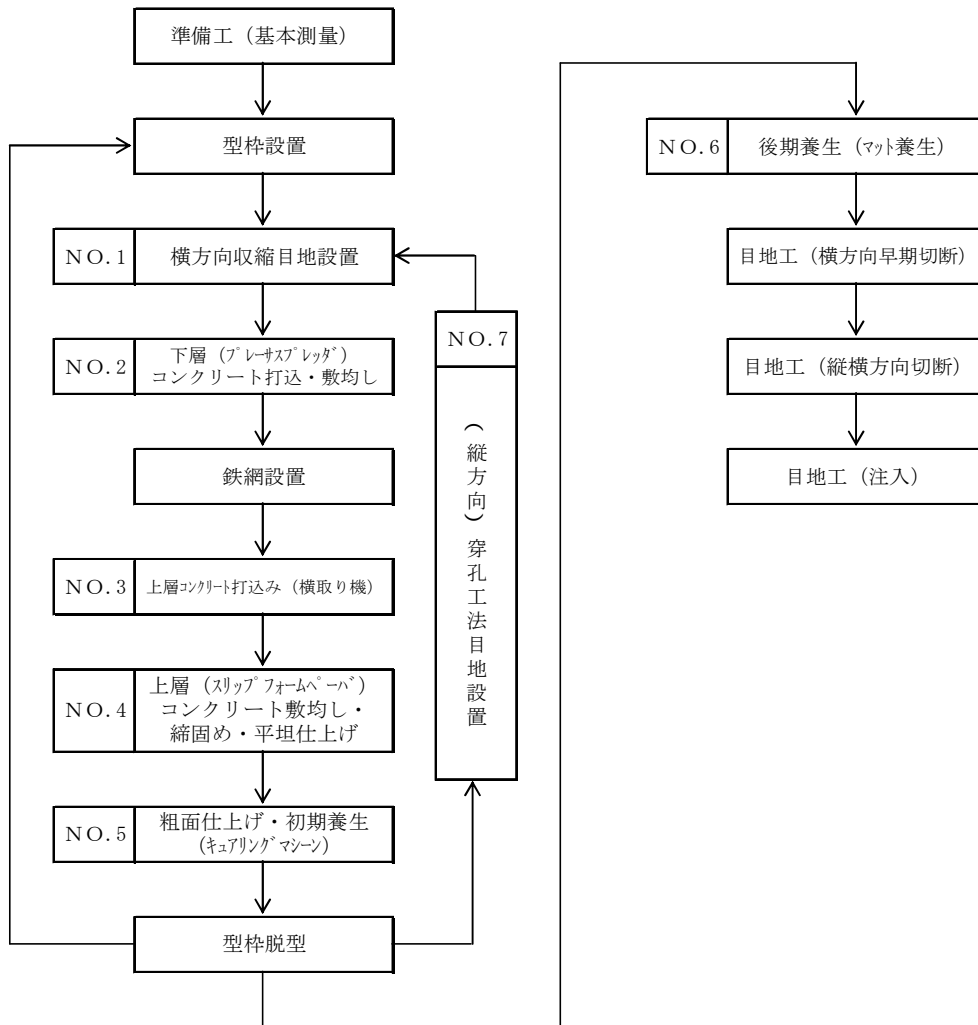


図-6 施工フロー図

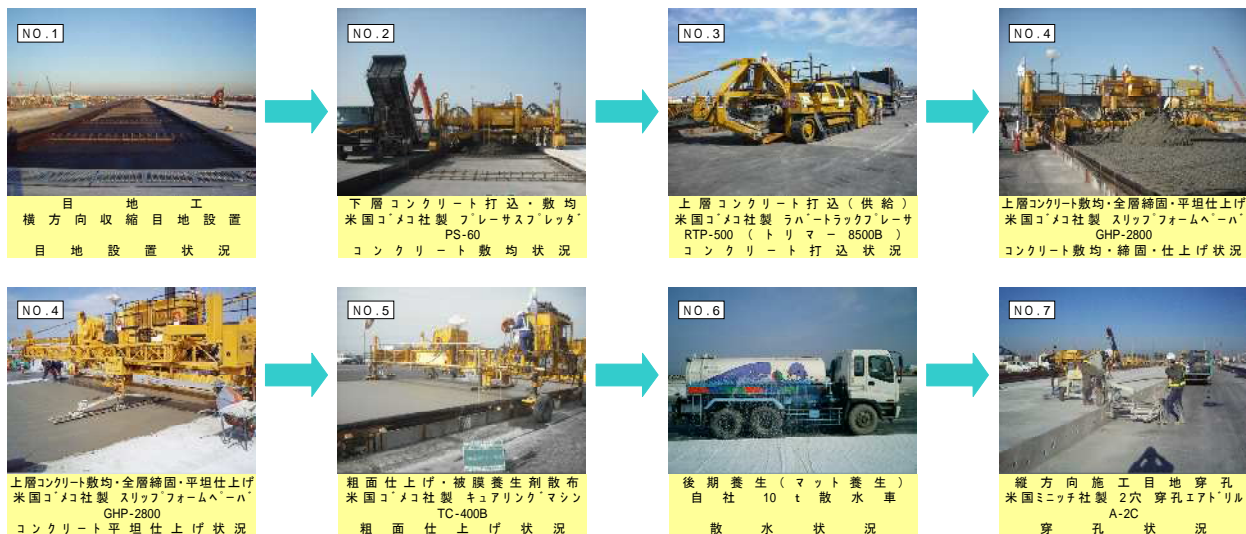


写真-12 施工フロー写真

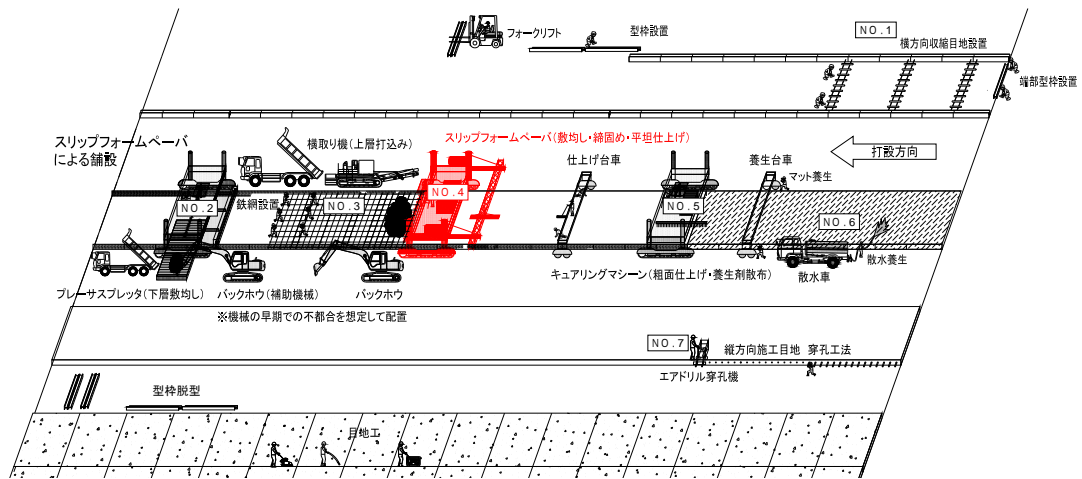


図-7 施工フロー状況図

4.3.2. 型枠の構造

スリップフォーム方式は型枠の設置を省略することができる工法であるが、本工事においては、鉛直性の精度確保のために鋼製型枠を設置することとした。鋼製型枠は、H 鋼 (H300 × 300) にプレート (P.L 9mm) をボルト固定したものを、鉄ピン (22 -25mm L=600mm) @1.0m 程度で固定した。また、H 鋼型枠にセンサライン用台座を設置した (写真-13)。この台座にセンサライン (水系 4mm) を設置し、各機械に付属する超音波センサ (写真-14) により施工の仕上がり高さ、機械の操舵方向を制御した。

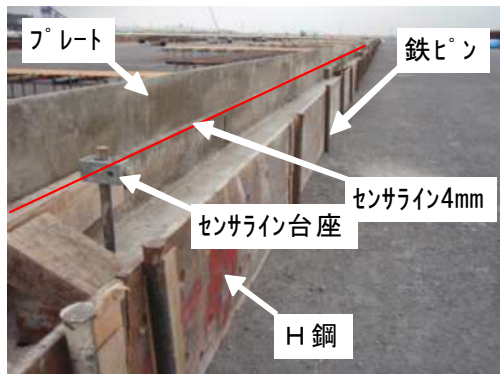


写真-13 型枠の構造



写真-14 超音波センサ

4.3.3. 縦方向施工目地の構造

通常の縦方向施工目地は、オス・メスのネジ式突合せ方式 (図-8) であるが、本工事では、コンクリート打設完了後のコンクリート版側面を穿孔し、バーを挿入固定する工法 (図-9) を採用した。この工法を採用することにより縦方向施工目地のチェアーも不要となる。コンクリート版の穿孔には米国 Minnc hi 社製の 2 穴型穿孔機 (A-2C) を導入した。

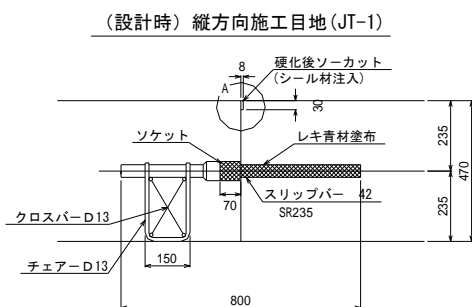


図-8 ネジ式突合せ方式

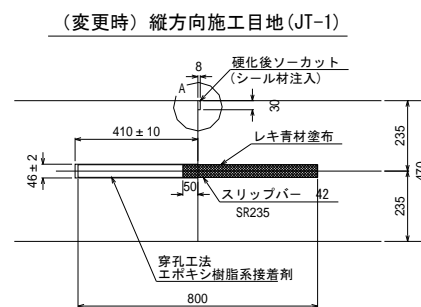


図-9 穿孔挿入固定方式

打設完了から2日後(曲げ強度 2.5N/mm²以上)に、コンクリート版に穴あけピッチをマーキングする。穴をあける垂直方向位置と穴の深さを機械にセットし、ピッチに合わせてコンクリート版上を横方向に移動しながら穴をあけていく。その後、穿孔穴を清掃し、長さ 80 cmの一本物のバーを挿入しエポキシ系樹脂ボンドで接着固定する(写真-15~17)。今回採用した A-2C は 2 台の削岩機を装備し同時に穿孔を行う。穿孔機の穿孔サイクルタイムは約 3 分程度で完了し、1 日の穿孔数は 240 本前後の実績を得た。A-2C の機械仕様を表-4 に、機械構造図を図-10 に示す。



写真-15 穿孔機械



写真-16 穿孔状況



写真-17 バー固定状況

表-4 機械仕様

機械仕様 (米国 Min n ii社製 A-2C)		
	格納	作業
全長 (m)	2	2.65
全幅 (m)	1.2	
全高 (m)	1	
本体重量 (kg)	120	
穿孔速度 (m/min)		0.4

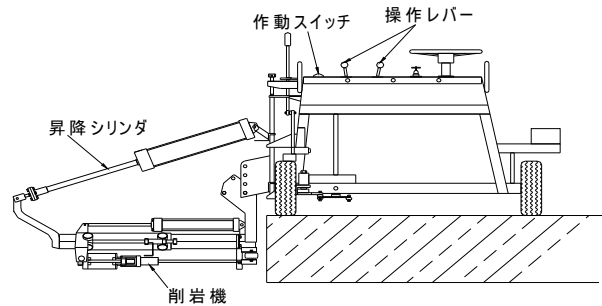


図-10 機械構造図

4.3.4. その他工夫

下層敷均し機械 (プレーサプレッダ) のコンクリートの供給は第1ベルコンのみで通常供給している。今回、第2ベルコンを製作し取付けたことにより、コンクリートを全体に供給し施工能力の向上を図った。(写真-18, 19)

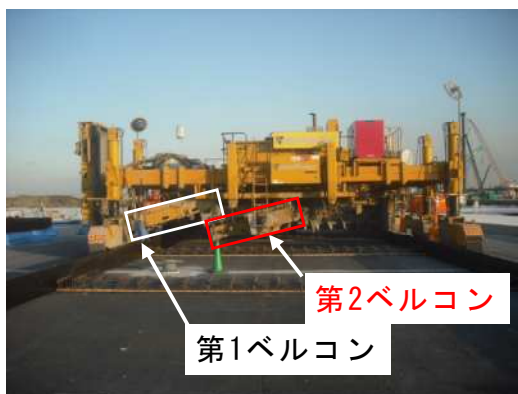


写真-18 ベルコン全景

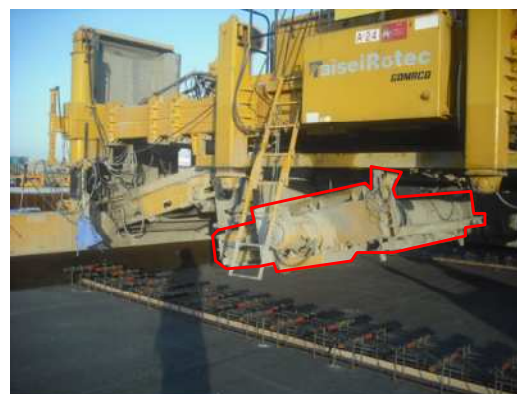


写真-19 第2ベルコン

4.4. 養生方法

4.4.1. 養生剤の選定, 方法

養生剤の選定, 方法については, 以下のような気象条件による使い分けを行った (表-5). また, 後期養生期間は, 打設完了後 4 日間とした (曲げ強度 3.5N/mm² 以上).

表-5 養生剤の使い分けと養生剤の仕様

品名	ハードコート・クイック:アオイ化学工業(株)	ハードコート・PRO Ⅱ	
使用条件	通常施工	強風時の施工 (10m/s 以上)	
用途	コンクリートの初期養生	コンクリートの一貫養生	
種別	浸透式養生剤	一貫性皮膜養生剤	
養生方法	当日に養生剤塗布後、マット養生	当日に養生剤塗布、翌日にマット養生	
養生期間	後期養生 (散水養生) 4日間	後期養生 (散水養生) 4日間	
物性	主成分	無機質シリカ系化合物	合成樹脂・無機質シリカ系化合物
	特徴	早期にマット養生可能	マット養生不要 (今回はマット養生)
	比重	1.38±0.03	1.02±0.05
	固形分 (%)	45以上	20以上
	粘度 (mPa・s)	10以下	125±75

4.5. 施工結果

本事業における NC 舗装工事は, 一部既存制限フェンス下未施工箇所を残し平成 21 年 6 月 3 日に無事完了した.

NC 舗装のコンクリート打設期間は, 平成 20 年 9 月 24 日～平成 21 年 6 月 3 日 (暦日 253 日) までの施工であった. スリップフォームペーパー方式による標準的なタイムテーブルを表-6 に, 実稼動日数及び打設実績, 稼働率を表-7 に, 実施工程及び実施進捗率を表-8 に示す.

表-6 タイムテーブル

NC舗装工 タイムテーブル (打設量: 7.9m ³)		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
項目・使用機械	時間											
下層コンクリート打込・敷均し ブレースプレッダ (PS-60)												
鉄網設置												
上層コンクリート打込 横取り機 (RTP500・8.60TB)												
上層コンクリート敷均し・締固・平坦仕上げ スリップフォームペーパー (GHP-28.0)												
粗面仕上げ・初期養生 キューリックマシン (TC-4.0)												
養生マット設置												

表-7 打設実績等

項目	機械打設	人力打設
実稼動日数	99日	46日
平均打設量	約770m ³	
最大打設量	約1,200m ³	
稼働率	56.9%	

表-8 実施工程及び実施進捗率

年 月日 工種	平成20年度												平成21年度						備考
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6			
基本施設工	08/09/24												09/06/03						暦日: 253日 計: 6回
NC舗装工	8.5	7.0(6.9)(6.8)		8.5	8.5	8.0(8.1)(7.8)	8.5	8.5	6.95(6.9)(6.6)										
機械幅員調整	1	2		3		4	5		6										
実施進捗率	2.0%	8.0%	18.5%	32.0%	43.0%	51.0%	65.0%	84.0%	99.0%	100.0%									

スリップフォームペーパー方式による日当たりの平均打設量は約 770m³、最大打設量は約 1,200m³、実働施工日数は 99 日、人力による日当たりの平均打設量は 140m³、実働施工日数は 46 日で、暦日に対する稼働率は約 57%であった。

当初計画の NC 舗装施工期間（述べ 9 ヶ月）に対しては約 1 ヶ月間（延べ約 8 ヶ月）短縮し施工能力を確認することが出来た。

スリップフォームペーパー（GHP-2800）の機構については、施工厚さ（47cm）でも十分な締固めが出来ることをコア採取し断面にて確認する事が出来た（写真-20, 21）。



写真-20 採取コア



写真-21 採取コア

スリップフォームペーパー方式の特長である平坦性（写真-22, 23）についても、規格値標準偏差 2.00mm 以内に対して標準偏差平均 1.05mm であり良好な結果を得ることが出来た。



写真-22 平坦性の測定



写真-23 平坦性測定記録

5. まとめ

本事業における NC 舗装のコンクリート打設期間は、平成 20 年 9 月 24 日から平成 21 年 6 月 3 日（暦日 253 日）までで、一部既存制限フェンス下未施工箇所を残し無事に完了した。

スリップフォームペーパー方式の特長（時間短縮）については、日当たりの平均打設量は約 770m³、最大打設量は約 1,200m³ を記録し、当初計画の NC 舗装施工期間（述べ 9 ヶ月）に対して約 1 ヶ月間（延べ約 8 ヶ月）工程を短縮することが出来た。

また、スリップフォームペーパー方式のもう 1 つの特長（平坦性）についても、規格値標準偏差 2.00mm 以内に対して標準偏差平均 1.05mm であり良好な結果を得ることが出来た。

本方式での供用性については、今後 25.5 年間の維持管理業務の中で確認していきたい。

今後、スリップフォームペーパー方式（工法）でのコンクリート舗装が各箇所計画、施工される際の参考になれば幸いである。