

インドネシア デンパサル下水整備事業 (ODA)

海外における推進技術

河野 暢 敬

デンパサル下水整備事業は JICA (国際協力機構) による円借款工事であり、インドネシア共和国バリ島の主要商業地域及び観光地域における下水道施設未整備による河川環境悪化及び海洋汚染の拡大を抑制するため、その対象地区 20.9 km² において下水道処理施設及び下水道管渠 (総延長 253 km) を建設するプロジェクトである。一期工事 (2003 ~ 2007 年) では下水処理施設及び下水道管渠 163 km の建設が行われ、二期工事 (2009 ~ 2013 年) では下水道管渠 90 km の建設が実施されている。本報文では、プロジェクトにおける推進工法による下水道管渠建設工事について報告する。

キーワード：推進工法, 推力, 推進距離, 固結滑材, ODA, バリ島

1. はじめに

インドネシア共和国バリ島はジャワ島の東側に位置する火山島 (図-1) で、その面積は 5,633 km²、人口は 2010 年で約 389 万人であり、バリ島周辺の島々と合わせて、バリ州を構成している。バリ州の州都デンパサルはバリ島南部に位置し、地方政治及び経済の中心であり、さらにその南側には日本でも人気の高い観光地区 (クタビーチ, サヌールビーチ, ヌサドゥアビーチ等) がある。1990 年代にバリ島を訪れる外国人観光客は年間約 49 万人だったのに対し、2012 年にはその 6 倍近い年間約 290 万人にまで達していることに表わされるように、バリ島は観光業を中心として経済成長を遂げている。

1990 年当初、バリ島の主要地区の下水道施設は整備されておらず、汚水は直接河川や排水路等に排出され、水質環境の悪化や海洋汚染の拡大が懸念されていた。そのため、そのような水環境の改善を目的として、2003 年よりデンパサル下水道整備事業が開始された。

2. 工事概要

本プロジェクトの工事概要 (表-1) および下水道整備平面図 (図-2) を以下に示す。

3. 推進工法技術の活用

(1) 一期工事における推進工法技術活用の背景

デンパサル地区の主要幹線道路 (セセタン通り, 写真-1) 及びバリ島の空港と主要観光地を結ぶ主要幹線道路 (ングラライ バイパス, 写真-2) について現地踏査を実施し施工検討を重ねた結果、主要幹線道路部は推進工法 (ϕ 1.0 m ~ 1.2 m L = 6.4 km) にて施工する事とした。

以下に現地踏査結果を示す。

〈現地踏査結果〉

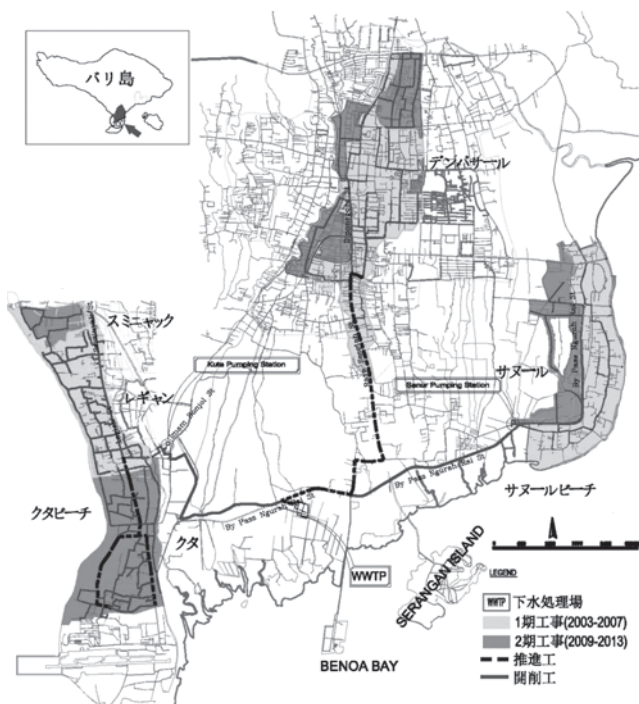
- 1) 最下流部の管径は 1,200 mm であり、管敷設に必要な掘削幅は約 3.0 ~ 3.5 m (山留め工含む)。掘削深さは最深 7.0 m に達する。



図-1 インドネシア共和国 バリ島位置図

表一 1 工事概要

	一期工事	二期工事
工 事 名	デンパサール下水道整備事業 ICB-1	デンパサール下水道整備事業 ICB-2
発 注 者	インドネシア公共事業省	
工 期	2003年11月20日～2007年2月20日	2009年10月22日～2013年7月2日
施 工 体 系	TOA-PP JOINT OPERATION (JO 比率 75 : 25)	TOA-TOKURA-PP JOINT OPERATION (JO 比率 50 : 25 : 25)
下水道整備エリア	デンパサール 520 ha	レギャン・クタ・スミニャック 500 ha
主要工事内容		
【管渠】	開削工	開削工
	φ 200-900 mm 40.1 km	φ 200-500 mm 43.6 km
	推進工	推進工
	φ 1000-1200 mm 6.8 km	φ 800 mm 5.4 km
付帯設備	1式	付帯設備 1式
【道路整備】	道路復旧工 1式	道路復旧工 1式
【下水処理施設】	下水道施設 1式	下水道施設 1式



図一 2 下水道整備平面図

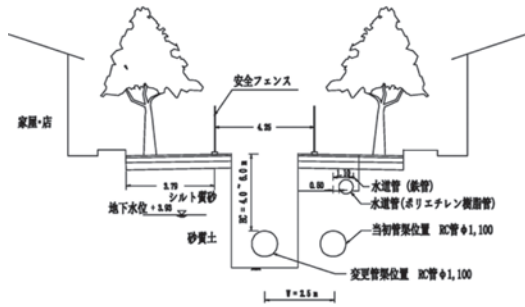
- 2) デンパサール市内の主要幹線道路(セセタン通り)及びバリ島の空港と主要観光地を結ぶ主要幹線道路(ングラライ バイパス)の交通量は多く、慢性的な交通渋滞は住民の生活や産業活動に大きな負の影響をもたらす。
- 3) 試掘にて移設不可能な水道管(φ 600 mm)が確認され、管敷設位置の変更を必要とする。埋設管の防護を含む山留め工の施工は道路を大きく占有するため更なる渋滞を生む。
- 4) 2か所の河川横断箇所が存在し、特殊人孔を必要とする。
- 5) セセタン通りは歩車道の境に樹木が植えてある。枝葉は車道側に傾き、山留め工を施工する場合に障害となる(図一 3)。



写真一 1 セセタン通り



写真—2 イングラライ バイパス



図—3 セセタン通り施工断面図



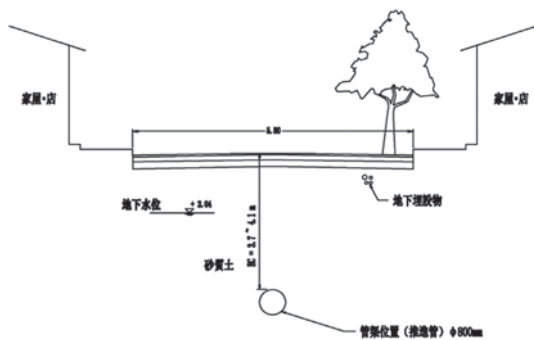
写真—4 ラヤトゥバン通り

(2) 二期工事における推進工法技術活用の背景

入札条件に Clean Construction (粉塵・騒音・振動および作業・時間帯等の対策) への取組み及び下水管敷設工事の一部 (L = 2.2 km) に推進工法の採用が要求され, 基本的な環境負荷低減対策に加え, 対象地区が観光地 (クタエリア) であることの特異性を考慮した対策が求められた (図—4, 写真—3 ~6)。



写真—5 カルティカ通り



図—4 レギャン通り施工断面図



写真—6 バックンサリ通り



写真—3 レギャン通り

(3) 推進工事概要 (表-2)

表-2 推進工事概要

	一期工事		二期工事	
推進工事施工延長	6,845 m		5,341 m	
推進工法分類	泥水加圧式		泥濃式	
管径	φ 1.0 m	363 m	φ 0.8 m	5,431 m
	φ 1.1 m	5,026 m		
	φ 1.2 m	1,456 m		
土質	シルト・粘土 (サンゴ混じり)		砂質土 (サンゴ混じり)	
	砂質土			
N 値	3-30		10-50	
	10-50			
地下水位	GL-1.5 m ~ -2.5 m		GL-1.5 m	
土被り	2.0 m ~ 7.0m		3.0 m ~ 7.0 m	
曲線施工	無		R = 500 m	
立坑	鋼矢板 + 山留め		ライナープレート + 薬液注入	
路面覆工	有		有	

(4) 採用した推進工法

〈泥水加圧式推進工法〉

一期工事の推進工法の選定は、機械調達の簡易性、実績、土質対応性を考慮し泥水式推進工法を選定した(写真-7~10)。



写真-7 泥水加圧式推進機



写真-8 立坑上プラント設備



写真-9 立坑築造 (鋼矢板+路面覆工)



写真-10 到達状況

〈泥濃式推進工法〉

二期工事では以下の条件を満たす泥濃式推進工法を選定した(写真-11~16)。

- ・土質への適応性 (N10 ~ 50 砂, 珊瑚, 砂岩等)
- ・長距離・曲線推進の可否 (推進管強度増, 滑材使用にて 200 m 以上)



写真-11 泥濃式推進機



写真-12 立坑築造 (ライナープレート+路面覆工)



写真-13 坑内状況



写真-14 バキューム車



写真-15 立坑上プラント設備



写真-16 到達状況

- ・坑内設備の簡素化 (排土及び換気が併用可)
- ・作業基地占有範囲の面積小 (一体化プラント・排土処分設備不要)
- ・作業の容易性 (真空ポンプ操作にて排土⇒土捨場運搬)

(5) 推進工法技術採用による成果

本プロジェクトにおいて採用した推進工法の成果を表-3, 4 に示す。

4. 推進工法技術考査

(1) 推力測定

泥濃式推進工事の推力データの収集・分析結果を以下に述べる。

表一3 推進技術のメリット

No.	側面	得られたメリット
①	環境面	<ul style="list-style-type: none"> ・ 振動・騒音・粉塵の低減（鋼矢板の打ち抜き） ・ 掘削作業（掘削・運搬）時に発生する粉塵の低減 ・ アスファルトの廃棄量および使用量の低減 ・ 掘削工事減による重機排気ガスの低減 ・ 交通渋滞の軽減による排気ガスの低減 ・ 工事排水の低減
②	安全面	<ul style="list-style-type: none"> ・ 掘削に伴う転落災害リスクの低減 ・ クレーン・重機災害リスクの低減 ・ 交通災害リスクの低減 ・ 第三者災害リスクの低減
③	地元対策	<ul style="list-style-type: none"> ・ 推進工法技術の採用による下水道工事に対するイメージアップ ・ 工事による交通渋滞の増加抑制とそれに伴う住民の不満の低減

表一4 推進工法技術採用の成果（一期工事・二期工事）

	一期工事	二期工事
推進準備期間	16ヶ月	8ヶ月
推進施工期間	2005年4月～2006年11月 20ヶ月	2010年6月～2011年6月 12ヶ月
推進機稼働台数	4台	3台
平均月進量	348m/月	406m/月
立坑（発進・到達）	53基	31基
最大スパン長	191m	277m
最小スパン長	30m	43m
平均スパン長	131m	181m
作業占有面積低減率	81%	87%

ここで、平均推力とは、本プロジェクトにおいて測定した推力値を言う。

設計推力・管外周面抵抗係数とは推進技術協会の提唱する推力値、 β 値を言う。

計測データは、以下に示す比較パターンに分類し、推力、管外周面抵抗係数をそれぞれ比較した。

- 1) 全路線
- 2) 固結滑材使用
- 3) 固結滑材未使用

(2) 分析結果

1) 全路線

全路線の平均推力は、概ね設計推力通りに推移している。推進距離が250mとなった時点で20%の増加がみられたものの、 β 値は協会の提唱している値とほぼ同等となった。

2) 固結滑材使用

固結滑材を使用した場合の推力は設計推力と同等となっているものの、固結滑材、滑材の使用量が大きく上回った。そのため、 β 値が協会の提唱している値よりも減少傾向となった。

3) 固結滑材未使用

固結滑材を使用しなかった場合の推力は、設計推力を大きく上回った。 β 値が協会提唱値よりも増加傾向となった。

(3) 課題

今後の改善点を以下に示す。

1) 推進管、添加剤、設置計画（立坑他）

推進管の調達に関しては、インドネシア国内にて日本下水道協会規格（JSWAS A-2）に準拠した標準管（50N/70N）の製作が可能である。今後、中押し管・90N管等曲線対応用短管（1/3管など）の製作や、固結滑材、滑材の品質向上等により、推力の低減と推進の長距離化を図ることが可能であると考えられる。その結果として、立坑数の減少による工事費の縮減、環境負荷の低減につなげることが可能である。

(4) まとめ

推力は推進方法、外径、土質により影響を受けるが、推力の増加は推進管の破損や安全性の観点からも好ましくない。固結滑材を使用した場合としない場合にお

いては推力の上昇の度合いが異なり、固結滑材の使用効果は明らかである。特に、推進距離が長くなった場合（250m）には顕著に現れた。このことから、固結滑材、滑材の使用によって推力を抑えることが可能で、更なる長距離化も期待できることが分かる。

5. おわりに

急激な経済成長を続けるインドネシアは、今後更なる都市化が進むことが予想される。本プロジェクトにおける推進工法技術の採用は、従来工法による様々な課題をクリアし、関係者（発注者・諸官庁・警察や地元住民）から理解を得るものとなった。将来計画される都市部の管渠敷設工事に対して、推進工法技術の採用をアピールできる大きな実績になったと考える。

また、今回紹介したデンパサール下水道整備事業は、インドネシア国内の都市部における将来的な社会基盤整備事業の増加を見据えたパイロット事業であり、本

プロジェクトを成功に導くため、当社を含む企業体が施工を担当した工区では、日本で培った都市土木技術とインドネシア国内で長期にわたり培ってきた文化や国民性を考慮したコンストラクションマネジメント・ノウハウを十分に発揮できたものとする。

今後の海外建設事業では社会環境負荷の低減が重要な課題であるが、様々な技術提案によりそれらを克服していくことがこれからの日本の建設業に課せられた重要な使命であるとする。最後に様々な制約条件がある中で工事を安全に遂行できたことに対して、関係者に謝意を表したい。

JCMA

【筆者紹介】

河野 暢敬（こうの のぶひろ）
東亜建設工業㈱
国際事業部 インドネシア事務所
所長

