

インドネシア・パティンバン新港開発事業

第1期開発事業 パッケージ1・ターミナル建設工事

野元 義一

パティンバン新港は、インドネシア国内最大の国際港であるタンジュンプリオク港に並ぶ新たな貿易拠点として開発事業が行われている。第1期開発事業はインドネシア政府を発注者とし、日本政府開発援助（ODA）の有償円借款により進められている。本工事では、軟弱地盤が堆積した遠浅な海浜に人工島を短期間で建設する必要があったため、深層混合処理工法（CDM）、管中混合固化処理工法（CPM）、ストラット工法が本邦技術活用条件（STEP）としてインドネシアで初めて採用された。本稿では、採用された本邦技術を中心にパッケージ1・ターミナル建設工事を紹介する。

キーワード：港湾，埋立，地盤改良，人工島，海外工事，ODA，インドネシア，急速大量施工

1. はじめに

インドネシアでは、昨今の経済発展により2000年代から国際貿易量が急増している。そのため首都ジャカルタの国際港であるタンジュンプリオク港の貨物取扱量は年々増大し、2025年にはコンテナ需要に対応しきれない懸念が生じていた。また、日系企業の製造拠点が多数あるジャカルタ首都圏およびジャカルタ東部工業団地では、タンジュンプリオク港への一極集中による慢性的な道路渋滞が発生していた。これらの問題を背景に、ジャカルタ首都圏の東部に新港を建設し、首都圏と東部工業団地からの貨物の物流機能強化を図るため、2017年11月に日本とインドネシア政府間でパティンバン新港開発事業の円借款契約が取り交された。

パティンバン新港はジャワ島の首都ジャカルタから東に約150kmの西ジャワ州スパン県に位置する（図-1）。新港は段階的な開発が計画されており、第1

期開発事業のフェイズ1-1では、以下の4パッケージの工事が行われた（図-2）。

- ①パッケージ1（PKG1） コンテナ・カーターミナル建設など
- ②パッケージ2（PKG2） 外周護岸・防波堤建設
- ③パッケージ3（PKG3） 連絡橋（陸上部とターミナル間の連絡橋）建設
- ④パッケージ4（PKG4） 陸上部のアクセス道路（国道から海岸まで約8kmの区間）建設

2. パッケージ1工事概要

工事概要を表-1に示す。パッケージ1工事では、航路および泊地浚渫、棧橋（カーバース、コンテナバース）、地盤改良と埋立による約62haの人工島造成（カーターミナル、コンテナターミナル、トラック待機所）、仮設建屋、舗装、道路工事等を建設した（図



図-1 パティンバン新港位置図（出典：Google Map）

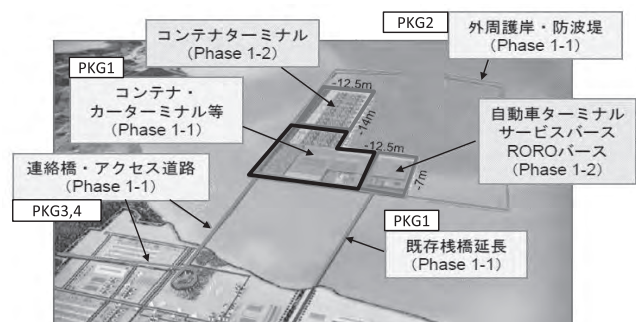


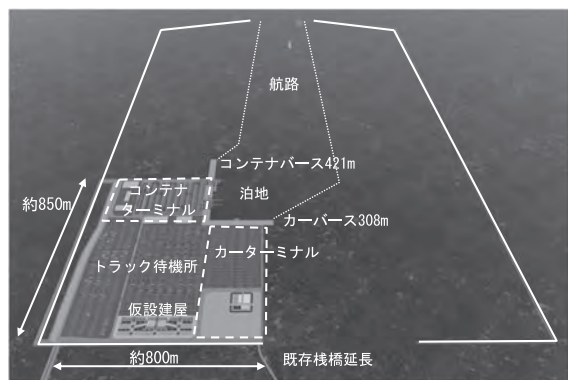
図-2 パティンバン新港段階的開発計画

— 3. 写真— 1)。

施工は、五洋建設(株)、東亜建設工業(株)、りんかい日産建設(株)の日本企業3社とインドネシア国営企業2社を合わせた5社コンソーシアムで行った。

表一 1 パッケージ1 工事概要

工事名	PATIMBAN PORT DEVELOPMENT PROJECT (I) PACKAGE 1 : TERMINAL CONSTRUCTION	
工事場所	インドネシア共和国西ジャワ州スバン県パティンバン沖	
発注者	インドネシア共和国 運輸省海運総局 (DGST)	
施工者	5社共同企業体 うち日本企業3社：五洋建設(株)、東亜建設工業(株)、りんかい日産建設(株) うちインドネシア国営企業2社：PT.PP (Persero) Tbk., PT.Wijaya Karya (Persero) Tbk.	
契約工期	2018年10月29日～2021年6月24日 (33か月)	
施工数量	浚渫工	3,385,594 m ³
	深層混合固化処理工 (CDM)	1,397,414 m ³
	管中混合固化処理工 (CPM)	2,489,677 m ³
	埋立工	855,388 m ³
	栈橋工 カーバース	308 m
	コンテナバース	421 m
	舗装工・排水工	1 式
	仮設建屋・電気設備工事	1 式
既存栈橋延伸	1 式	



図一 3 パッケージ1 完成イメージ



写真一 1 パッケージ1 完成写真

3. 本工事の特徴

(1) 現場条件

現場は熱帯気候に属し、乾季(4月～10月)と雨季(11月～3月)がある。乾季は東風が卓越し、海象が悪化することが多く、雨季は毎日のように降雨があるものの西風が変わり、海象は落ち着く傾向にある。年間平均最高気温は30度以上で多湿であり、1年中熱中症等の体調管理に留意する必要がある。また、施工時の水深が-3.0～-4.5m程度(干潮時に-3.0m以下となる場合もあった)、海底勾配が1/500程度で非常に緩やかな遠浅であるため、作業船には喫水の制約があった。更に、現場周辺には整備された港湾や岸壁はなく、国道から現場までの約6kmは、幅員4.0～4.5mの生活道路を通行する必要があった。そのため、大型車の通行は夜間のみ可能などの制約があり、資機材搬入には綿密な運搬計画を立てる必要があった。

(2) 海外からの使用作業船の調達

施工区域の土質は粘性土の軟弱地盤であり、埋立にあたっては地盤改良が不可欠であった。そのため地盤改良工法として深層混合処理工法(CDM)、埋立工法として浚渫土を利用した管中混合固化処理工法(CPM)が採用されたが、インドネシアにおいてはCDMおよびCPM用の作業船がなく、使用する作業船は日本を含む海外から輸入(一時輸入含む)、またはインドネシア国内のドックで作業船を舩装することにより調達した。

(3) コロナウイルスの影響と対策

コロナウイルスの感染拡大は作業員の離職や必要資機材の調達遅延など大きな影響をもたらした。当現場では早い段階から感染拡大への予防策として、毎日の現場入場前の体温計測と記録管理、マスク着用と手洗い消毒と3密を避けた行動規則やルールを現場内で定めて徹底した。また、外部からの新規入場者については、入場時に抗原検査を義務化し、コロナウイルスを現場に持ち込ませない対策を講じて工事への影響を最小限に抑えた。

4. 深層混合固化処理工法 (CDM)

(1) CDM 施工場所・数量および使用船舶

改良形式は、コンテナおよびカーバースの背面部が壁式(改良率51.0%)、埋立部が杭式(改良率平均16.6%)となっており、総施工数量は43,969本

(1,397,414 m³), 平均杭長は 12.4 m である。施工場所を 図-4 に、改良体の平面配置例を 図-5 に、埋立部の断面を 図-6 に示す。埋立部は、原地盤を CDM で改良し、その上に CPM を打設した後に山砂で埋立を行った。

本工事では工期短縮を図るために杭配置を考慮して CDM 船はすべて 2 軸×3 連装を採用した。しかし、日本国内には 2 軸×多連装の CDM 船はなかったため、一時輸入した韓国の CDM 船 1 隻、韓国で新規製作しインドネシアに輸入した CDM 船 1 隻、日本から一時輸入した CDM 機器をインドネシア国内で艀装した CDM 船 (写真-2, 表-2) 2 隻の計 4 隻を使用した。



写真-2 艀装 CDM 船 (FTTN1 2軸×3連装)

表-2 艀装 CDM 船仕様 (FTTN1)

船体寸法	73.15 m × 21.33 m × 4.26 m
喫水	1.80 m
攪拌翼径	φ 1,300 mm
軸数	2 軸
同時打設可能本数	3 セット
打設可能深度	27.5 m (海面より)

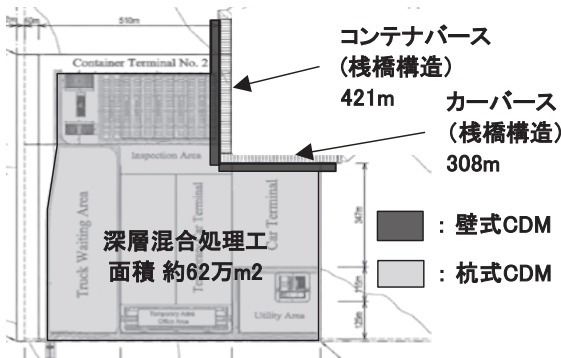


図-4 CDM および棧橋工施工場所

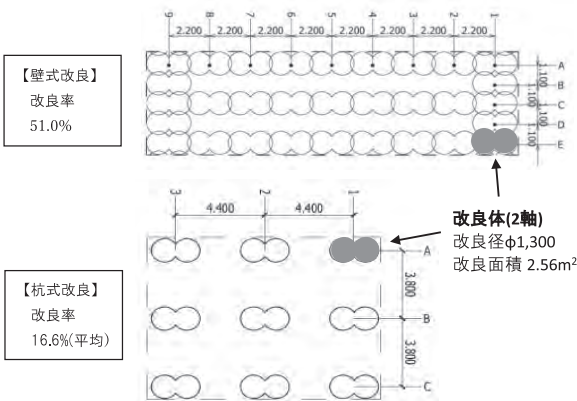


図-5 壁式・杭式 CDM 改良体の平面配置例

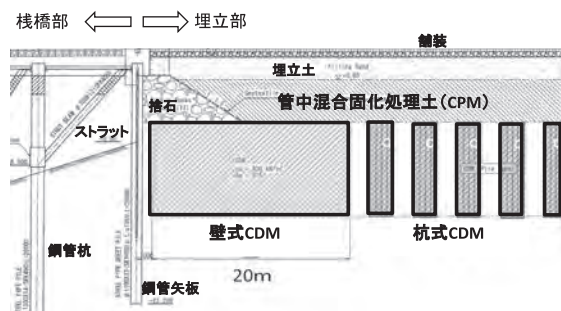


図-6 埋立部断面図

(2) 固化材添加量および種類

CDM 施工前に土質調査および試験練りを実施した。改良地盤はすべて粘性土層で、その構成は大きく 3 層に分かれていた。海底面から約 4 m は N 値=0~2 の超軟弱土層、4 m~10 m は N 値=2~8 の有機物質を含む土層であり、それ以深は緩やかに N 値が上昇する粘性土層で N 値=10 を改良下端深度と設定した。本工事における CDM の設計基準強度は、養生日数σ91 で 800 kN/m², 不良率は 15.9%であった。また、固化材の添加量は 150~300 kg/m³と規定されていた。

改良強度に関する懸念事項は 2 つあり、1 つ目は改良上端部の強度確保であった。本工事では、覆砂などを実施せずに土被りなしで原地盤天端まで CDM 改良を行ったため、特に原地盤天端から 2 m 区間は改良時に拘束圧が低く、改良中にスラリーが海中に散逸することが懸念されたため、当初は規定の上限を超えた 350 kg/m³と設定し、その他の区間については 170~220 kg/m³として施工を開始した。その後、改良体の一軸圧縮強度試験結果の傾向を把握した上で発注者側と協議し、最終的に 150~220 kg/m³の添加量とした。

2 つ目は深度 4~10 m の有機物質を含む土層の強度発現であった。この層は強熱減量が高く、試験練りにおいて普通ポルトランドセメント (以下 OPC) では強度発現が非常に低い結果となった。そこで、インドネシア国内のセメント製造会社と協議し、当時まだ

規格化されたばかりで使用実績の少ないスラグセメントを製造し使用した。スラグの配合率は試験練りの結果から 55%とした。

(3) 施工管理方法

CDM の品質・出来形の規格値は日本の CDM 工事に準じて行った (表一 3)。打設位置は GNSS を使用したシステムで管理した。セメントスラリーの W/C は 80%とし、引抜吐出で施工した。改良杭の着底深度は規定値管理とした。改良長が短いため、改良 1 サイクル当りの所要時間は位置決めを含めても約 1 時間であった。各船とも 24 時間施工により、平均して 15 ~ 18 サイクル / 日 (45 ~ 54 本) を施工し、施工期間は約 10 ヶ月であった。

表一 3 CDM 出来形管理規格値

項目	単位	規格値
改良体位置	cm	± 10
改良体傾斜	度	1 以内
改良体直径	%	設計の 95% 以上
改良時回転数	回 / m	350 以上

(4) 作業船への固化材 (セメント) 供給方法

セメント供給量は CDM 船 4 隻で最大約 1,400 t / 日、CPM で最大約 1,000 t / 日であった。CDM および CPM に使用したセメントは、製造工場から最寄りの港まで陸上輸送した後に、自航式のセメント運搬船 (6,000-8,000 t 積 2 隻) に積み込み現場内に常駐させたセメントストック船 (12,000 t 積 1 隻) へ運搬した。

ストック船から CDM 船へのセメント供給は、施工区域が干潮時に水深が -3.0 m 以下となるため、干潮時でも航行可能な喫水の浅い自航式上陸艇を艀装した自航式艀装セメント供給船 (450 t 積 2 隻) を使用した (写真一 3)。ストック船から CPM 固化材供給船へのセメント供給は、喫水の浅い小型セメント運搬船がインドネシア国内で手配出来なかったため、4,000 t 積のセメント運搬船に最大 1,800 t 程度を積み喫水を浅くして供給した。

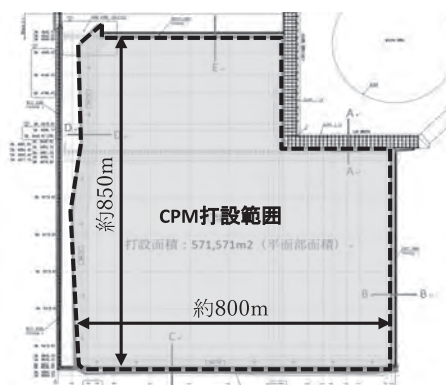


写真一 3 艀装セメント供給船

5. 管中混合固化処理工法 (CPM)

(1) CPM 施工場所・数量および使用船舶

CPM の打設位置を 図一 7 に示す。打設数量は 2,489,677 m³、打設天端高は +1.5 m、層厚 4.5 ~ 5.5 m で CDM 改良した地盤の上部、埋立部の全域に打設した (図一 6)。表一 4 に CPM に使用した作業船舶の仕様を示す。本工事に使用した船舶は、解泥船台船、解泥用バックホウと排砂管の一部を除き日本からセミサブ船で一時輸入した。



図一 7 CPM 打設位置

表一 4 CPM 使用船舶

船舶名	仕様
解泥船	解泥機付きバックホウ：4 台 スケルトンバケット付きバックホウ：2 台
空気圧送船 (風神丸)	圧送能力：1,000 m ³ /h (1,500 m) バックホウ：5.12 m ³ × 2 台
固化材供給船 (PM-6001)	サイロ：500 t × 2 基 スラリー製造能力：400 m ³ /h
打設船 (野分)	打設方式：自然流下式 アウトリーチ：60 m
排砂管	径：φ660 mm

(2) 固化材添加量および種類

CPM 施工開始前に土質調査および試験練りを実施した。CPM には施工区域内の海底面から -4 m 程度までの超軟弱土層部分を浚渫した土砂を使用した。本工事における CPM の設計基準強度は、養生日数 σ91 で 200 kN/m²、不良率は 25.0%であった。また、固化材の添加量は原泥に対し 100 ~ 200 kg/m³ と規定されていた。

施工性と品質確保 (排砂管閉塞防止、圧送量と距離の確保および混練性向上) を考慮して、原泥に加水・解泥して浚渫土の含水比を 190%程度に調整して CPM を施工した。当初は固化処理土 1 m³ に対し 95 kg の添加量とし、CPM 打設土の一軸圧縮強度試

験結果の傾向を把握しながら添加量を最終的には87 kg/m³まで削減した。なお、CPMは有機物質を含む浚渫土を使用しないためOPCでも十分な強度発現が得られたが、CDMと工程が重複していたため、調達・運搬を考慮してCDMと同じスラグセメントを使用した。また、セメントスラリーのW/Cは100%とした。

(3) 施工管理方法

CPMの出来形の規格値は打設天端高（設計天端高に対し±50 cm）である。打設時の施工管理は、圧送船と固化材供給船で固化材添加量の管理、打設船で打設位置および打設天端高の管理を行った。打設は品質（強度）確保のため気中打設とした。打設位置と高さは、打設船の配管の筒先にGNSSおよび超音波式距離計を設置して管理を行った。また各船間の運転データの通信は、無線LANで行った。写真—4に管中混合固化処理（CPM）船団による施工状況を示す。CPMは24時間昼夜施工により、1日最大12,000 m³、実働日平均8,000 m³（処理土量）を打設した。施工期間は約13ヶ月であった。

また、施工場所の水深が浅く、打設船以外の船団を打設位置近傍に配置することが困難であったため、1,000～1,500 mの長距離圧送を行ったが閉塞等のトラブルなく打設を完了した。

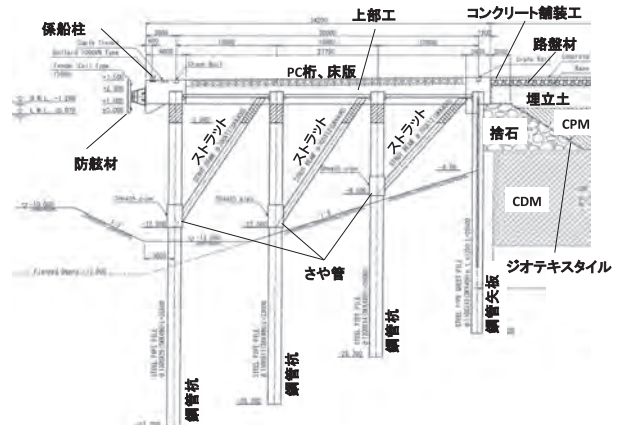
6. ストラット工法による栈橋工

(1) 栈橋工施工数量および施工場所

ストラット工法は、栈橋の補強、水平剛性の増加、施工期間の短縮、杭の小断面化および杭本数の削減などを目的として採用した。本工法もインドネシアでは初めて採用される工法であった。表—5に施工数量、

表—5 栈橋工施工数量

工種	単位	施工数量	
		カーブス	コンテナバース
鋼管矢板	本	301	333
鋼管杭	本	102	201
ストラット	基	64	142

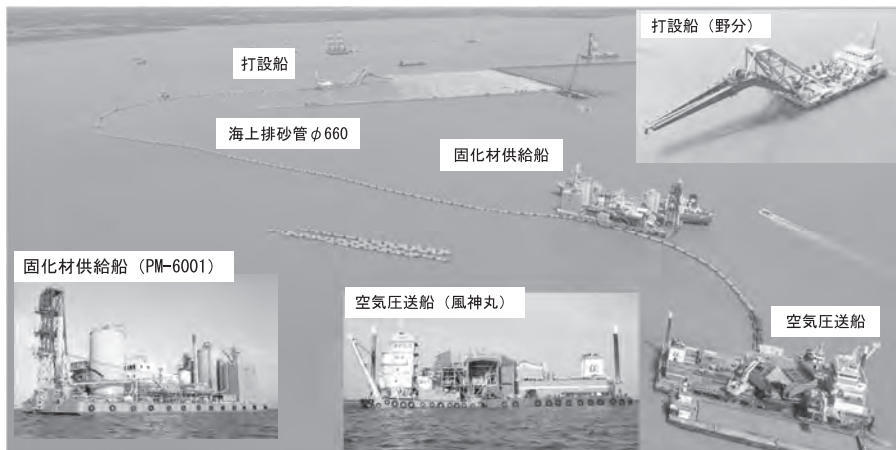


図—8 栈橋構造（コンテナバース断面図）

図—4に施工場所、図—8に栈橋構造を示す。上部工の構造は、鋼管矢板頭部と鋼管杭頭部に場所打ちコンクリートが施され、床版にはPC床版ポストテンション式のプレキャスト桁を採用した。

(2) 施工方法

鋼管矢板、鋼管杭を打設後、ストラットを据付け、さや管へのグラウト注入や杭頭剛結板の溶接により、杭とストラットを一体化した。その後、上部工のコンクリート打設を行い、PC桁を設置及び緊張し、防舷材、係船柱などを取付けた。写真—5にストラットと上部工の施工状況を示す。



写真—4 管中混合固化処理（CPM）船団による施工状況

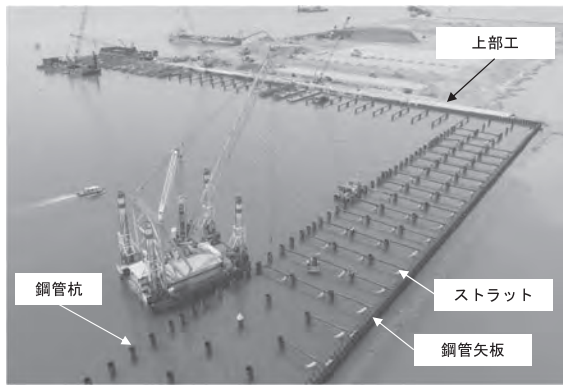


写真-5 ストラットと上部工施工状況

関係者や JICA, ならびに日本大使館より感謝の言葉を頂いた。またパティンバン新港開発事業は, 1 期工事 2 段階目となるフェイズ 1-2 が 2023 年より始まっている。次期工事でも CDM, CPM およびストラット工法が採用され, 本邦技術がパティンバン新港の開発事業に必要とされたことは喜ばしいことである。

また, 安全面においては約 880 万時間の連続無災害記録を達成した。工事関係者の皆様の多大なるご支援, ご協力に感謝申し上げます。

JICA

7. おわりに

2020 年 12 月にカーバースとカーターミナルの部分完成により, 政府関係者によるソフトオープニングの式典が行われ, 自動車運搬船の第 1 船が入港し, 政府

【筆者紹介】

野元 義一 (のもと よしかず)
 五洋建設㈱
 名古屋支店 プロジェクト部
 プロジェクトグループ長

