

海外の建設施工特集

バンコク第二国際空港舗装工事における セメント処理路盤 Cement Treated Base (CTB) 工事

山本 昭・徳田 稔夫・大坪 輝之・佐古 直稔

タイ語でコブラの沼と呼ばれる土地に建設が進められているバンコク第二国際空港。セメント処理路盤 (CTB) 150 万 m³、コンクリート舗装 49 万 m²、アスファルト舗装 59 万 m² の舗装工事の他、25 万 m³ のコンクリート構造物工事を工期 26 カ月で完成させるため急速施工することが求められた。主要工種の二つである CTB 工事が、舗装工事工程、品質において重要な位置を占めている。本報文では、CTB の施工概要について報告する。

キーワード：空港舗装，セメント処理路盤 (CTB)，転圧コンクリート，連続練りコンクリートプラント (CTB プラント)，急速施工

1. はじめに

現在、タイ国の空の表玄関であるバンコク国際空港 (ドンムアン空港) は空軍との共用空港であるうえ、将来的な旅客数の増加、航空機の大型化に対応困難なため、年間旅客数 3 千万人に対応できるよう、新空港 (バンコク第二国際空港・スワンナプーム国際空港) の建設が計画され、2005 年秋の開港を目指し建設が進められている。また、最終的に年間旅客数 1 億人対応可能となる拡張工事も計画されている。株式会社大林組 (以下、当社) とイタリアン-タイ (Italian-Thai Development Public Company Limited)、株式会社竹中工務店との JV (以下、当 JV と略記) は、この新空港建設工事のうち東西 2 本の滑走路、連絡誘導路、エプロン舗装工事、また、これに伴う排水施設、および、誘導照明施設工事等を 2003 年 6 月受注し現在施工中である。図-1 に空港レイアウトを示す。

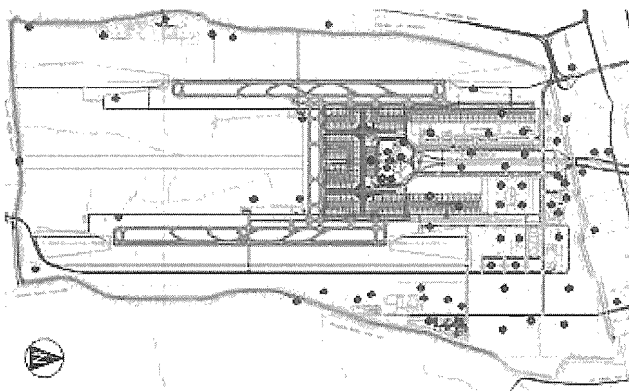


図-1 空港レイアウト

この新空港建設地は、その周囲を洪水調整水路により囲まれた海拔 0 m 地帯の軟弱地盤上にあるため、軟弱地盤対策が不可欠となっている。軟弱地盤改良工事は約 10 年前より先行施工されており、現場乗込み時には、西滑走路部及びエプロン部は載荷盛土も撤去されて完了していた。残りの東滑走路部については、当 JV によりその載荷盛土が 2004 年 2 月中旬より随時撤去開始され始めた。

滑走路他舗装工事 (以下、当工事と略記) では、主滑走路 (幅 66 m × 延長 3,700 m × 2 本)、および、誘導路のアスファルト舗装とエプロン部コンクリート舗装 (49 万 4 千 m²) の直下にそれぞれ標準厚さ 72 cm と 30 cm、工事総数量=約 150 万 m³ のセメント処理路盤 (CTB=Cement Treated Base) が上層路盤工として採用されている。

この CTB 工事の工程上必要な CTB 製造能力約 6,000 m³/日を確認するため、ドイツより 330 m³/h の製造能力をもつ連続練りコンクリートミキサを 2 台導入することにした。当社はこの 150 万 m³ のうち約 64 万 m³ の施工を担当する。本報文は、この CTB 施工概要について取りまとめたものである。

2. 工事概要

当工事の概要を以下に示す。

- ・工事名称：The Construction of Airfield Pavements for the Second Bangkok International Airport (Suvarnabhumi Airport)

- ・工事場所：サムットプラカン県，タイ王国（バンコク中心部より東南へ約 20 km）
- ・発注者：New Bangkok International Airport Co., Ltd.
- ・監督者：Airfield Pavements Consultant Consortium
- ・工期：2003 年 6 月 2 日～2005 年 8 月 4 日（793 日間）
- ・工事内容：

- 空港舗装工事：滑走路=3,700 m×2 本
平行誘導路=3,700 m×2 本
連絡誘導路=2,300 m×2 本
エプロン=494,200 m²
- 空港内排水工事：開渠=48,473 m
暗渠=114 箇所
- 管理道路工事：総延長=16,892 m
- 誘導・照明設備：進入路灯=180 箇所
滑走路誘導灯=7,170 箇所
エプロン照明=660 箇所
照明管理棟=4 棟
- その他工事：外周フェンス=20,500 m
芝生工=5,805,000 m²

3. セメント処理路盤（CTB）使用材料

当 CTB 工事は、通常のコンクリートよりも著しく単位水量を減らした超硬練りのコンクリートを用いた転圧コンクリート舗装工事ということが言える。当 CTB 混合物に使用する材料は以下のとおりである。

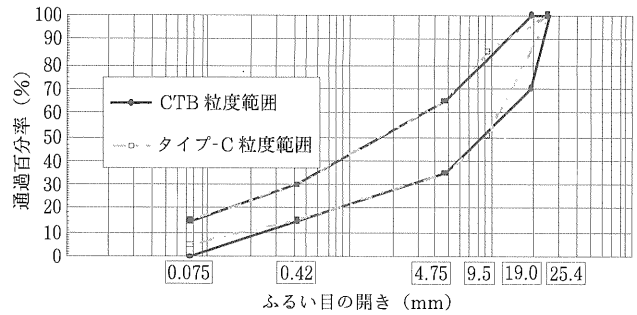
（1）骨材

使用する骨材の粒度範囲は表一のとおり当工事の工事仕様書に規定されている。

当 CTB に使用される骨材は、タイ国・道路局で規定されている数種類の路盤材のうちタイプ-C と近似しているので、このタイプ-C 路盤材を使用して CTB 混合物の配合設計を実施した。日常に使われている材料を調達するのが、品質、価格、工程のどの面についても得策と判断した。図一に CTB 骨材とタイプ-C 路盤材の粒度曲線を示す。

表一 骨材粒度範囲

ふるい目の開き	ふるいを通るものの質量百分率 (%)
25 mm	100
19 mm	70~100
4.75 mm	35~65
0.45 mm	15~30
0.075 mm	0~15



図一 CTB 骨材とタイプ-C 路盤材の粒度曲線の比較

（2）ポルトランドセメント

ASTM C 150, Type I を満足すること。

（3）練混ぜ水

当初、施工計画では空港建設現場内の既設仮設水道水を使用する予定であったが、工事詳細計画を進めるうちに当バンコク第二国際空港建設プロジェクト（土木、建築、設備、その他工事）全体に仮設供給されている水道水だけでは、十分な量の練混ぜ水の確保が不可能なことが判明した。このため、空港敷地全体を取囲んでいる広大な洪水調整水路から取水してこの貯留水を利用することとした。

取水位置については、土工事、舗装工事の支障にならない位置を選ぶ必要があり、この位置にポンプステーションを仮設し、エンジン式ポンプを設置することとした。配水については、ポンプステーションから CTB プラント敷地内に仮設した貯留水槽（容量約 790 m³）まで管径 6 インチ（15 cm）の塩化ビニル製パイプラインを延長約 2.5 km 設置し、1 日の使用水量約 300 t（30 t/h）を確保できるようにした。練混ぜ水の化学的使用判断基準を決定するための試験は AASHTO T 26 を適用した。

4. CTB 配合設計

工事仕様書に従い、骨材/セメント比が、15 を超えない範囲で 15 cm 立方体供試体の 7 日圧縮強度が 10 MPa を満足する配合を求めた。

骨材/セメント比=12, 13, 14, 15 の配合について、それぞれその含水比を 5~7 mass% まで 0.5 mass% きざみで変化させ、供試体の乾燥密度、含水比、圧縮強度との関係から、骨材/セメント比=15, 含水比

表二 CTB 配合表

CTB 混合物	セメント	骨材	水
2,449 (kg/m ³)	144 (kg/m ³)	2,154 (kg/m ³)	151 (kg/m ³)
100%	5.9%	87.9%	6.2%

6.2 mass% の配合を提案し、承認された。単位体積あたりの配合を表一2に示す。

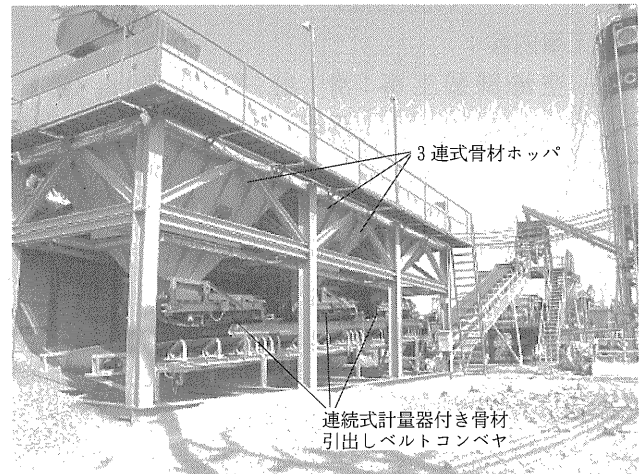
5. CTB 製造プラント

施工計画より当工事の当社が担当する CTB 工事の 1 日あたりの必要平均施工量は、約 2,500~3,000 m³ (転圧後体積) であることから時間当たり 330 m³ の能力の連続練り混合プラントを採用し、その主要部分をドイツから輸入した。価格面の点からドイツからの輸入は、連続練りツインシャフトミキサ LFK 1130 (BHS 社)、材料供給・計量装置・コンピュータ制御システム (PAHM 社) のみとし、他のプラントフレーム、通常のベルトコンベヤ等は、現地で調達することとした。写真一1~写真一3に CTB プラント主要部の写真を示す。

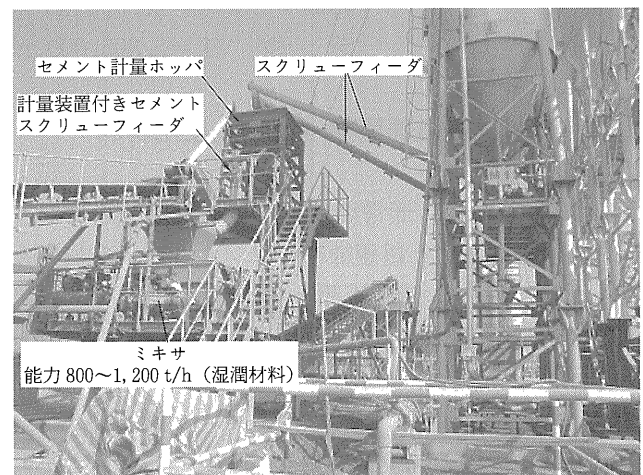
プラント搬入から、組立て、試験施工まで約 3 週間を必要とした。また、本施工を開始してからも種々のトラブルが発生し目標出荷数量 3,000 m³/日 を確保できるまで、約 2 週間を必要とした。本連続練り CTB プラントには、写真一1に示す 3 連式の骨材ホッパがあり、3 m³ クラスのタイヤショベル 3 台にて骨材を供給している。この 3 連式骨材ホッパの骨材排出口下には、ロードセルによる骨材計量器を兼ね備えた骨材引出しベルトコンベヤがあり、連続的 (1 秒毎) に骨材の供給量を制御できるようになっている。また、コントロールルームにあるコンピュータにて所定の配合となるよう、添加されるセメント量と水量も 1 秒毎に骨材供給量に合わせ制御している。オペレータは、時間当たりの製造能力をキーインするだけで、骨材、セメント、水の供給量を設定しなおす必要がない。ただし、碎石工場から納入される骨材の含水量にしたがって、添加水量の微調整を行なう必要がある。添加水量微調整については、砂の含水量を瞬時に測定できる (赤外線利用等の) 自動水分計量器の採用も検討した。しかし、使用骨材が粒度調整済みの碎石であることによる予想を超える測定誤差が生じ、混合物への悪影響が発生すると思われること、また、これによる追加コスト面を考慮して、施工管理技術者による含水量の確認を優先する方が、品質管理、経済性の点で有利であると判断し、自動水分計量器の採用は見送った。

セメントは CTB プラントへ写真一2で見られるように、メインセメントサイロ (100 t×2 本) から 2 本のスクリーフィーダによりセメント計量ホッパへと供給されるようになっている。1 日の CTB 製造量を 3,000 m³ とすると、約 430 t のセメントが必要であり、

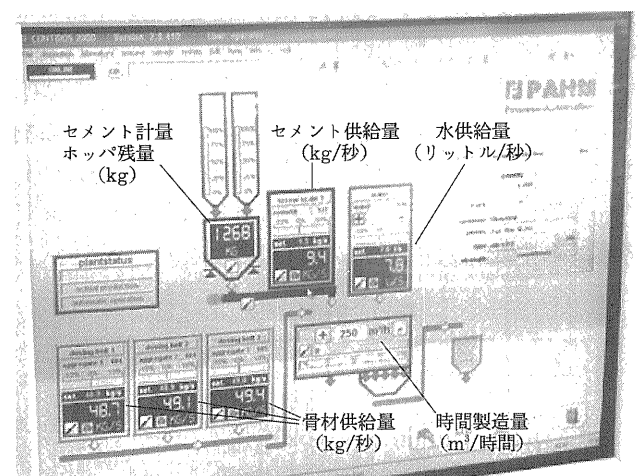
稼働時間を 10 時間と計画していることから、常時 43 t/h のセメントをメインサイロに供給する必要がある。セメント輸送ローリから直接補給する手段だけでは、セメント供給会社の輸送事情、あるいは、交通事情等の理由によりこの必要供給量をタイムリーに確保できない懸念があったため、サブサイロ 100 t、4 本、180 t、1 本を増設し、CTB プラント製造現場に必要な消費



写真一1 3連式骨材ホッパ

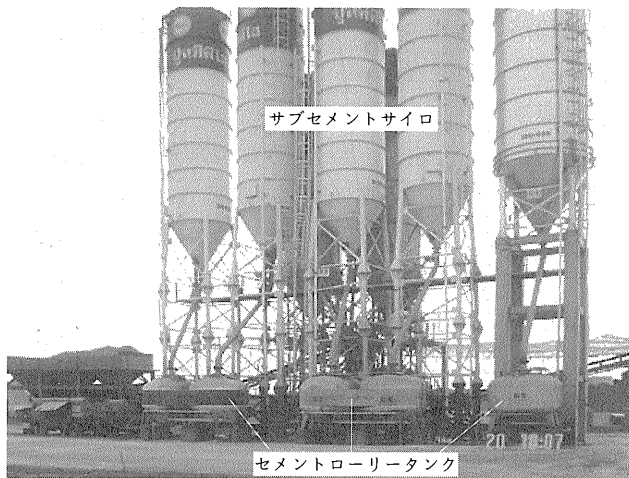


写真二 ミキサおよびセメント計量ホッパ

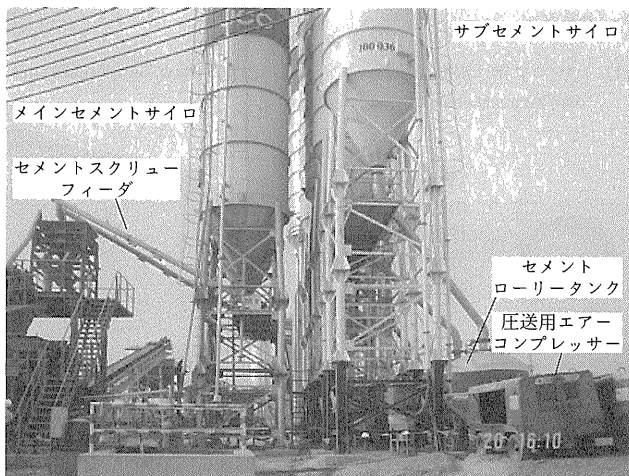


写真三 プラント制御コンピュータディスプレイ

量1.5日分強の780tのセメントをストックできるようにした。サブサイロからメインサイロへのセメントの移動には、セメントローリタンク5基をサブサイロに接続し、エアコンプレッサにてメインサイロに空気圧送するセメントバルク輸送システムを採用した。写真—4、写真—5にセメントバルク輸送システムの外観を示す。



写真—4 サブセメントサイロとローリタンク



写真—5 セメントバルク輸送システム

6. 施 工

本施工に先立って試験施工を実施した。試験施工の主な目的は、

- ・ 転圧後の厚さが所定の厚さになるような敷均し厚さの確認、
- ・ ローラによる転圧回数の決定、
- ・ 現場基準密度の決定、

である。現場での締固めの管理は、この現場基準密度の98%で行うこととなっている。また、締固め密度管理の迅速性、転圧用振動ローラによる振動のため砂

置換法による現場密度試験の変動が予想されることを考慮に入れて、RI密度計による締固め密度の管理を行なっている。

滑走路、誘導路の標準的な断面においては、CTBの設計厚さは72cmであり、これを18cmの4層で施工することとした。一層の敷均し厚さは試験施工結果より、転圧減を仕上げ厚18cmに対して約19%考慮して21.4cmとした。ローラ転圧回数は、表—3のとおりとして本施工することとした。

表—3 転圧回数

振動ローラ (9tクラス)		タイヤローラ (13t)
無 振 動	有 振 動	
2回	8回	2回

CTBは、超硬練りコンクリート使用の転圧コンクリートということができるので、転圧後にコンクリートの乾燥収縮によるクラックを管理する必要がある。

そこで、写真—6に示すようにプレートコンパクタを改良して、クラック誘発目地を設置している。



写真—6 クラック誘発目地施工状況

設置のタイミングは、振動ローラによる無振動2回転圧後である。また、プリクラッキングマシンによる目地成型直後に空気式ハンドスプレーヤにてアスファルト乳剤を目地隙間に注入して縁を切り、後に続く振動ローラの転圧による目地の閉塞を防いだ。

平坦性および仕上げ高さについては、センサワイヤ利用によるグレードコントローラをアスファルトフィニッシャに取付け、管理している。センサワイヤのサポート設置間隔は、10mとした。CTB敷均し時に同時に使用するアスファルトフィニッシャ台数は3台とした。写真—7にCTB敷均し状況を示す。

1日当りの施工量確保については、CTBプラントの時間当たり製造能力の確保のほかに、輸送ダンプト

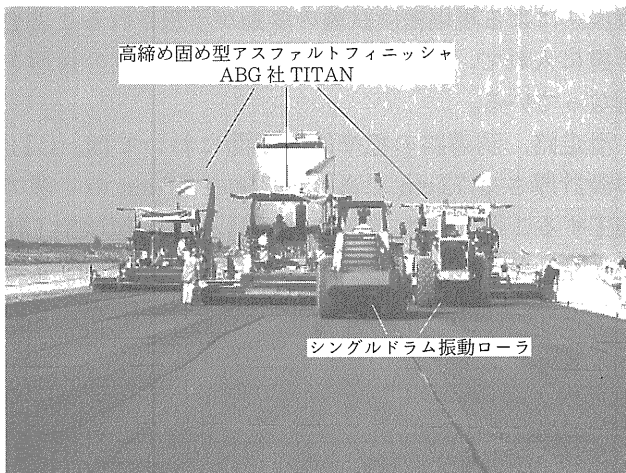


写真-7 CTB 敷均し状況

トラックのサイクルタイム、敷均し用のアスファルトフィニッシャーの施工能力と転圧用ローラ施工能力等とのバランスが非常に重要であることから、輸送距離に合わせたダンプトラックの配備に気を配ることとした。

アスファルトフィニッシャーを同時に3台使用するときの標準的な機械編成は、表-4のとおりであり、重機については高締め固め型アスファルトフィニッシャーを除き、汎用重機を使用している。

表-4 標準的機械編成

高締め固め型 アスファルトフィニッシャー	ABG社 TITAN 423 他	3台
シングルドラム振動ローラ	CAT社他 9 ton クラス	4台
タイヤローラ	SAKAI社他 12-13 ton クラス	1台
プリクラッキングマシーン	プレートコンパクト改良	4台
ハンドスプレーヤ	プロトタイプ	4台
ダンプトラック	10 輪車およびセミトレーラ	15~20 台

7. 出来形管理・品質管理

工事仕様書では、高さの許容誤差は設計高さに対し ± 12 mmとなっている。CTB直下の路床の高さは、舗装荷重（舗装総厚=105 cm）による基礎地盤の弾性変形量を考慮して、2 cm 上げ越しを行なった。CTB各層打設毎に沈下測量を行い、次層の打設目標高さを調整している。

平坦性については、最上層にて面的（縦横断）な凹凸の基準として4.8 m 直読式直線定規で12 mm 以内の偏差が規定されている。施工に当たっては、特に、縦断方向施工ジョイント部の仕上げに気を配った。

日常の品質管理試験結果では、15 cm 立方体供試体の7日圧縮強度が11~14 MPa、現場乾燥密度は、平均で $2,284 \text{ kg/m}^3$ （締め固め率99%）となっている。

8. おわりに

現在（2004年4月20日）で、当社担当数量（ $643,200 \text{ m}^3$ ）の約50%である $330,000 \text{ m}^3$ を打設した。本施工開始当初、CTBプラント、アスファルトフィニッシャーのトラブルや調整、改良に手間取り、目標の打設数量 $3,000 \text{ m}^3/\text{日}$ を満足できなかったが、本施工開始から約1週間で $3,000 \text{ m}^3/\text{日}$ を超える数量を打設することができた。

連続練りコンクリートプラントは、バッチ式コンクリートプラントと比べ、製造能力において有利な反面、その計量誤差による品質に問題があるとされていたが、近年のコンピュータ制御技術向上により、品質面においてもバッチ式のそれと遜色のないようになっている。ドイツでは、高速道路の舗装用のコンクリートも連続練りプラントにて製造することが当局により認められている。日本では、当工事のような大型工事はまれとなってきたが、建設機械の技術向上に伴い、十分な検討のうえ新技術・新工法に取組むことが必要とされている。

JICMA

《参考文献》

- 1) バンコク第二国際空港ホームページ：http://www.bangkokairport.org/airport/about_demo_eng.asp

【筆者紹介】

山本 昭（やまもと あきら）
株式会社大林組
海外土木事業部
部長



徳田 稔夫（とくだ としお）
株式会社大林組
バンコク第二空港土木
所長



大坪 輝之（おおつば てるゆき）
株式会社大林組
バンコク第二空港土木
副所長



佐古 直穂（さこ なおとし）
大林道路株式会社
海外工事部
課長

