

インドネシア国

公共事業省地盤・トンネル・構造物センター

国営建設企業 PT. HUTAMA KARYA

インドネシア国
「中層混合処理工法」による
地盤改良効果の普及・実証事業
業務完了報告書

令和4年11月

(2022年)

独立行政法人

国際協力機構 (JICA)

民連
JR
22-079

株式会社ワイビーエム

〈本報告書の利用についての注意・免責事項〉

- ・本報告書の内容は、JICAが受託企業に作成を委託し、作成時点で入手した情報に基づくものであり、その後の社会情勢の変化、法律改正等によって本報告書の内容が変わる場合があります。また、掲載した情報・コメントは受託企業の判断によるものが含まれ、一般的な情報・解釈がこのとおりであることを保証するものではありません。本報告書を通じて提供される情報に基づいて何らかの行為をされる場合には、必ずご自身の責任で行ってください。
- ・利用者が本報告書を利用したことから生じる損害に関し、JICA及び受託企業は、いかなる責任も負いかねます。

〈Notes and Disclaimers〉

- ・This report is produced by the trust corporation based on the contract with JICA. The contents of this report are based on the information at the time of preparing the report which may differ from current information due to the changes in the situation, changes in laws, etc. In addition, the information and comments posted include subjective judgment of the trust corporation. Please be noted that any actions taken by the users based on the contents of this report shall be done at user's own risk.
- ・Neither JICA nor the trust corporation shall be responsible for any loss or damages incurred by use of such information provided in this report.

目次

巻頭写真.....	i
略語表.....	ii
地図.....	iii
図表・写真番号.....	iv
案件概要.....	vii
要約.....	viii
1. 事業の背景.....	1
1-1 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認.....	1
1-2 普及・実証を図る製品・技術の概要.....	16
2. 普及・実証事業の概要.....	19
2-1 事業の目的.....	19
2-2 期待される成果.....	19
2-3 事業の実施方法・作業工程.....	20
2-4 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）.....	23
2-5 事業実施体制.....	28
2-6 事業実施国政府機関の概要.....	29
3. 普及・実証事業の実績.....	31
3-1 活動項目毎の結果.....	31
3-2 事業目的の達成状況.....	67
3-3 開発課題解決の観点から見た貢献.....	68
3-4 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献.....	69
3-5 環境社会配慮.....	70
3-6 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について.....	71
3-7 今後の課題と対応策.....	71
4. 本事業実施後のビジネス展開計画.....	72
4-1 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定.....	72
4-2 想定されるリスクと対応.....	83
4-3 普及・実証において検討した事業化による開発効果.....	83
4-4 本事業から得られた教訓と提言.....	84
報告書英文要約.....	86
添付資料1：環境社会配慮スコアリング.....	100
添付資料2：環境チェックリスト.....	104
添付資料3：六価クロム溶出試験結果.....	108
添付資料4. 提案工法とパイルスラブ工法の比較（インドネシア語）.....	109

巻頭写真



試験施工対象地周辺 (スマトラ島ドゥマイ)



スマトラ縦断高速道路本線予定地



ボーリング調査



T. Hutama Karya の機材ヤード



本邦受入れ活動 地盤改良機 GI 視察



試験施工実施時の鳥瞰図

略語表

略語	名称	和訳名称
AMDAL	Analisis Mengenai Dampak Lingkungan	環境影響評価（書）
API-P	Angka Pengenal Importir Produsen	製造輸入業者認定番号
BRIN	Badan Riset dan Inovasi Nasional	国立研究革新庁
CDM	Cement Deep Mixing	深層混合処理工法
CPM	Cement Pipe Mixing	管中混合固化処理工法
C/P	Counter Part	現地受入担当
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GIIP	Green Infrastructure Initiative	—
HATTI	Indonesia Association of Geotechnical Engineering	インドネシア地盤工学会
HS Code	Harmonized System Code	統計品目番号
IDR	Indonesian Rupiahs	インドネシアルピア
JGS	Japanese Geotechnical Society	交易社団法人 地盤工学会
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
JIEPA	Japan-Indonesia Economic Partnership Agreement	日・インドネシア経済連携協定
LPI	Logistics Performance Index	物流パフォーマンス指標
NETIS	New Technology Information System	新技術情報提供システム
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OJT	On the Job Training	オンザジョブトレーニング
PPH	Pajak Penghasilan pasal 22	前払法人税
PPN	Pajak Pertambahan Nilai	付加価値税
PU	Ministry of Public Works	公共事業省
Pusjatan	Pusat Litbang Jalan Dan Jembatan /Institute of Road Engineering=IRE”	道路橋梁研究所
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
SPPL	Surat Pernyataan Kesanggupan Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Hidup	環境管理計画書
UKL-UPL	Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Upaya Pemantauan Lingkungan Hidup	環境管理とモニタリング計画書
VAT	Value Added Tax	付加価値税
W/C	Water/Cement	水セメント比

地図



インドネシア スマトラ島 リアウ州 試験施工対象サイト

出展：Google Map をもとに JICA 調査団作成

図表・写真番号

図 1	GDP に占める物流コストの割合 (%)	3
図 2	インドネシアの軟弱地盤の分布図	5
図 3	施工不良や大幅な遅延の生じた高速道路の位置図	6
図 4	スマトラ縦断高速道路計画の地図及びスマトラの軟弱地盤の分布図	9
図 5	新工法の承認に関わる道路総局内の部署	13
図 6	インドネシアにおける新工法・新技術の導入プロセス	14
図 7	中層混合処理工法の適応方法	17
図 8	比較優位性 小型化による施工可能対象エリアの拡大	18
図 9	カウンターパートと JICA 調査団の活動概要図	27
図 10	JICA 調査チームの実施体制	28
図 11	公共事業省地盤・トンネル・構造物センター組織図	29
図 12	フタマカリヤ組織図	30
図 13	試験施工の概略スケジュール	34
図 14	事前調査位置図	35
図 15	地層断面図	38
図 16	改良杭配置図	40
図 17	プラント配置図	44
図 18	施工仕様	45
図 19	地盤改良工事の施工手順	45
図 20	サンプリング位置	48
図 21	一軸圧縮試験結果	48
図 22	日本で実施している手順	49
図 23	ワークショップデジタルフライヤー	60
図 24	ワークショップ参加者属性割合	60
図 25	オンラインワークショップの実施状況	61
図 26	オンラインワークショップのアンケート結果	63
図 27	試験施工視察会場とデモ施工見学ルート図	66
図 28	軟弱地盤地域を縦断・横断する高速道路計画と新首都開発計画図	74
図 29	公共工事に関する商流図	77
図 30	提案製品の販売先候補	77
図 31	提案製品に関連する中古製品規制	79
図 32	インドネシアにおける地盤改良技術にかかる PEST 分析	80
図 33	YBM 社のインドネシア展開にかかる 3C 分析	81
図 34	YBM 社の提案製品にかかる 5F 分析	82
図 35	提案製品のビジネスモデル... エラー! ブックマークが定義されていません。	

図 36 中古製品を扱う場合の素案... エラー! ブックマークが定義されていません。

表 1	世界競争力指標：道路インフラ.....	1
表 2	2022 年版世界競争力ランキングにおける各項目の順位.....	2
表 3	道路密度と平均移動時間.....	2
表 4	2018 年物流パフォーマンス指標（LPI）.....	3
表 5	2009 年～2022 年までの国道及び有料国道路新規開発状況.....	4
表 6	公共事業省 開発計画 2020-2024 道路建設計画.....	4
表 7	軟弱地盤の特性.....	6
表 8	Geotechnical Guideline for road construction on soft soil に掲載されてい る地盤改良法.....	8
表 9	スマトラ縦断高速道路の区間と工事進捗率.....	10
表 10	道路建設のための地質工学的ガイドライン.....	11
表 11	地盤改良法ガイドライン一覧.....	12
表 12	現在および今後の ODA 事業.....	15
表 13	他ドナーによるインフラ開発事業.....	15
表 14	バーチカルドレーン工法と中層混合処理工法の違い.....	16
表 15	普及・実証を図る製品の概要.....	17
表 16	資機材リスト（機材名／型番／数量／納入年月）.....	27
表 17	事業実施国政府機関側の投入.....	27
表 18	セメントの選定条件の整理.....	33
表 19	配合試験数量.....	38
表 20	STA8 +575 の配合試験結果.....	39
表 21	改良パターンの特徴と掘削展示での見どころ.....	39
表 22	役割分担表.....	41
表 23	主要資機材一覧表.....	41
表 24	機材の輸出入工程.....	43
表 25	試験施工にかかる実施スケジュール.....	47
表 26	一軸圧縮試験結果.....	48
表 27	効果検証によって明らかになった事柄.....	49
表 28	軟弱地盤対策工法の種類と適用地盤・効果.....	50
表 29	軟弱地盤対策工法の比較表.....	52
表 30	フタマカリヤ技術者と機材オペレーター名.....	54
表 31	GI-80C の指導内容.....	55
表 32	GI-80C の日常点検項目.....	55
表 33	SG-30SV の指導内容.....	55
表 34	SG-30SV のポンプのチェックポイントおよび点検項目（例）.....	56

表 35	建設機材を扱う販売代理店・メンテナンス会社リスト.....	56
表 36	施工基準書にかかる提供情報一覧.....	59
表 37	試験施工視察会の式次第.....	64
表 38	アンケート調査の設問例.....	65
表 39	軟弱地盤地域を縦断・横断する高速道路計画と新首都開発計画の概要.....	74
表 40	軟弱地盤が懸念される州の国道開発.....	75
表 41	GI 潜在市場規模の試算.....	75
表 42	短期・中期・長期の目標状態の整理エラー! ブックマークが定義されてい ません。	
表 43	業種別の販売候補先リスト... エラー! ブックマークが定義されていません。	
表 44	損益計算書 (5 か年計画) ... エラー! ブックマークが定義されていません。	
表 45	想定されるリスクと対応策... エラー! ブックマークが定義されていません。	
写真 1	Palembang - Indralaya 高速道路の陥没.....	7
写真 2	Pemalang - Batang 高速道路に発生した亀裂及び盛土すべり.....	7
写真 3	Terbanggi Besar - Kayu Agung 区間の湾曲・凹凸.....	8
写真 4	試験施工実施対象地の鳥瞰写真.....	31
写真 5	STA8+600 付近の全景.....	34
写真 6	現地踏査および事前ボーリング状況.....	36
写真 7	地盤改良工の実施.....	46
写真 8	試験施工結果.....	46
写真 9	提案製品の操作にかかる技術移転.....	54
写真 10	視察会における様子.....	66

案件概要

インドネシア国

中層混合処理工法による地盤改良効果の 普及・実証事業 株式会社ワイビーエム(佐賀県)

インドネシア国の開発ニーズ

- インドネシア国のインフラ整備において、地盤改良不足に起因する地盤沈下等、コネクティビティの切断が懸念される。
- 当該国の既存工法では軟弱地盤に対し十分な改良効果が発揮されにくい地域も多い。
- 道路建設の際に用いられる地盤改良法の選択肢が少なく、複雑な土層状況に対応するには困難である。

提案企業の技術・製品



製品・技術名

- 提案工法
 - 中層混合処理工法
- 提案製品
 - 地盤改良機G180C
 - グラウトポンプSG30SV

事業概要

- 相手国実施機関：
 - * 公共事業省地盤・トンネル・構造物センター(旧道路橋梁研究所)
 - * 国営建設企業PT.HUTAMA KARYA
- 事業期間：
 - 2018年12月～2023年1月
- 事業サイト：
 - スマトラ縦断高速道路建設の第6セクション

インドネシア国側に見込まれる成果

- 1: 提案製品を活用した中層混合処理工法の地盤改良効果を実証される。
- 2: PT. HUTAMA KARYA に対し提案製品の操作、中層混合処理工法の設計手法及び施工手順等の技術移転がはかれ、維持管理体制が構築される。
- 3: 中層混合処理工法に係る技術基準書案が策定され公共事業省の内部委員会へ提出される。
- 4: インドネシアの土木・建設業界の関係者に中層混合処理工法と提案製品が認知される。

普及・実証事業の内容

本事業は軟弱地盤地域ゆえに生じるインフラの地盤沈下の防止、軟弱地盤地域における地震被害の抑制に貢献すべく、インドネシア国内で施工事例の無い新たな地盤改良工法「中層混合処理工法」の導入と、同工法を高品質かつ的確に施工可能な提案製品の市場創出を目指す。

日本企業側の成果

- 現状**
 - 国内市場が飽和状態な現状において、持続的な成長には海外市場を開拓・獲得していく必要がある。
- 今後**
 - 中層混合処理工法がインドネシアで普及する事により、同工法を施工可能な提案製品ならびに付帯製品の需要が高まる。

要約

I. 提案事業の概要	
案件名	案件名：「中層混合処理工法」による地盤改良効果の普及・実証事業 Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Introduction of the Ground Improvement with the Middle layer Soil Mixing Method for Development of Transport Infrastructure
事業実施地	インドネシア国 リアウ州
相手国 政府関係機関	公共事業省地盤・トンネル・構造物センター ¹ （旧 道路橋梁研究所） 国営建設企業 PT. HUTAMA KARYA（フタマカリヤ）
事業実施期間	2018年12月～2023年1月
契約金額	149,987,160円（税込）
事業の目的	インドネシア国における交通インフラ地盤沈下の防止・解決に資するために、同国で未だ適用されていない中層混合処理工法の有用性及び優位性が実証されるとともに、同工法が同国公共事業省の技術基準書として策定され、土木・建設業界に同工法と提案製品が認知される。
事業の実施方針	<p>成果1：インドネシア国において提案製品を活用した中層混合処理工法の地盤改良効果が実証される。</p> <p>成果2：国営建設企業 PT. HUTAMA KARYA（フタマカリヤ）に対し提案製品の操作、中層混合処理工法の設計手法及び施工手順に関する技術移転がはかられ、維持管理体制が構築される。</p> <p>成果3：インドネシアの公共事業省橋梁研究所にて中層混合処理工法に係る技術基準書案が策定され同所内部委員会へ提出される。</p> <p>成果4：インドネシアの土木・建設業界の関係者に中層混合処理工法と提案製品が認知されると共に事業展開計画が策定される。</p> <p>【成果1に係る活動】</p> <p>1-1：六価クロム溶出試験を実施するなど、試験施工に係る重要な環境社会影響項目の予測・評価及び緩和策、モニタリング計画案の作成および実施、環境チェックリストのアップデートを行う。</p> <p>1-2：改良強度の確保に向けて、複数の現地セメントメーカーを対象とした室内配合実験、一軸圧縮試験、熱帯地域有機質土に適したセメント調達に係る調査を行う。</p> <p>1-3：PT. HUTAMA KARYA の技術者と共同で試験施工地における設計・施</p>

¹ 2020年6月に実施された省庁の組織改編により、道路橋梁研究所は「公共事業省地盤・トンネル・構造物センター」に改名している。よって、本報告書内では「地盤・トンネル・構造物センター」の名称にて統一する。

	<p>工計画を策定する。</p> <p>1-4: 試験施工を実施する。</p> <p>1-5: 道路橋梁研究所（現 公共事業省地盤・トンネル・構造物センター）と共同で試験施工後に試験を実施し、地盤改良効果の検証を行う。</p> <p>1-6: 試験施工の実施を通して、バーチカルドレーン工法など当該国既存の地盤改良法とのコスト等の比較分析を実施する。</p> <p>【成果 2 に係る活動】</p> <p>2-1: PT. HUTAMA KARYA の土木技術者と機材オペレーターを本邦受入活動にて招へいし、提案企業敷地内で操作・メンテナンス指導を行う。</p> <p>2-2: PT. HUTAMA KARYA の土木技術者に対し、中層混合処理工法の施工に必要な事前地質調査、セメント配合量の検証ならびに施工方法、安全管理等を指導する。</p> <p>2-3: PT. HUTAMA KARYA の土木技術者と機材オペレーターに対し、インドネシア国内の実証サイトにおける試験施工にて操作実践を実施、技術者を育成する。</p> <p>2-4: 提案製品の維持管理を担う現地パートナー候補をリストアップする。</p> <p>【成果 3 に係る活動】</p> <p>3-1: 公共事業省下の道路橋梁研究所・道路総局・研究開発局および PT. HUTAMA KARYA を本邦受入活動にて招へいし、中層混合処理工法の事例紹介や施工現場の視察を行い、新工法の理解促進を図る。</p> <p>3-2: 道路橋梁研究所が他の工法と比較・分析を行うため、試験施工に必要な情報を提供する。</p> <p>3-3: 道路橋梁研究所に対し、技術基準策定に必要な情報を収集し提供する。</p> <p>【成果 4 に係る活動】</p> <p>4-1: 民間建設業（ゼネコン、地盤改良業者、基礎施工業者、建設コンサルタントなど）を対象として、試験施工の視察及び検証結果報告会を開催し、中層混合処理工法の施工例並びに適用工事例を紹介する。</p> <p>4-2: 公共事業省下の道路橋梁研究所・道路総局・研究開発局並びに各地域所管（バライ）を対象として、試験施工の視察及び検証結果報告会を開催し、中層混合処理工法の施工例並びに適用工事例を紹介する。</p>
--	---

	<p>4-3: 現地パートナーとなる販売代理店ならびにメンテナンス会社の発掘に係る調査を実施する。</p> <p>4-4: 事業化の事業展開計画を策定する。</p>
実績	<p>1. 実証・普及活動</p> <p>(1) 成果1に関連する活動実績</p> <p>スマトラ縦断高速道路の Pekambaru-Dumai 建設予定地に 2019 年の 7 月上旬から中旬にかけてインドネシアで初めて中層混合処理工法を実施した。その地盤改良効果は目標強度を上回る結果となり、十分に効果発現することが証明された。その後、7 月 25 日にフタマカリヤ本社にて提案製品と造成した改良杭の所有権の移譲にかかる書類に双方署名し、機材の供与と改良杭の移譲を完了した。提案製品はフタマカリヤが所有する Pekambaru 事務所兼機材ヤードに保管されている。また、インドネシアで広く普及している既存工法 3 つ（バーチカルドレーン工法、コンパクションパイル工法、パイルスラブ工法）と中層混合処理工法をコスト面、適用可能土質、特徴を検証し、実用性について整理し、「粘性土、互層、有機質土かつ工期が長い現場ではバーチカルドレーンが優位」であるものの、「コンパクションパイル工法やパイルスラブ工法との比較においては、施工条件によって中層混合処理工法が優位」であることが明らかになった。</p> <p>(2) 成果2に関連する活動実績</p> <p>フタマカリヤの技術者とオペレーターを対象に、試験施工期間を活用して提案製品の操作、メンテナンスにかかる実技指導を重ねて技術移転を行った。また設計・施工手法に関しては、地盤・トンネル・構造物センターと共同で展開した技術仕様書作成過程における指導・情報提供を通じ、中層混合処理工法の設計手法及び施工手順にかかる基本的な知識・技術の移転を行った。なお譲渡済みの提案製品はフタマカリヤの Systems, IT & Technology Research Division が管理する事を確認した。</p> <p>(3) 成果3に関連する活動実績</p> <p>2019 年 3 月 10 日から 16 日に亘ってフタマカリヤから 6 名を日本に招聘し、本邦受入れ活動を通じて、中層混合処理工法に対する知識を高める機会を設けた。大統領選を理由に地盤・トンネル・構造物センターからは本邦受入れ活動の参加は見送られたが、成果 1 の活動として実施した試験施工期間中には、公共事業省地盤・トンネル・構造物センターから研究</p>

員 1 名が常駐し、試験施工の準備から施工完了までの一連の流れを詳細に確認、意見交換を重ね、インドネシアに適した技術基準書の作成に向けて理解を深めることとなった。その後、2022 年 8 月には地盤・トンネル・構造物センターの担当部によって、技術基準書（案）が完成し、内部委員会の検証を受けた後、公共事業省内の公式な承認手続きに入った。中層混合処理工法は、2023 年春頃までにインドネシアの公共工事に適用可能な工法になる予定である。

(4) 成果 4 に関連する活動

2019 年 7 月に成果 1 の活動として実施した試験施工の視察会を開催し、フタマカリヤ、公共事業省地盤・トンネル・構造物センターならびに地方局、リアウ州政府、大学関係者など計 77 名（JICA 調査団を含む）が中層混合処理工法ならびに提案製品を紹介する機会を設けた。その後、2022 年 6 月には、提案製品と工法の普及促進、認知拡大を目的としたオンラインワークショップを開催し、2,000 人弱が参加した。インドネシア全 34 州から参加者が集い、土木・建設業界の学生を含め、大学教諭、公務員、企業など幅広く認知されたことに加え、本プロジェクトに直接関与していなかったフタマカリヤの技術部門にも本工法と製品を周知できたことは大きな成果であった。一方、同ワークショップで実施したアンケート結果から、土木や建築業界関係者であっても中層混合処理工法に対する認知度は低いことも鮮明になり、今後も継続した普及活動が必要になることも明らかになった。

また、オンラインワークショップを機会に、提案製品に関心を持った専門工事業者とのヒアリングを通じて、特殊な専用機に関しては中古品に対する需要が高く、自社 YBM 製の中古品が競合製品となり得ることが確認された。

2. ビジネス展開計画

現時点は工法に対する認知度は低く、試験施工以外の施工実績は無い状態である。したがって、製品の製造工場設立の投資額を補うだけの売上高の確保が見通せないため、今後 1～3 年の短期計画では、これまで通り提案製品を日本国で製造、駐在員事務所では情報収集や宣伝活動などの市場開拓を継続し、「日本本社からユーザーに直接輸出」または「インドネシアの代理店へ輸出」のビジネスモデルを継続することが現実的である。なお、駐在員事務所は業務範囲が「情報収集・広告宣伝」に限定され、収益活動・メンテナンス業務や輸出される製品の荷受人にもなれない。よって、本社からユーザーに直接輸出あるいは販売代理店を通じた販売活

	<p>動に限定される。また、メンテナンスも販売代理店或いはメンテナンス会社を通じてサービスを提供する体制とする。</p> <p>本 JICA 事業の終了後も、提案工法の認知向上・普及促進段階にあるため、提案製品の市場が開けてはいないが、最も障壁となりえる脅威は「自社の中古製品」または「競合他社の中古製品」が想定される。提案製品のユーザーである専門工事業者は、専用機を購入する場合の検討順位を①中国製の新品、②日本製の中古、③日本製の新品と回答している。提案製品も中古製品は国内外流通しており、競合他社の新品よりも自社製品の中古が競合になる可能性が高いと想定している。</p>
課題	<p>1. 実証・普及活動</p> <p>(1) 技術仕様書の確実な承認</p> <p>上記(3) 成果3に関連する活動実績に記した通り、中層混合処理工法は2022年8月に地盤・トンネル・構造物センターの担当部から公式な申請手続きに入っている。予定通りに進めば、半年程度で正式承認される見通しである。しかし、これまでの経験上、書類手続きが予定通りに進んだことはなく、既に進捗が遅れが生じている。異なる部署に書類が渡った段階で書類が行方不明になる可能性もある。したがって、今後も継続的に承認プロセスを追跡し、進捗状況によっては弊社人員が書類を持ち運ぶことも検討する。</p> <p>(2) 提案工法による施工実績数の積み上げ</p> <p>ワークショップのアンケート結果からも読み取れる通り、中層混合処理工法の認知度は低く、未だ途上段階にある。知識として認知度を高める、広めることも重要だが、本質的には小規模でも施工実績（試験施工を含む）を増やし、様々な現場、シーンで適用可能であることを証明し、施工実績が認められる必要がある。提案製品を所有するフタマカリヤに施工実績を積み上げてもらう事が最も現実的な方法であるため、今後もフタマカリヤと適用可能な現場の探索を継続する。なお、某日系企業からは、同社が開発した資材を用いて提案工法の効果検証をしたい旨の相談を受けており、このような機会も活かせるように努める。</p> <p>2. ビジネス展開計画</p> <p>提案製品の中古品が優位か、新品に対する需要が見込めるかなどのユーザー需要を見極める必要がある。特に中古品の需要が明らかに優位である場合は、中古品の販売も本格的に検討する。ただし、現体制では中古販売を扱っておらず、中古品の調達ルートの確保、インドネシア輸出向けの機材整備、輸出に対応できる組織体制、資金繰りを整える必要がある。</p>

事業後の展開	<p>今後の活動としては、中層混合処理工法の承認取得、および提案工法の認知向上にかかる活動を継続する。小規模でも施工実績を積上げ、様々な現場における適用実績が認められるよう努める。施工実績はフタマカリヤとの共同セミナー、HATTI や土木系の学会等で発表するなど、業界関係者に向けて適用事例の認知拡大に努める。工法承認後、提案製品に関する問い合わせに応じる中で、新品・中古品に対する具体的な需要を把握しながら、その動向に応じて中古製品の取り扱いを判断し、日本本社含めた中長期的な組織的な体制作り着手する。</p>
II. 提案企業の概要	
企業名	株式会社ワイビーエム
企業所在地	佐賀県唐津市原 1534 番地
設立年月日	1967 年 4 月
業種	製造業
主要事業・製品	土木、建設用機械の製造販売。
資本金	100,000,000 円 (2022 年 9 月時点)
売上高	71 億円 (2021 年度)
従業員数	280 名

1. 事業の背景

1-1 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認

1-1-1 基礎情報

インドネシア共和国（以下、インドネシアとする）は、国土面積が約 190 万平方キロメートル、領海は約 330 万平方キロメートル、17,504 を超える島々からなる世界最大の島嶼国家である。ジャワ、スンダ等 300 以上の民族からなる多民族国家で、地方語も数百存在するが、公用語はインドネシア語である。公認宗教は、ヒンドゥー教、仏教、イスラーム教、カトリック、プロテスタント、儒教の 6 つであり、国民のおよそ 9 割はイスラーム教徒である。通貨はルピアである。

インドネシアは、国土を構成する島々の南側にインド・オーストラリアプレートとユーラシアプレートの接合面があり、更に周囲に太平洋プレート、フィリピン海プレート等の大きなプレートやそれらより小さなプレートが複数存在しており、複雑なプレート構造をしている地域に位置している。インド・オーストラリアプレートとユーラシアプレートの境界は海溝（ジャワ海溝、スンダ海溝）であり、海溝に沿って火山が多数存在している。そのため、地震や火山による被害を頻繁に受ける地域でもある。近年の著しい経済発展の中で、経済を支えるインフラ整備が急務であるが、先に述べた島嶼、災害の多さといった地理的な条件等もあり、インフラ整備は周辺他国と比べて遅れている状況にある。

(1) 道路インフラ整備の遅れ

世界経済フォーラムの世界競争力レポート 2019 年版によると、インドネシアの道路インフラ部門は 60 位であり、シンガポール（1 位）、マレーシア（19 位）、タイ（55 位）など近隣諸国より順位が低い。また、国際経営開発研究所「IMD 世界競争力ランキング 2022」においても、順序は同じで近隣諸国と比して低い位置にある。

表 1 世界競争力指標：道路インフラ

国／年	2013- 2014	2014- 2015	2015- 2016	2016- 2017	2017- 2018	2019
シンガポール	7th	6th	3rd	2nd	2nd	1st
マレーシア	23rd	19th	15th	20th	23rd	19th
タイ	42th	50th	51th	60th	59th	55th
インドネシア	78th	72th	80th	75th	64th	60th
フィリピン	87th	87th	97th	106th	104th	88th
ベトナム	102th	104th	93th	89th	92nd	103rd

出典：World Economic Forum を基に JICA 調査団作成

表 2 2022 年版世界競争力ランキングにおける各項目の順位

国	2022年 全体順位	経済 パフォーマンス	政府の 効率性	ビジネスの 効率性	インフラ	2021年版 全体順位
シンガポール	3	2	4	9	12	5
マレーシア	32	12	38	38	37	25
タイ	33	34	31	30	44	28
インドネシア	44	42	35	31	<u>52</u>	37
フィリピン	48	53	48	39	57	52
(参考)						
日本	34	20	39	51	22	31
米国	10	3	27	12	7	10
中国	17	4	29	15	21	16
韓国	27	22	36	33	16	23
インド	37	28	45	23	49	43

出典：国際経営開発研究所「IMD 世界競争力ランキング 2022」

この競争力の背景には、道路開発状況の遅さが要因の一つとも言われている。インドネシアの 100 平方 km 当たりの道路密度は 26.1 km で、近隣諸国のシンガポール、マレーシア、フィリピン、ベトナム、タイよりも低く、さらに道路 100km 平均移動時間も同様に劣っている状況である。

表 3 道路密度と平均移動時間

国	道路密度 (Km /100 平方 km)	平均移動時間 (時間/ 100 km)
シンガポール	480.6	n. a
フィリピン	67.3	n. a
ベトナム	48.3	2
マレーシア	47	1.1
タイ	35.1	1.35
インドネシア	26.1	2.6

出典：Knoema, Ministry of Transportation を基に JICA 調査団作成

(2) 物流インフラの整備状況による、国家としての競争力の低下

1 万 7,000 以上もの島々を有する世界最大の列島のため、物流セクターと各島の物流接続性は経済的な影響を及ぼす要因である。世界銀行発表の 2018 年物流パフォーマンス指標 (LPI) では、インドネシアは 160 カ国中 46 位となっている。他方、シンガポールは

7位、タイは32位、ベトナムは39位、マレーシアは41位である。更に、インドネシアは2007年の43位から順位を下げる形となっており、世界における物流競争力が低下したことを示している。

表 4 2018年物流パフォーマンス指標 (LPI)

国	指標	世界ランキング
シンガポール	4.00	7 th
タイ	3.41	32 nd
ベトナム	3.27	39 th
マレーシア	3.22	41 st
インドネシア	3.15	46 th
フィリピン	2.90	60 th

出典：世界銀行資料を基に JICA 調査団作成

また、GDP に占める物流コストの割合をみると、インドネシアは約 22%であり、先進国の日本 (8.5%)、韓国 (9%)、近隣のシンガポール (8.5%) と比較してかなり高く、またマレーシア (13%)、タイ (15%)、ベトナム (20%) と比しても高くなっている。インドネシアの物流の主な問題は、道路を含めた交通インフラが不十分なこととされている。下図は、GDP に占める物流コストの割合を国別に比較したものである。

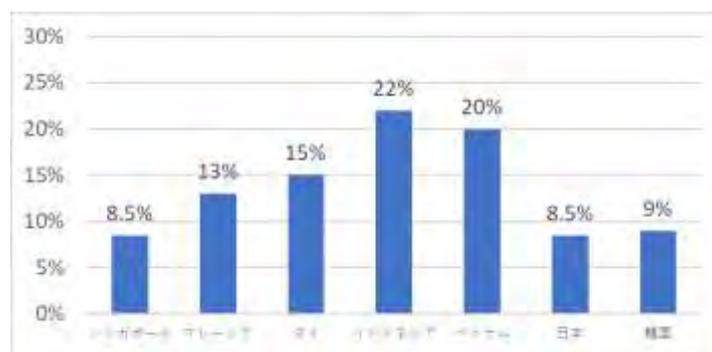


図 1 GDP に占める物流コストの割合 (%)

出典：<https://www.3plogistics.com/3pl-market-info-resources/3pl-market-information/global-3pl-market-size-estimates/>

1-1-2 対象分野における開発課題

前述の通り、インドネシアの国家競争力を低下させる要因の一つに、道路インフラ・物流インフラの整備状況が挙げられる。かつてから、大規模な国道網の整備を予定しているが、整備が計画通り進捗していない事も要因である。例えば、公共事業省の Strategic Plan of

Ministry of Public Works and Housing 2010-2014 では、新規に整備する国道の車線換算建設目標距離は1万3,000 km（道路距離 3,250 kmに相当）を目標としていた。しかし、実際に建設された新規の国道は、僅かに1,268 kmに留まった。また同 Strategic Plan 2010-2014 で設定された有料道路開発の進捗も芳しくなかった。開発目標は 656km であったが、同期間で建設された有料道路は僅か 147km に留まった。その後、2014 年 10 月に新大統領として就任したジョコ大統領政権下では、2015 年から 2019 年に至る道路建設は目標を達成するほど進捗した。政策の柱に大型インフラの開発を掲げ、高速道路の建設を推し進め、特にトランススマトラ高速道路の第 1 フェーズは、計画通りに殆どのルートが完成した。一方、同期間の国道建設に関しては目標到達しなかった（目標 4,185km に対し、実績 3,843km）。

表 5 2009 年～2022 年までの国道及び有料国道路新規開発状況

	2009-2014		2015-2019		2020-2024
	目標	実績	目標	実績	目標
有料国道	656 km	147 km	1,000 km	1,298 km	約 3,000 km
国道	3,250 km	1,298 km	4,185 km	3,843 km	約 3,000 km

出典：インドネシア公共事業省，統計局の情報を基に JICA 調査団作成

そして Strategic Plan of Ministry of Public Works and Housing 2020-2024 によると、今後の道路建設計画は前計画よりもさらに高い達成目標を掲げて、特に高速道路に関しては 2024 年までに前計画の目標の 3 倍にあたる 3,000km の完成を目指している。計画されている高速道路と国道はジャワ島内ではなく、スマトラ島、カリマンタン島、パプアに焦点を当てているが、これらの島々は軟弱地盤が広く分布している。

表 6 公共事業省 開発計画 2020-2024 道路建設計画

島	有料国道	国道	合計
スマトラ島	1,742 km	287 km	2,029 km
ジャワ島	1,152 km	388 km	1,540 km
カリマンタン島	111 km	854 km	965 km
スラウェシ島	43 km	68 km	111 km
マルク、ヌサトゥンガラ	0 km	532 km	532 km
パプア	0 km	899 km	899 km
合計	3,048 km	3,027 km	6,075 km

出典：Strategic Plan of Ministry of Public Works and Housing 2020-2024

なお、Strategic Plan 2020-2024 ではインフラ開発における 4 つの課題認識をあげており、地盤改良に関する技術的な不足も課題の一つとして認識されている。

- a. 土地の取得にかかる時間
- b. Binamarga の組織再編によるプロジェクト遅延
- c. 開発予算の制限
- d. 地盤改良及び舗装建設業の技術的な不足

これらの課題は前 Strategic Plan2015-2019 を引き継いだ形である。

前述の通り 2015-2019 にかけて有料道路開発の目標は達成しており、インフラ開発の遅れに関しては是正されつつあるが、一方では道路開通後の数か月以内に、陥没、沈下、地滑り等などの問題が各地で複数発生している。このようなインフラの施工不良を引き起こす直接要因として「地盤改良及び舗装建設業の技術的な不足」が挙げられる。本事業は、この「地盤改良の技術不足」に対応しようとするものである。特に、インドネシアは軟弱地盤の改良方法の選択肢が不足している事から、以降は軟弱地盤に焦点を当てて記載する。

(1) インドネシア軟弱地盤の状況

軟弱地盤とは、地耐力の低い、すなわち地盤上にある構造物の重みに耐えられない地盤である。商業ビルや道路の建設などにおいて対応が必要となる。地層の圧縮率が低い、せん断強度が低い、透水性が低い等といった特性をもつ地盤は軟弱地盤であることが多い。軟弱地盤は、適切な対策が行われなければ、建設中のみならず建設後何年も経った後でも地盤沈下や地盤崩落を引き起こすことで知られている。

公共事業省によると、インドネシアの国土の約 10% 或いは 2,000 万ヘクタールが、軟弱地盤エリアであり、特に海岸地域に偏って分布していると考えられている。図 14 に示される通り、軟弱地盤は、スマトラ島の東部沿岸、北部・南部、ジャワ島の北部沿岸、中央部、及びカリマンタン島の西部・中央部・南部に多く集中している。

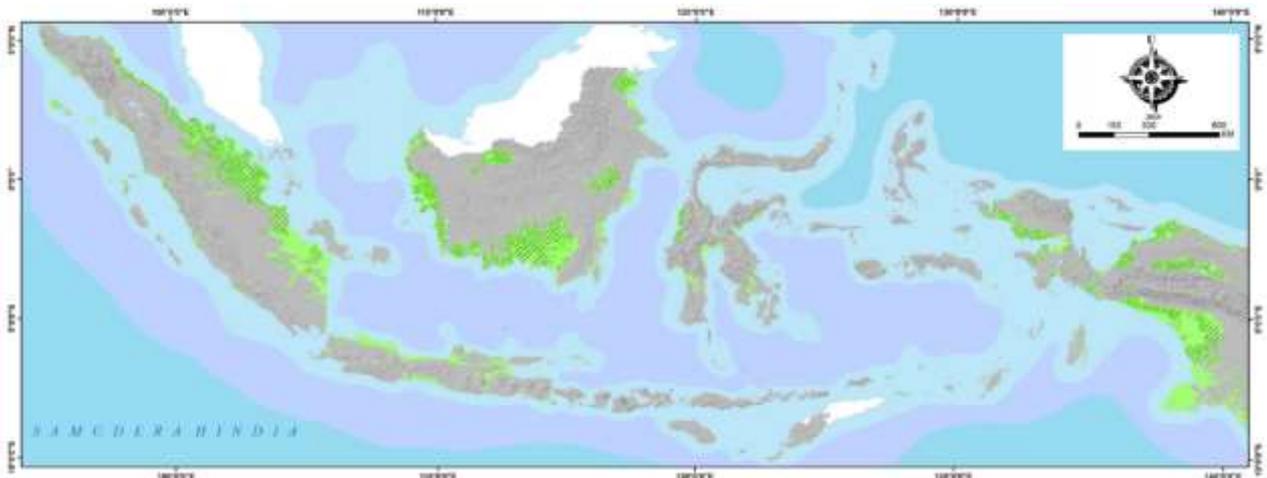


図 2 インドネシアの軟弱地盤の分布図

※地図中の緑部分が軟弱地盤エリア

出典：Ministry of Energy And Mineral Resources

軟弱地盤は、その地質により軟弱粘土 (*tanah lempung lunak*) と泥炭土 (*tanah gambut*) に分類される。下表は、軟弱粘土と泥炭土の特性の一部である。

表 7 軟弱地盤の特性

	軟弱粘土	泥炭土
母材	主に無機質 (無機質<25%)	主に有機質 (有機質 >75%)
場所	沿岸部に多い	内陸部及び沿岸部
インドネシアにおける地理的分布	<ul style="list-style-type: none"> - スマトラ島東岸 - ジャワ島北岸 	<ul style="list-style-type: none"> - スマトラ島 (特に北スマトラ、リアウ、ジャンビ、南スマトラ) - カリマンタン島 (島全体) - パプア

出典：公共事業省の Geotechnical Guidelines を基に JICA 調査団作成

(2) 軟弱地盤地における道路開発の施工不良事例

道路インフラ開発の中でも期待値と優先度が高いのは高速道路開発であり、スマトラ縦断高速道路ネットワーク、Trans Java 高速道路ネットワーク、カリマンタン島の Balikpapan - Samarinda 高速道路、スラウェシ島の Manado - Bitung 高速道路など多数計画されている。また、高速道路以外にもパプア島縦断道路ネットワーク (Trans Papua) は優先順位も高い開発に位置づけられている。しかし、これらの開発地域には軟弱地盤も広がっており、優先度の高い道路も開発難や運用難に直面している。以下は高速道路の開通後に陥没、沈下、地滑りなどの問題が発覚した事例である。



図 3 施工不良や大幅な遅延の生じた高速道路の位置図

出典：JICA 調査団作成

① Palembang - Indralaya 高速道路(スマトラ縦断高速道路ネットワーク)

本高速道路は2017年5月19日に正式に開通した。しかし開通後僅か1か月以内の2017年6月17日に30mの陥没の発生が認められた。本道路は、軟弱地盤の対策として真空圧密工法を採用していたが、陥没が発生した地域は、電線路があるために真空圧密工法を採用しなかったと言われている。施工者は陥没した部分に対して、新たな外部の土で突固め・締固めを行い、再度アスファルトを敷いて、陥没による穴を修復した。(出典:



写真1 Palembang - Indralaya 高速道路の陥没

Tribunnews.com, Liputan6.com)

② Pemalang - Batang 高速道路(Trans Java 高速道路ネットワーク)

本高速道路は2018年12月25日に正式に開通した。しかし開通後1カ月弱が経過した2019年1月16日に20mほどの路面亀裂が入り、さらに路肩で地盤沈下が発生した。亀裂と地盤沈下の発生要因は、軟弱地盤の特性により豪雨に見舞われた盛土が地滑りを起こし、道路下の土に浸食が起きた事象であった。



写真2 Pemalang - Batang 高速道路に発生した亀裂及び盛土すべり

出典: kompas.com, detik.com, jawapos.com

③ Balikpapan - Samarinda 高速道路

本高速道路はカリマンタン島で初の高速道路である。長さ99kmの建設は2017年に開始され2018年末までに完了を予定していたが、工事遅延により2019年12月に完了となった。工期遅延の要因は、一部の土地の取得の難航や軟弱地盤の対策不備などであり、計画道路の内の22kmが軟弱地盤上にあることが認識されていなかったことも要因である。

(出典: cnnindonesia.com, kompas.com, gatra.com, kaltim.prokal.com)

④ Merauke - Boven Digoel 道路 (Trans Papua 道路ネットワーク)

政府は現在、全長4,440kmのパプア州縦断道路ネットワークを建設中である。このうち

の1,098 kmはインドネシア港とニューギニアの国境に開発された。パプア島縦断道路のうちの1区間であるメラウケ-ボーフェン・ディグル間道路は、2018年に開通した。しかし工事完了後に、軟弱地盤や沼地エリアで全長424 kmのうち58 kmに損傷が生じ、通常であれば6時間で到達する場所に8時間を要する事態となった。4カ月間に亘る大規模な補修を施し、再び開通した。(出典: detik.com, kompas.com)

⑤ Terbanggi Besar-Kayu Agung 高速道路 (スマトラ縦断高速道路ネットワーク)

本高速道路は、スマトラ縦断高速道路の中で最初(2019年3月)に完成した区間であるが、軟弱地盤の上に建設された区間で複数の道路沈下や路面湾曲、凹凸が生じている。公共事業省は2022年1月に高速道路事業者であるPT Hutama KaryaとWaskita Toll Roadに不良のある区間の再整備や再建設も含めてこの問題を解決するよう命じた。(出典: republika.co.id)



写真3 Terbanggi Besar - Kayu Agung 区間の湾曲・凹凸

(3) 地盤改良方法の選択肢の少なさ

公共事業省地盤・トンネル・構造物センター(以下、地盤・トンネル・構造物センター)は軟弱地盤上の道路建設のためのガイドライン「Geotechnical Guideline for road construction on soft soil」を整備している。同ガイドラインでは道路建設の際に用いられる地盤改良法の選択肢が下表のとおりに記載されている。しかし、これらの工法では日本の選択肢よりも少なく、複雑な土層状況に対応するには困難である。

表8 Geotechnical Guideline for road construction on soft soilに掲載されている地盤改良法

■ バーチカルドレーン工法	■ サンドコンパクションパイル工法
■ 真空圧密、バキュームドレーン工法	■ 石灰コラム工法
■ 木杭 工法	■ 浅層固定化と杭工法
■ コンクリート杭工法	■ チャカルアヤム工法
■ ストーンコラム工法	■ その他

1-1-3 事業実施国の関連計画、政策(外交政策含む)および法制度

(1) スマトラ縦断高速道路(Presidential Regulation No 100/2014 and No 117/2015)

スマトラ島の経済開発の加速に向け、インドネシア政府はスマトラ島の高速道路開発計画を発表した。スマトラ島最北端のバンダアチェ市から最南端のバカウヘニ市まで、

島内の経済活動を牽引する複数の大都市（バンダアチェ、メダン、ペカンバル、ジャンビ、パレンバン、バンドルランブンなど）をつなぎ、全 24 区間の全長 2,700km に及ぶ高速道路である。

政府は大統領令 No 100/2014（後に大統領令 117/2015 に改定された）を発行し、スマトラ縦断高速道路の開発事業者として国営建設企業の PT. Hutama Karya（以下、フタマカリヤとする）を指定し、かつ政府資本として 2015 年に IDR 3.6 兆、2016 年に IDR 2 兆、2019 年の初めには IDR 10.5 兆を投入している。同社は同高速道路の所有者として 1. 高速道路開発のための資金調達、2. 建設技術のプランニング、3. 建設の実行、4. 道路の運用及び保守といった役割を果たすこととなっている。

なお、2025 年までに第 1 と第 2 フェーズを合わせた全ての高速道路を完成させる計画だが、建設予定地は軟弱地盤が広く分布しており、既に工事進捗が不安視されている。下図の左図からも読み取れる通り、高速道路は沿岸に近くを走る計画であり、同右図の軟弱地盤分布地域（同図の緑色部分）に重なっている。開発事業者であるフタマカリヤのみならず地盤・トンネル・構造物センターもこの軟弱地盤を克服する必要性があると唱え、高速道路建設の促進には新技術の導入が必要であると捉えている。

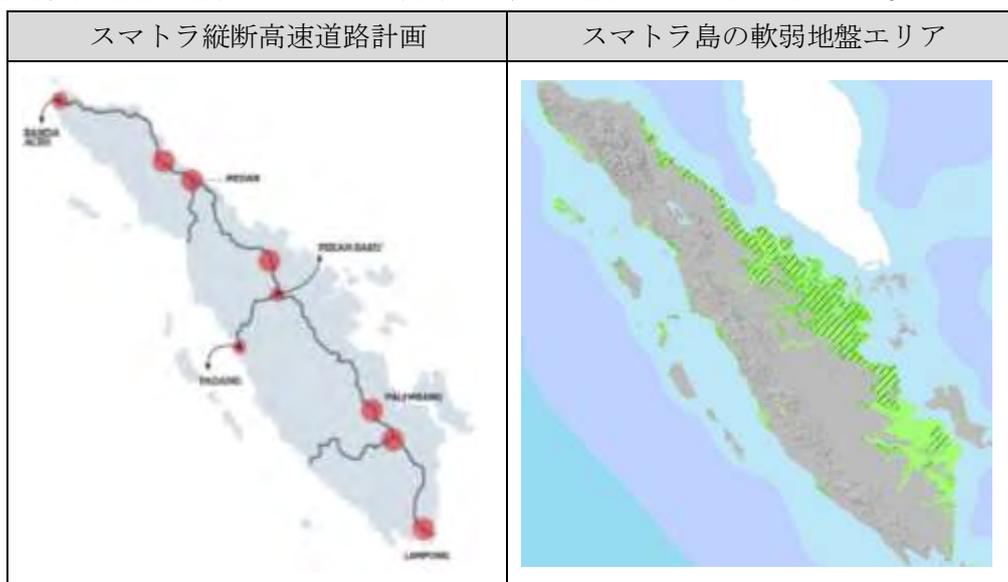


図 4 スマトラ縦断高速道路計画の地図及びスマトラの軟弱地盤の分布図

出典：公共事業省の Geotechnical Guidelines を基に JICA 調査団作成

ア スマトラ縦断高速道路の工事進捗

2022 年 6 月までに完成させる第 1 フェーズの進捗状況を以下に示す。

- ① 本格運用を開始済み
 1. パレンバン - インドララヤ間高速道路
 2. バカウヘニ - トウルバンギ・ブサール間高速道路
 3. メダン-ビンジャイ間高速道路

4. トゥルバンギ・ブサール - プマタンパンガン間高速道路
5. プマタンパンガン-キュアグン間高速道路
6. プカンバル-デュマイ間高速道路
- ② 建設初期段階(進捗率 44%)
 7. キサラン - トゥビン・ティンギ間高速道路
- ③ 準備段階で建設段階には無い
 8. パレンバン - タンジュン・アピアピ間高速道路

上記に加えて、計画では 2025 年までに完了予定になってスマトラ島縦断道路開発のフェーズ 2 は、まだごく初期段階にある。下表はスマトラ縦断高速道路の区間と 2022 年 6 月時点の工事進捗率である。

表 9 スマトラ縦断高速道路の区間と工事進捗率

No	区間	対象州	計画長 (km)	2022 年 6 月 工事進捗
第 1 フェーズ				
1	Medan - Binjai	北スマトラ州	16.7	100%
2	Palembang - Indralaya	南スマトラ州	21.9	100%
3	Pekanbaru - Dumai	リアウ州	131.5	100%
4	Bakauheni - Terbanggi Besar	ランプン州	140.7	100%
5	Terbanggi Besar - Pematang Panggang	ランプン州、 南スマトラ州	112.2	100%
6	Pematang Panggang - Kayu Agung	南スマトラ州	77.0	100%
7	Palembang - Tanjung Api-Api	南スマトラ州	69.8	0%
8	Kisaran -Tebing Tinggi	北スマトラ州	47.0	44%
第 2 フェーズ				
9	Betung - Tempino - Jambi	南スマトラ州、 ジャンビ州	190.0	0%
10	Jambi - Renggat	ジャンビ州、 リアウ州	198.0	0%
11	Rengat - Pekanbaru	リアウ州	205.0	0%
12	Dumai - Sigambal - Rantau Prapat	リアウ州、 北スマトラ州	175.0	0%
13	Rantau Prapat - Kisaran	北スマトラ州	100.0	0%
14	Binjai - Langsa	北スマトラ州、 アチェ州	131.0	52%
15	Langsa - Lhokseumawe	アチェ州	130.0	0%
16	Lhokseumawe - Sigli	アチェ州	157.0	0%
17	Sigli - Banda Aceh	アチェ州	74.2	89%
18	Simpang Indralaya - Muara Enim	南スマトラ	119.0	0%
19	Muara Enim - Lahat - Lubuk Linggau	南スマトラ	125.0	0%

20	Lubuk Linggau - Curup - Bengkulu	南スマトラ、 ブンクル州	95.8	18%
21	Pekanbaru - Bangkinang - Payakumbuh - Bukit Tinggi	リアウ州、 西スマトラ州、	n/a	0%
22	Bukit Tinggi - Padang Panjang - Lubuk Alung - Padang	西スマトラ州	n/a	0%
23	Tebing Tinggi - P. Siantar - Prapat - Tarutung - Sibolga	西スマトラ州、 北スマトラ	n/a	0%
24	Batu Ampar - Muka Kuning - Bandara Hang Nadim	バタム島	25.0	0%

出典：Presidential Regulation No 117/2015、BPJT (Indonesian Toll Road Authority)、Hutama Karya ホームページを基に JICA 調査団作成

(2) 地盤改良工法に関する法制度・ガイドライン・標準

地盤・トンネル・構造物センターでは軟弱地盤上の道路建設のためのガイドラインを整備している。ガイドラインは、適用工法の全体像を示す指針的な書類で、施工前の事前調査から設計や施工の各段階において、どの技術基準書を適用すべきかを示すものである。なお、技術基準書とは、設計手順書、施工手順書と技術仕様書の3点を纏めた資料を意味し、地盤改良に関する各種工法については、地盤・トンネル・構造物センターが整備する役割を担っている。参考までに「軟弱地盤上の道路建設のための地質工学的ガイドライン(Geotechnical Guideline for road construction on soft soil)」の構成を下表に示す。

表 10 道路建設のための地質工学的ガイドライン

	題名	内容
1	軟弱地盤の基本的性質と構造	1. インドネシアに分布している軟弱地盤の種類とそれらの構造の紹介 2. 道路建設予定地の軟弱地盤の有無に関する事前評価
2	軟弱地盤調査：設計と現地における作業	1. 事前調査の実行手順 2. 現地調査の方法と研究室でテスト方法の決定方法 3. 現地での地盤調査に必要な条件
3	軟弱地盤調査：研究室でのテスト	1. 研究室の地盤テスト能力を評価するためのチェックリストと研究室の選択のためのガイドライン 2. 標準的な研究室での地盤テストの手順（特に泥炭層と軟弱粘土層） 3. テストの準備、実行、解析中のサンプル取得時の現地の損傷や支障の最小化のための手段
4	設計と建設	1. 地盤改良工事の方法 2. 選択された地盤改良工事法に基づく建設設計のガイドライン

出典：地盤・トンネル・構造物センター「軟弱地盤上の道路建設のための地質工学的ガイドライン」を基に JICA 調査団作成

表 11 には、地盤・トンネル・構造物センターから提供された道路建設の際に用いられる地盤改良法のガイドラインリストを示す。

表 11 地盤改良法ガイドライン一覧

年	題名 (日本語)	題名 (English)
2004	プレハブバーチカルドレイン工法設計施工ガイドライン	Design and construction guideline on Prefabricated Vertical Drain (PVD)
2005	道路建設のための拡張土壌処理	Expansive soil treatment for road construction
2004	泥炭層で予圧密工法を用いた道路建設のための設計ガイドライン	Design guideline for road construction on peat soil using preloading method
2004	ジオメンブレンを垂直方向からの水分に対する障壁として用いた土壌拡張処理	Expansive soil treatment using geomembrane as vertical moisture barrier
2005	セメント杭及び木杭を用いた軟弱地盤の浅層固定化工法ガイドライン	Guideline on Soft soil shallow stabilization for road construction (using cement and wood pile)
2007	固化剤を用いた道路建設のための直接固定化工法の設計ガイドライン	Design guideline on direct stabilization for road construction using binding powder
2007	道路建設に固化剤を用いた直接固定化のための施工ガイドライン	Construction guideline on direct stabilization for road construction using binding powder
2009	暫定的な盛り土を用いた軟弱土壌処理ガイドライン	Guideline on soft soil handling using temporary surcharge
2009	ジオテキスタイルのガイドライン	Geotextile guideline
1996	土壌固定化に用いる石灰の仕様	Limestone specification for soil stabilization
2000	土壌固定化に用いるセメントの仕様	Soil cement specification for soil stabilization
2002	土壌固定化にフィルターと遷移のためにジオテキスタイルを使用するための施工ガイドライン	Construction guideline for geotextile as filter and transition on road construction
2002	土壌固定化にフィルターと遷移のためにジオテキスタイルを使用するための設計ガイドライン	Design guideline for geotextile as filter and transition on road construction
2009	地質統合を用いて補強工事を行うための設計ガイドライン	Guidelines on design and construction of reinforcement using geosynthetics
n. a	道路建設に軽量エアモルタルを混合するための設計ガイドライン	design guidelines on mixing of lightweight foamed mortar for road construction
n. a	道路建設のために軽量エアモルタルを使用するための仕様ガイドライン	specification of lightweight foamed mortar for road construction
n. a	道路建設のための軽量エアモルタルを使用するための技術ガイドライン	Technical guidelines of lightweight foamed mortar for road construction

出典：地盤・トンネル・構造物センターの提供資料を基に JICA 調査団作成

(3) 公共事業省の新工法検証・導入プロセス

インドネシアで地盤改良の新工法を導入するには、公共事業省道路総局による工法承認を得る必要があり、承認を得ることによって公共工事にも適用可能になる。工法承認のプロセスには公共事業省内の様々な部署が関与する。以下に、公共事業省道路総局の組織図を示すと共に、関係部署を赤字で示す。なお、地盤・トンネル・構造物センタ

一は道路総局長直轄な組織として下図の BALAI に位置しており、BALAI には塗装 (Pave)、地盤・トンネル・構造物 (Geotechnik)、材料 (Material) の 3 組織に分かれている。

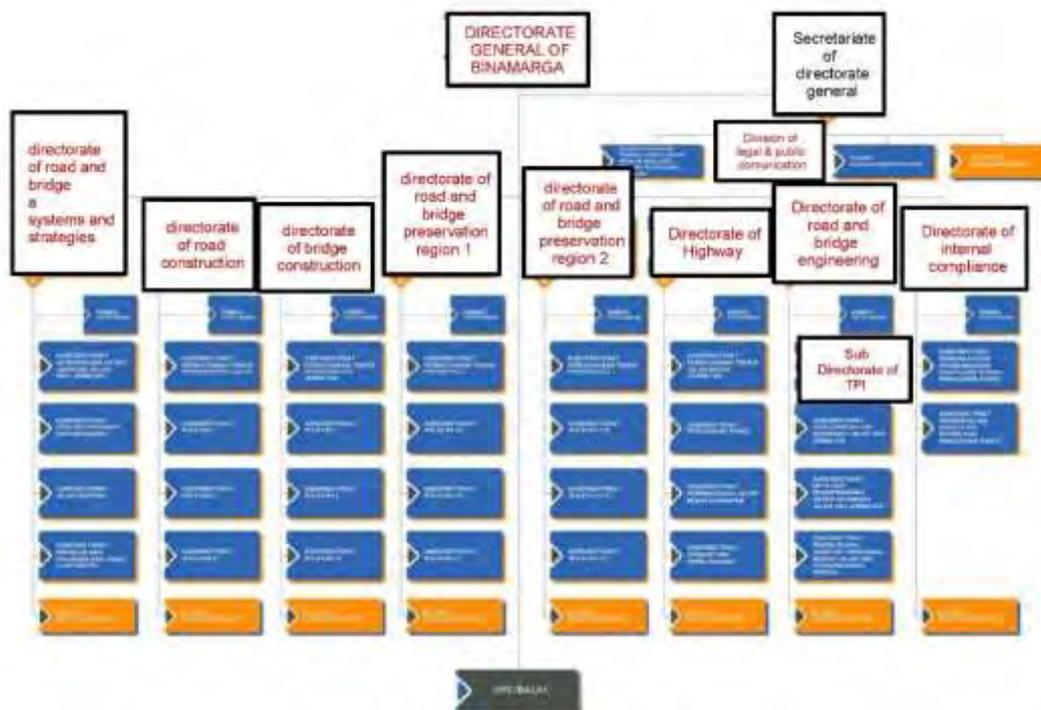


図 5 新工法の承認に関わる道路総局内の部署

出典：地盤・トンネル・構造物センターの提供資料を基に JICA 調査団作成

技術基準書の作成・審査プロセスは、以下の通りである。まず、道路や橋梁の建設・整備に係る新工法は「地盤・トンネル・構造物センター」が技術基準書の作成・申請を担う。同センターは 4 部門「地盤」「トンネル・防災」[基礎構造、橋梁など]「スロープ」に編成され、該当する技術部署にて申請書類を扱う。申請部署担当者によって作成された技術基準書は、申請部署の内部委員会で技術検討された後、正式な申請プロセスに入る。申請部署の次は Teknologi dan Peralatan Infrastruktur (TPI) 部による内容確認と校閲 (所要期間約 1 か月) を経て、次に Legal & Public Communication 部による法的な要件に関する確認 (約 2~3 週間) を経る。その後、8 部門の内 6 部門の局長による署名を得た後 (約 3 か月)、最終承認者となる道路総局長の署名 (約 1 か月) をもって正式承認される。したがって、新工法の承認には申請開始後、約 6 か月以上有する。ただし、各局長や総局長の署名を得るには予定以上に時間を要するとも言われており、上記以上に時間を要する可能性がある点に留意が必要である。この道路総局長の署名を得ることで、道路や橋梁に限らず、道路総局内の公共工事全般への適用が可能になる。

なお、旧承認プロセスでは、最終工程で公共事業省大臣から関係部署に「工法の使用を認める回状」を発行するプロセスが存在したが、同プロセスは撤廃された。

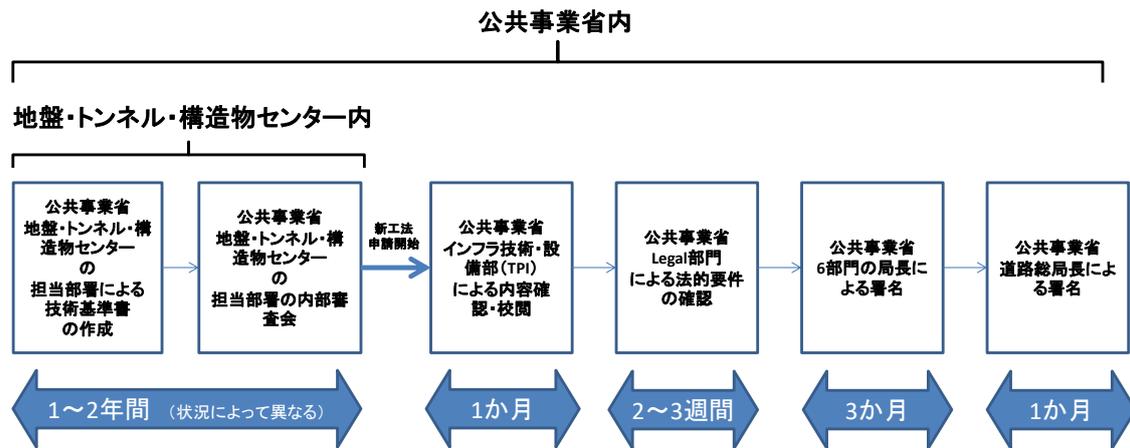


図 6 インドネシアにおける新工法・新技術の導入プロセス

出典：JICA 調査団作成

1-1-4 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析

日本のインドネシアに対する ODA 事業は古く、1954 年度の研修員受入に始まり、人材育成や経済社会インフラ整備等を通じ、インドネシアの開発に大きく寄与している。しかし、本事業のような「地盤改良工法の普及」を目的とした ODA 事業は、JICA 中小企業・SDGs ビジネス支援事業に限られており、これまで東曹産業株式会社によるインドネシア国薬液注入技術を用いた地盤改良工法の普及・実証事業や、チカミルテック株式会社が提案する「インドネシア国軟弱地盤改良エコジオドレーン SPD 工法の活用に係る案件化調査」がある。また、工法導入の視点では、本事業で普及を目指す中層混合処理工法と同じセメント系固結工法に分類される深層混合処理工法は、円借款事業「パティンバン港開発・運営事業」にて適用されている。同事業はジャカルタ首都圏地域の取扱貨物量の増大に対応するため、首都圏東部に新たなパティンバン港を整備・運営するものであり、本邦技術活用条件 (STEP) が適用され、日本の軟弱地盤改良技術として CDM (深層混合処理工法) や CPM (管中混合固化処理工法) が用いられている。また事業実施期間 2017 年 11 月～2028 年 12 月を予定しているパティンバン港開発事業 (第 2 期) も 2022 年 5 月に L/A 調印されている。

提案する中層混合処理工法は、盛土安定対策、建物基礎、盛土のすべり破壊防止、液状化防止、擁壁の基礎など、軟弱地盤地の細部に効果を発揮することから、道路、港湾など広くインフラ整備に生かすことができるため、日本の ODA による現在および今後のインフラ開発事業を以下に示す。

表 12 現在および今後の ODA 事業

ジャワ南線複線化計画事業 (IV)	有償
ジャワ幹線鉄道電化・複々線化計画事業 (第 1 期)	有償
ジャカルタ都市高速鉄道計画事業 (I)	有償
ジャカルタ都市高速鉄道計画 (II)	有償
ジャカルタ都市高速鉄道事業 (フェーズ 2) (第一期)	有償
ジャカルタ都市高速鉄道東西線計画 (E/S) (フェーズ I)	有償
ジャカルタ首都圏鉄道輸送能力増強計画 (I)	有償
パティンバン港開発計画(第一期)	有償
パティンバン港開発計画(第二期)	有償
バンドン市内有料道路計画	有償
パヤクンブーパンカラン有料道路トンネル建設事業準備調査	協準

出典：対インドネシア共和国事業展開計画及びじゃかるた新聞を基に JICA 調査団作成

1-1-5 事業実施国の対象分野における他ドナーの分析

他ドナーによるインフラ事業には、世界銀行、アジア開発銀行やドイツ政府による援助が挙げられる。

表 13 他ドナーによるインフラ開発事業

	プロジェクト名称	ドナー組織	期間
1	Green Infrastructure Initiative (GII)	ドイツ復興金融公庫 ドイツ国際協力公社	2021-
2	Integrated Infrastructure Development for National Tourism Strategic Areas	アジア開発銀行 世界銀行	2018-2023
3	National Urban Water Supply Project	世界銀行	2018-2022

出典：ウェブサイト情報を基に JICA 調査団作成

2021 年から開始されたドイツの取り組みは、インドネシア・ドイツ気候変動イニシアティブの一環としてグリーンインフラの開発を推進するもので「Green Infrastructure Initiative (GII)」と称している。GII の投資は、固形廃棄物管理、上下水道管理、都市公共交通を対象としており、この公共交通の中にインフラ整備が含まれている。しかし、他ドナーによる「地盤改良工法の普及」を目的としたプログラムは見当たっていない。地盤・トンネル・構造物センターの説明によると、「過去にはドナーによる新工法の技術移転もあったが、近年は自国企業と技術提携した中国などの民間企業によって、新工法の導入提案がなされている」との説明があった。

1-2 普及・実証を図る製品・技術の概要

1-2-1 普及・実証を図る工法

普及・実証を図る工法は中層混合処理工法である。中層混合処理工法はインドネシア国内では未だ適用事例が無い工法で、「軟弱地盤の地表から、一定の深さまでの区間を、セメント又は石灰などの安定材と原地盤の土を混合し、柱体状又は全面的に地盤改良して強度を増し、沈下及びすべり破壊を防止する工法」である。すなわち、地盤内にセメントや石灰を混ぜた支持杭(改良体)を造成し、地盤を補強する役割を担う。固結した改良体は圧縮性が非常に小さく、荷重による圧縮沈下もほとんど生じず、また改良効果の発現も早い点が特徴である。ただし、この改良効果は改良体が目標強度に達成することが条件であり、その有効性は室内配合試験と一軸圧縮試験によって確認・担保されるものである。粘性土、砂質土、有機質土に対応可能なため、他の工法と比して複雑な土層状況にも対処できるのが特徴である。例えば、有機質土の下に砂質土層がある場合、インドネシアにおける既存工法であるバーチカルドレーン工法は適用できず、中層混合処理工法が適している。この工法をインドネシアに導入し、複雑な土層状況に対応可能になる事で、これまで未解決であった地盤沈下等を改善する事が可能になる。

表 14 バーチカルドレーン工法と中層混合処理工法の違い

工法名	バーチカルドレーン工法	中層混合処理工法
模式図		
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・軟弱な粘性土地盤中に透水性の高い砂等(排水材)を打込み、水平方向の排水距離を短縮し圧密を促進させる。 ・載荷重工法等と併用することにより、圧密沈下の早期収束を図り残留沈下量を低減させる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・地盤内にセメントや石灰を混ぜた支持杭(改良杭)を造成し、地盤を補強する。 ・固結した改良杭は圧縮性が非常に小さく、荷重による圧縮沈下をほとんど生じない。 ・「攪拌翼」にて地盤を均質に攪拌混合させる。
土質	粘性土、有機質土	粘性土、砂質土、有機質土
工期	<ul style="list-style-type: none"> ・おおむね 1～3 年。地盤沈下が収束するまで 1 年～3 年を待つ必要があり、工事は長期化する。早期に次工程へ移れない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・概ね 2 週～4 週で期待強度に達し、次工程へ速やかに移れるため、バーチカルドレーンよりも工期の短縮が図れる。
強度の信頼	圧密沈下による地盤の締固めを期待するため、工法としての強度は不明確である。	<ul style="list-style-type: none"> ・事前の室内配合試験で目標強度を確認する。 ・地盤沈下低減効果が大きい。 ・周辺地盤への影響が少ない。
工法単価	<ul style="list-style-type: none"> ・工法の単価は安い。 ただし、全体工期が長くなるため、人件費・経費が嵩み、トータルコストは高くなる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・バーチカルドレーン工法と比較して高価。 ただし、工法自体のコストは高くなるが、全体工期は短縮可能で、人件費や経費の削減によりトータルコストは低くなる。

出典：JICA 調査団作成

また、中層混合処理工法がバーチカルドレーン工法やコンパクションパイル工法などの工法よりも優れる特徴は、地盤強度をコントロールできる点である。高強度のバラツキが小さい改良体を造成できる特徴を活かし、また施工困難な狭い場所でも改良可能な技術のため、各種構造物や盛土の基礎処理以外にも、仮設の土留め壁の安定性確保、液状化対策や土木構造物以外に建築構造物の基礎としても適用可能である。

軟弱地盤はスマトラ島のみならず、カリマンタン島全体に広がっていることから、活用方法の好事例ができることで、広く普及していく可能性は高いと考えている。以下に中層混合処理工法の様々な適応工事例を示す。

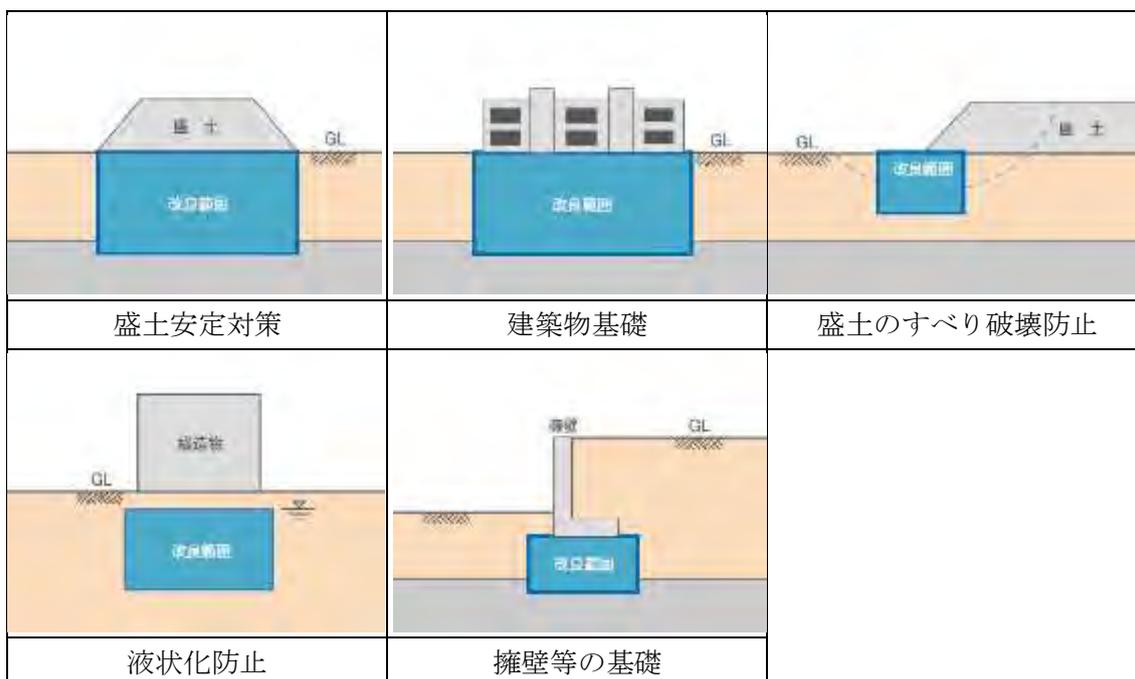


図 7 中層混合処理工法の適応方法

出典：日特建設株式会社 地盤改良パンフレットより引用

1-2-2 普及・実証を図る製品

中層混合処理工法の施行手順は、大きく分けて、①ボーリングマシンを用いた地盤調査、②ミキシングプラントを用いたセメント生成、③グラウトポンプを用いたセメント排出、④地盤改良機を用いた地盤切削・改良杭の組成の4ステップにて行われる。本事業では工事品質の根幹を左右する地盤改良機及びグラウトポンプを普及・実証を図る製品とする。

表 15 普及・実証を図る製品の概要

企業秘密情報のため非公開とする。

以下に製品の特徴・競合他社製品との比較優位性について記載する。

ア) 小型化による施工可能対象エリアの拡大。

大型機は、施工深度がリーダーの長さに依存する構造である。一般的に施工深度はリーダーの長さから 5m 程度浅い深度までとなるため、20m を打設する際は、25m 程度のリーダー長が必要となる。一方、提案製品 GI は、中空状の回転装置（センターホール型）をロッドが通過する構造を採用しており、掘削深度はリーダー長に依存せず、リーダー長が短いという特長を有する。よって、ロッドの継ぎ切り施工により、上空制限のある地域でも施工が可能となっている。

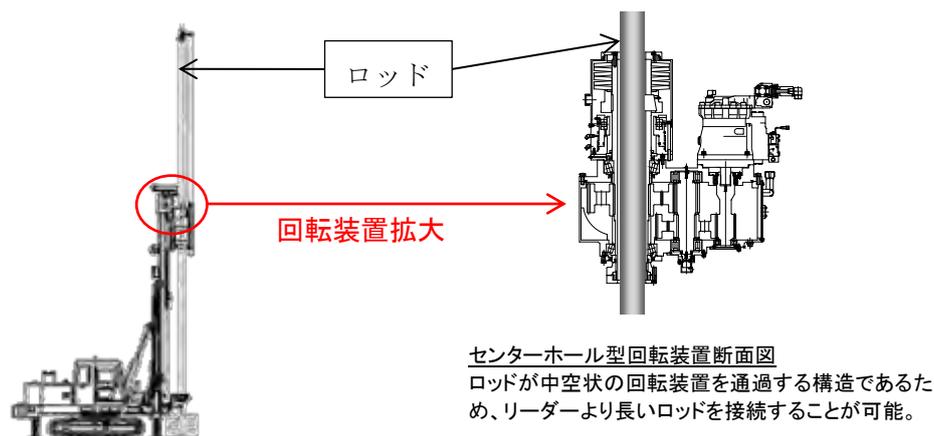


図 8 比較優位性 小型化による施工可能対象エリアの拡大

出典：JICA 調査団作成

イ) 低騒音・環境配慮対応

オフロード法認定建設機材（排ガス規制対応）であり、また、低騒音指定取得機材でもあるため、環境に優しい設計となっている。

ウ) 機材としての優位性

他社製品は「ロッドの長さ」の打設を数度繰り返す、いわゆるロッドの継ぎ切り作業をする必要があるため、GI は、所定の施工深度までロッドをつないだ状態で組立できるため、「ロッドの継ぎ切り作業なしで施工が可能」である。この継ぎ切り作業減は工期スピードに優位性がある。

エ) 操作基盤用のソフトウェア、インターフェースの使用感

他社製品は、機械メーカーゆえに、操作基盤用のソフトウェアを自社で開発していない。一方、GI の操作基盤用ソフトウェアは自社開発をしており、現場での使用感の評価が高い。YBM は現場改良機のトップメーカーであることから、多数のユーザーの声を反映したインターフェースを搭載している。

2. 普及・実証事業の概要

2-1 事業の目的

インドネシア国における交通インフラ地盤沈下の防止・解決に資するために、同国で未だ適用されていない中層混合処理工法の有用性及び優位性が実証されるとともに、同工法が同国公共事業省の技術基準書として策定され土木・建設業界に同工法と提案製品が認知される。

また、本事業は以下の3点を基本方針とする。

方針1：新技術の定着

中層混合処理工法はインドネシアにとり新しい工法となることから、カウンターパート（以下、C/P）等において当該工法が定着するよう技術移転を行うこととする。また提案製品が安全・適切かつ持続的に使用できるよう、操作・メンテナンス方法の技術移転を徹底する。

方針2：安全管理の徹底

本事業は土木工事を伴う試験施工を実施するため、施工現場における安全管理・安全配慮を施工者に義務付けるとともに、JICA 調査団も十分な安全監理・指導を行い、工事実施上の安全管理に関して万全の対策を講じる。特に安全・技能講習会は、C/Pに加えて、本事業で施工を担う技能者等に対し行うこととする。これら活動を通じ、本事業終了後、C/P等が自ら設計・積算・施工計画・施工管理を行えるようにする。

方針3：ガイドラインの順守

本事業は物品調達、機材輸出、現地再委託、現地工事など多岐に亘る活動を実施する。これらの活動に関する各種ガイドラインは JICA 契約管理ガイドラインに示されており、このガイドラインを遵守した活動を行う。

2-2 期待される成果

本事業の実施にあたり以下の成果の発現を目指す。

成果1：インドネシア国において提案製品を活用した中層混合処理工法の地盤改良効果が実証される。

成果2：国営建設企業 フタマカリヤに対し提案製品の操作、中層混合処理工法の設計手法及び施工手順に関する技術移転がはかられ、維持管理体制が構築される。

成果3：インドネシアの公共事業省橋梁研究所にて中層混合処理工法に係る技術基準書案が策定され同省内部委員会へ提出される。

成果4：インドネシアの土木・建設業界の関係者に中層混合処理工法と提案製品が認知されると共に事業展開計画が策定される。

2-3 事業の実施方法・作業工程

本事業はスマトラ島縦断高速道路の計画地で、かつ軟弱地盤サイトを対象に、提案製品を活用した中層混合処理工法の試験施工を実施し、その効果の検証を行うと共に、中層混合処理工法を新たな工法として承認を得ることを目的としている。工法の承認には地盤・トンネル・構造物センターにより技術基準書が策定され、省内の承認プロセスを経る必要がある。また、同工法が普及・活用されるには、提案製品の安全かつ的確な操作と施工技術、定期メンテナンスを実施できる技術者の育成も必要である。これらの必要条件を満たすべく、地盤・トンネル・構造物センターと国営建設企業フタマカリヤの2組織をC/Pとして各活動を展開する。

【成果1に係る活動】

- 1-1: 六価クロム溶出試験を実施するなど、試験施工に係る重要な環境社会影響項目の予測・評価及び緩和策、モニタリング計画案の作成および実施、環境チェックリストのアップデートを行う。
- 1-2: 改良強度の確保に向けて、複数の現地セメントメーカーを対象とした室内配合実験、一軸圧縮試験、熱帯地域有機質土に適したセメント調達に係る調査を行う。
- 1-3: フタマカリヤの技術者と共同で試験施工地における設計・施工計画を策定する。
- 1-4: 試験施工を実施する。
- 1-5: 道路橋梁研究所と共同で試験施工後に試験を実施し、地盤改良効果の検証を行う。
- 1-6: 試験施工の実施を通して、バーチカルドレーン工法など当該国既存の地盤改良法とのコスト等の比較分析を実施する。

【成果2に係る活動】

- 2-1: フタマカリヤの土木技術者と機材オペレーターを本邦受入活動にて招へいし、提案企業敷地内で操作・メンテナンス指導を行う。
- 2-2: フタマカリヤの土木技術者に対し、中層混合処理工法の施工に必要な事前地質調査、セメント配合量の検証ならびに施工方法、安全管理等を指導する。
- 2-3: フタマカリヤの土木技術者と機材オペレーターに対し、インドネシア国内の実証サイトにおける試験施工にて操作実践を実施、技術者を育成する。
- 2-4: 提案製品の維持管理を担う現地パートナー候補をリストアップする。

【成果3に係る活動】

- 3-1: 公共事業省下の道路橋梁研究所・道路総局・研究開発局およびフタマカリヤを本邦受入活動にて招へいし、中層混合処理工法の事例紹介や施工現場の視察を行い、新

- 工法の理解促進を図る。
- 3-2: 道路橋梁研究所が他の工法と比較・分析を行うため、試験施工に必要な情報を提供する。
 - 3-3: 道路橋梁研究所に対し、技術基準策定に必要な情報を収集し提供する。

【成果 4 に係る活動】

- 4-1: 民間建設業(ゼネコン、地盤改良業者、基礎施工業者、建設コンサルタントなど)を対象として、試験施工の視察及び検証結果報告会を開催し、中層混合処理工法の施工例並びに適用工事例を紹介する。
- 4-2: 公共事業省下の道路橋梁研究所・道路総局・研究開発局並びに各地域所管(バライ)を対象として、試験施工の視察及び検証結果報告会を開催し、中層混合処理工法の施工例並びに適用工事例を紹介する。
- 4-3: 現地パートナーとなる販売代理店ならびにメンテナンス会社の発掘に係る調査を実施する。
- 4-4: 事業化の事業展開計画を策定する。

なお、次表に上記活動の「計画」と「実績」を示す。

活動進捗表

活動計画	(1)現地活動	2018年度												2019年度												2020年度			2022年度																																												
		12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																												
活動計画	(1)現地活動	▼契約締結																																				▼カウンターパートへ譲渡▼																																			
		カウンターパートとの合同会議(ステアリングコミティー開催)																																																																							
		提案機材について																																																																							
		インドネシアにおいて提案製品を活用した中層混合処理工法の地盤改良効果が実証される。																																																																							
		計画	キックオフ&サイト調査												機材輸送												機材搬入			機材設置/試験																																											
		実績	キックオフ&サイト調査												機材輸送												機材搬入			機材設置/試験																																											
		計画	強度試験 六価クロム溶出検査												環境チェックリストの更新												緩衝器・モニタリング計画作成			更新																																											
		実績	強度試験 六価クロム溶出検査												環境チェックリストの更新												緩衝器・モニタリング計画作成			更新																																											
		計画	試験機/再委託準備												セメント調査												現地調査関連準備			養生																																											
		実績	試験機/再委託準備												セメント調査												現地調査関連準備			養生																																											
		計画	事前配合試験および施工デモサイト確定												施工計画策定(デモサイト整備)												施工準備			養生																																											
		実績	事前配合試験および施工デモサイト確定												施工計画策定(デモサイト整備)												施工準備			養生																																											
		計画	デモ施工実施																																																																						
		実績	デモ施工実施																																																																						
		計画	養生												一軸圧縮試験																																																										
実績	養生												一軸圧縮試験																																																												
計画																									コスト分析																																																
実績																									コスト分析																																																
2	PT. HUTAMA KARYAに対し、提案製品の操作、中層混合処理工法の設計手法及び施工手順に関する技術移転がはかられ、維持管理体制を構築する。																																																																								
計画	受入計画書、技術移転計画、実施方法策定、マニュアル・翻訳等												実施																																																												
実績	受入計画書、技術移転計画、実施方法策定、マニュアル・翻訳等												実施																																																												
計画	施工計画策定方法の指導準備												事前地質調査、セメント配合の検討、施工計画の検討												機材操作の指導要領作成			安全管理等																																													
実績	施工計画策定方法の指導準備												事前地質調査、セメント配合の検討、施工計画の検討												機材操作の指導要領作成			安全管理等																																													
計画	PT. HUTAMA KARYAの土木技術者と機材オペレーターに対し、インドネシア国内の実証サイトにおける試験施工にて操作実践を実施、技術者を育成する。												機材操作の指導要領作成												実施			年末年始																																													
実績	PT. HUTAMA KARYAの土木技術者と機材オペレーターに対し、インドネシア国内の実証サイトにおける試験施工にて操作実践を実施、技術者を育成する。												機材操作の指導要領作成												実施			年末年始																																													
計画	提案製品の維持管理を担う現地パートナー候補をリストアップする。																											パートナー候補リスト化																																													
実績	提案製品の維持管理を担う現地パートナー候補をリストアップする。																											パートナー候補リスト化																																													
3	インドネシアの公共事業省構築研究所にて中層混合処理工法に係る技術基準書案が策定され同省内部委員会へ提出される																																																																								
計画	受入準備												実施																																																												
実績	受入準備												実施																																																												
計画	道路橋梁研究所が他の工法と比較・分析を行うため、試験施工に必要な情報を提供する。																								情報整理			情報提供																																													
実績	道路橋梁研究所が他の工法と比較・分析を行うため、試験施工に必要な情報を提供する。																								情報整理			情報提供																																													
計画	道路橋梁研究所に対し、技術基準策定に必要な情報を収集し提供する。																								技術評価/比較検討			技術基準書提出																																													
実績	道路橋梁研究所に対し、技術基準策定に必要な情報を収集し提供する。																								技術評価/比較検討			技術基準書提出																																													
4	インドネシアの土木・建設業界の関係者に中層混合処理工法と提案製品が認知されると共に事業展開計画が策定される																																																																								
計画	民間建設業(ゼネコン、地盤改良業者、基礎施工業者、建設コンサルタントなどを対象として、試験施工の視察及び検証結果報告会を開催し、中層混合処理工法の施工例並びに適用工事例を紹介する。												ワークショップ開催												集計分析			ワークショップ開催																																													
実績	民間建設業(ゼネコン、地盤改良業者、基礎施工業者、建設コンサルタントなどを対象として、試験施工の視察及び検証結果報告会を開催し、中層混合処理工法の施工例並びに適用工事例を紹介する。												ワークショップ開催												集計分析			ワークショップ開催																																													
計画	公共事業省下の道路橋梁研究所、道路総局、研究開発局並びに各地域所管(ラライ)を対象として、試験施工の視察及び検証結果報告会を開催し、中層混合処理工法の施工例並びに適用工事例を紹介する。												ワークショップ開催												集計分析			ワークショップ開催																																													
実績	公共事業省下の道路橋梁研究所、道路総局、研究開発局並びに各地域所管(ラライ)を対象として、試験施工の視察及び検証結果報告会を開催し、中層混合処理工法の施工例並びに適用工事例を紹介する。												ワークショップ開催												集計分析			ワークショップ開催																																													
計画	現地パートナーとなる販売代理店ならびにメンテナンス会社の発掘に係る調査を実施する。												パートナー候補リスト化												パートナー調査			パートナー候補																																													
実績	現地パートナーとなる販売代理店ならびにメンテナンス会社の発掘に係る調査を実施する。												パートナー候補リスト化												パートナー調査			パートナー候補																																													
計画	事業化の事業展開計画を策定する。																								需要調査			事業計画策定																																													
実績	事業化の事業展開計画を策定する。																								需要調査			事業計画策定																																													
報告書等提出時期(△と報告書名により表示)		▲業務計画書																																																																							
月報		▲業務計画書																																																																							
進捗報告書		▲進捗報告書1(2019年5月31日)																																																																							
業務完了報告書(案)		▲進捗報告書2(2020年1月30日) ▲進捗報告書3(2022年2月28日)																																																																							
業務完了報告書		▲業務完了報告書(案)2022年9月末 ▲業務完了報告書(2022年11月30日) ▲																																																																							

現地(計画) 国内(計画) 現地(実績) 国内(実績)

また、下図にカウンターパートと JICA 調査団による協調活動の概要図を示す。

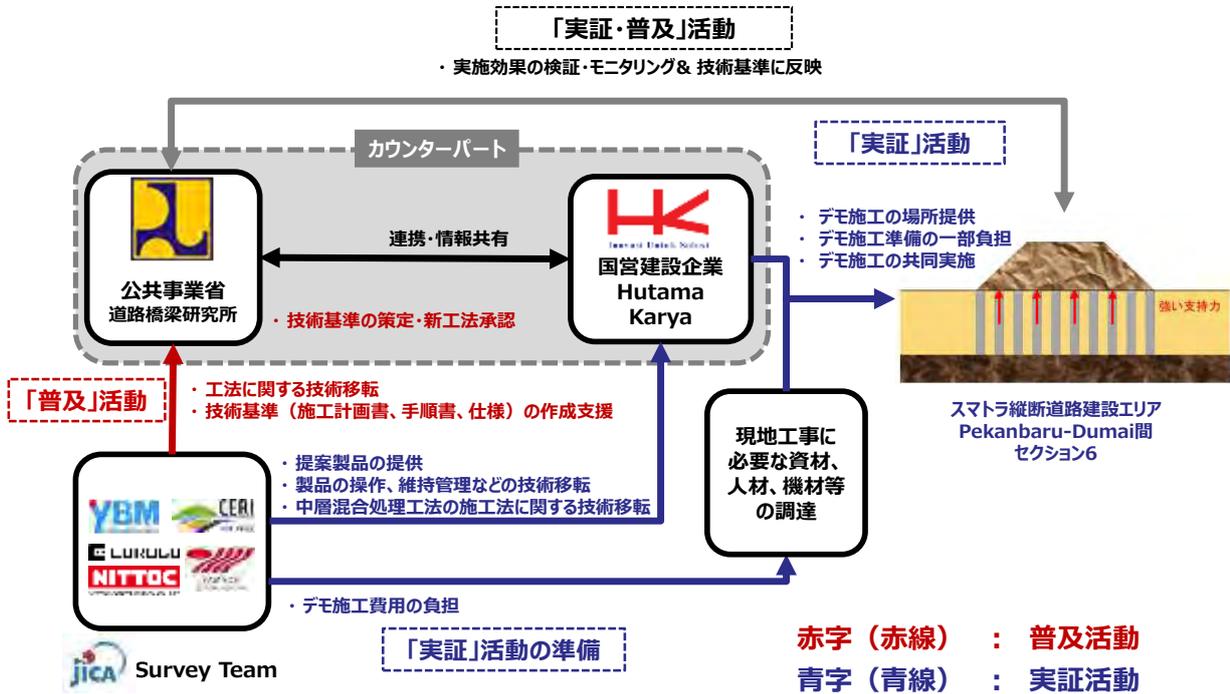


図 9 カウンターパートと JICA 調査団の活動概要図

出典：JICA 調査団作成

表 16 資機材リスト（機材名／型番／数量／納入年月）

	機材名	型番	数量	現地納入年月	設置先
1	地盤改良機	GI-80C	1 台	2019 年 7 月 5 日	スマトラ縦断高速道路建設区間 Pekanbaru-Dumai 間
2	グラウトポンプ	SG-30SV	1 台	2019 年 7 月 5 日	フタマカリヤの機材ヤード

出典：JICA 調査団作成

表 17 事業実施国政府機関側の投入

負担事項	地盤・トンネル・構造物センター	フタマカリヤ
人員配置	1) 効果検証リーダー 2) 設計ガイドライン責任者 3) 施工ガイドライン責任者 4) 研究者複数名	1) 試験施工に係る意思決定者 2) 地盤改良機の操作・管理責任者 3) GI操作員（2名） 4) 設計責任者 5) 施工責任者
試験施工 関連事項	☆ 試験施工視察に係る費用（旅費・交通費等） ☆ 試験施工後の事後調査費用 （日本側は1回分の事後検査費用を負担する。それ以外に検証を行う場合は	☆ 日本人チーム用の執務室 ☆ 供与機材の保管ヤード ☆ 自社分の試験施工地への渡航費用 <試験施工費用> ☆ 試験施工地の提供

	地盤・トンネル・構造物センターが負担する)	☆ 試験施工の準備（整地、アクセス道路整備等） ☆ 試験施工後の整地、残土処分など
ワークショップ費	ワークショップに係る開催費用	ワークショップに係る開催費用

出典：JICA 調査団作成

2-5 事業実施体制

日本側は、株式会社ワイビーエム（以下、YBM）を事業主として、補強に国立研究開発法人 寒地土木研究所（以下、CERI）、外部人材にクロゴ(株)、日特建設(株)（以下、NTC）、山田コンサルティンググループ（株）（以下、YCG）の体制である。各組織の役割は、YBMは主に提案製品の製造・輸出、操作・メンテナンス指導、試験施工の準備・実施やその他各種の調達、契約関連を担い、CERIは泥炭性軟弱地盤対策工等の技術基準策定の一翼を担った。クロゴ(株)は本事業の全体推進ならびに環境関連の調査、NTCは試験施工の設計、施工計画の策定、工法普及や施工管理、YCGは提案製品ならびに付帯機材に関する需要調査、開発効果の検証やワークショップの支援等を担った。また、本事業は活動範囲が広く関係者も多いことから、事業を円滑に推進するために5チームに編成（事業推進チーム、試験施工チーム、技術移転チーム、技術仕様書作成チーム、ビジネスモデル策定支援チーム）し、連携しながら業務を遂行した。

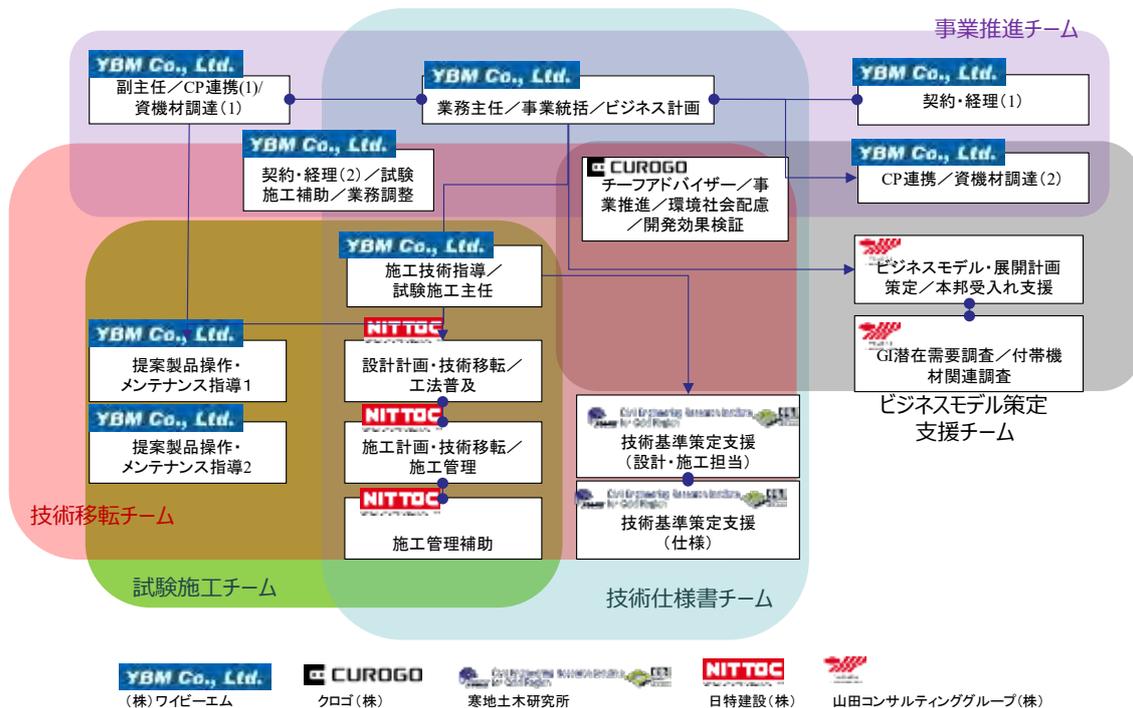


図 10 JICA 調査チームの実施体制

出典：JICA 調査団作成

2-6 事業実施国政府機関の概要

(1) カウンターパート機関名：

① 公共事業省地盤・トンネル・構造物センター（旧 公共事業省道路橋梁研究所）

インドネシア語名：Balai Geoteknik, Terowongan, dan Struktur

英語名：Center of Geotechnic, Tunnel, and Structure

- ・ 編成年：2020年6月

旧公共事業省道路橋梁研究所は1925年に設立され、1945年から公共事業省の下部組織となり、2020年6月の組織改編に伴い名称も変更した。

- ・ 住所：Jl. A. H Nasution No.264 Bandung 40294

本事業開始時は公共事業省「道路橋梁研究所」と称していたが、2020年6月の組織改編（Ministry of Public Works Regulation No. 16 Year 2020の通達）に伴い「地盤・トンネル・構造物センター」に組織改編された。主な役割は以下である。

- ・ 地盤、地震、道路、トンネル、その他構造物に関する技術開発（ガイドライン、技術基準書、マニュアル作成含む）と応用ならびに技術移転
- ・ 道路・橋梁の実験室試験、実地試験、認証、検査、品質評価等の実施
- ・ 建設計画に関するコンサルテーションおよびフィージビリティ・スタディ
- ・ 地盤、地震、道路、トンネル、その他構造物のモニタリング

この組織改編に伴い道路橋梁研究所時に担っていた「道路・橋梁等に関する基礎研究」に関しては、国立研究革新庁Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) に役割移譲されたため、地盤・トンネル・構造物センターは主に調査・コンサルテーションなどインフラ開発のサポートを提供する組織になった。なお、地盤や道路・トンネルなどの構造物の新技术に関するガイドラインや技術基準書の作成に関しては、これまで通り同センターの管轄である。

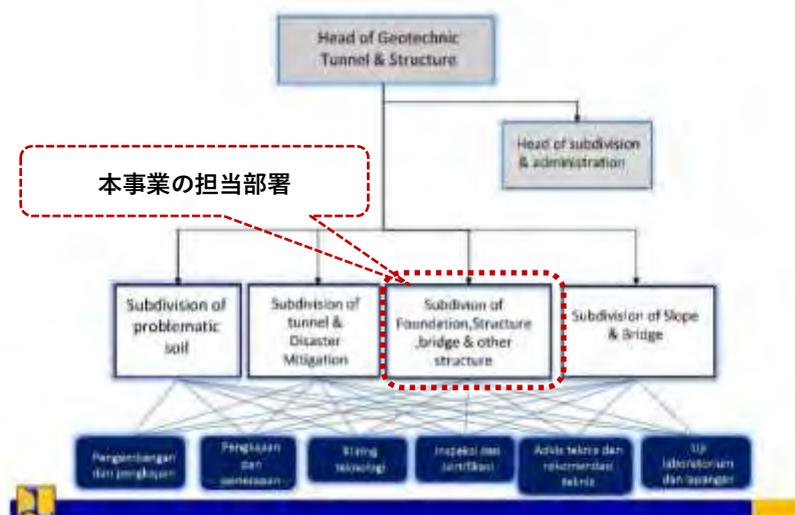


図 11 公共事業省地盤・トンネル・構造物センター組織図

出典：地盤・トンネル・構造物センターの提供資料を基に JICA 調査団作成

② 国営建設企業 PT. HUTAMA KARYA

- 設立年：1961年
- 住所：Jalan Letjen M.T Haryono Kav 8, Cawang, Jakarta 13340
- 資本金：IDR 16.4兆（約1,572億円）
- 売上高(2019年度)：IDR 26,4兆（約2,530億円）
- 従業員数：約1,000人（2022年時点）

PT. HUTAMA KARYA は業界上位 10 社に入る建設企業であり、政府から指定されたスマートラ縦断高速道路の開発事業者である。本事業には、Systems, IT & Technology Research Division（以下、SITRD）と Toll Road Division（以下、TRD）の 2 部門が担当部である。SITRD は提案機材の管理責任、TRD は中層混合処理工法の技術移転先、提案製品の操作・メンテナンスの技術移転先として責任を有する。

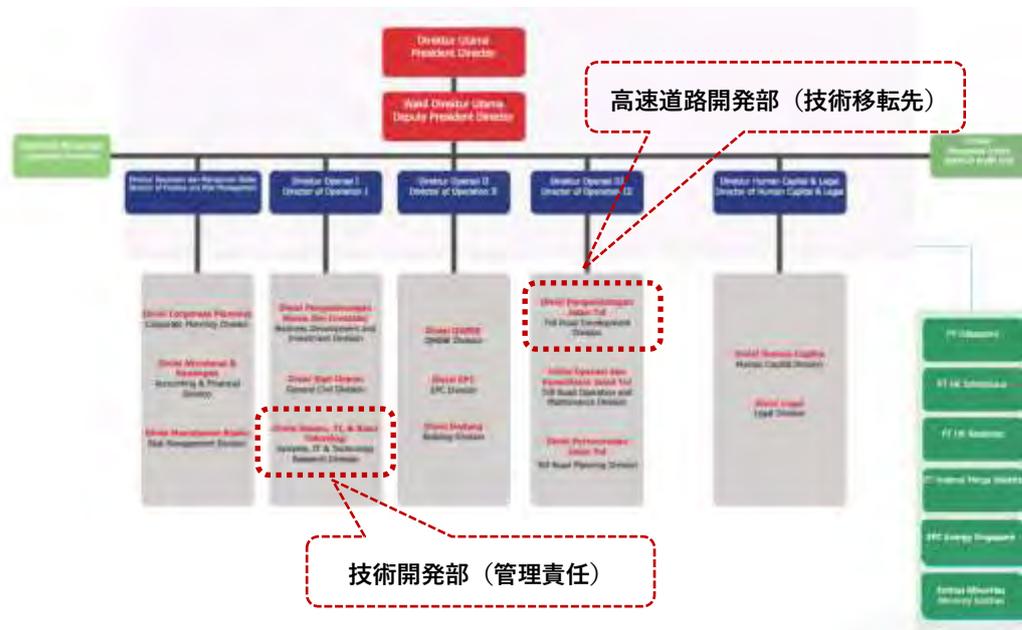


図 12 フタマカリヤ組織図

出典：PT.Hutama Karya の Website を基に JICA 調査団作成

3. 普及・実証事業の実績

3-1 活動項目毎の結果

以下に各活動 1-1 から 4-4 の進捗状況を示す。

成果 1【インドネシア国において提案製品を活用した中層混合処理工法の地盤改良効果が実証される。】にかかる活動

活動1-1 六価クロム溶出試験を実施するなど、試験施工に係る重要な環境社会影響項目の予測・評価及び緩和策、モニタリング計画案の作成および実施、環境チェックリストのアップデートを行う。

(1) 環境社会影響項目の予測・評価及び緩和策

試験施工の実施対象地は、Trans Smatra 縦断高速道路計画の Pekanbaru - Dumai 工区の Section6 STA8+550～+600 の範囲内であり、土地所有者はカウンターパートのフタマカリヤである。周辺は、PT. MRINI WOOD INDUSTRI が所有するアブラヤシ農園であるため、最も近い住居でも 1km 以上離れており、自然林ではなく管理された商業用アブラヤシの木に囲まれた地である。近隣に住民はおらず、仮に地下水があっても生活用水として利用するケースは無い。



写真 4 試験施工実施対象地の鳥瞰写真

出典：JICA 調査団

また、本事業で使用する製品は、高速道路の本体工事で使用する建設機材と比しても小型であり、施工規模も約 72 平米程度の小規模であることを鑑みると、本体工事全体で環境社会配慮が適切に行われている場合は、本事業特有な対応が必要な環境社会配慮項目は、提案製品による騒音、大気汚染対策、土壌汚染と予測した。これに対し本製

品は建設機械騒音証明書を取得しておりエネルギー平均 68dB に認定され、インドネシアの工業や港などの騒音基準 70dB を下回る機械である。また日本の国土交通省より排ガス対策型建設機械として指定を受けており、大気への影響は極めて少ない。土壤汚染に関しては、後述する六価クロム溶出試験の実施に記す。なお、環境社会配慮スコアリングを別添 1、環境チェックリストを別添 2 に記す。

(2) 六価クロム溶出試験の実施

日本では、平成 12 年 3 月 24 日に建設大臣官房技術審議官より、「セメント及びセメント系固化材の地盤改良への使用及び 改良土の再利用に関する当面の措置について」通達が出されており、セメント及びセメント系固化材を使用した改良土から、条件によっては六価クロムが土壤環境基準を超える濃度で溶出するおそれがあるため、六価クロム溶出試験を実施するよう定めている。しかし、インドネシアでは六価クロムの溶出に係る基準が存在しない。そこで日本における判定基準、六角クロム濃度 0.05mg/L 以下を本事業における基準値として定めた。また、溶出試験を実施できる機関も無いため、パックテスト（株式会社共立理化学研究所）を用いて判定することとした。後述するボーリング調査を実施した 3 か所（STA8+575、STA8+585、STA+600）の土質 3 層の資料を基に六価クロム溶出試験を実施したところ、いずれの検体も基準値以下の 0.05mg/L であった。（別添 3 を参照のこと）

(3) モニタリング計画案の作成および実施

試験施工で造成した改良杭は、高速道路計画の本線内に位置している。試験施工終了後はフタマカリヤの所有物として残地・埋め戻され、高速道路本線の地盤の一部となった。なお、改良杭は地耐力を維持する構造物とは見做さないこととし、既存の高速道路計画に何ら影響を与えないものとして扱われるものである。なお、造成した改良杭のチェックボーリングにて六価クロム溶出試験を実施したところ、ボーリング調査時に実施した結果と同様に基準値以下の 0.05mg/L であった。その後、改良杭は地中に埋め戻されたため、その後のモニタリング対象とすることが不可能となった。

活動1-2 改良強度の確保に向けて、複数の現地セメントメーカーを対象とした室内配合実験、一軸圧縮試験、熱帯地域有機質土に適したセメント調達に係る調査を行う。

(1) インドネシアにて調達可能なセメントについて

インドネシアにはセメン・グレシク、インドセメント・トゥンガル、ホルシム・インドネシア、セメントパダンなどのセメント会社の他、その関連子会社のセメント工場が国内各地に存在する。これらの国内製セメント会社で最も生産量が多いのは普通セメントのポルトランドセメントで、その他オイルウェルセメント、高炉セメントは一部で製造されている程度だが、熱帯地域の有機質土に適した特殊セメントは製造していない。海

外製セメントは輸送面でコスト高となるため、インドネシアには殆ど輸入されていない状況である。

(2) セメントの選択に必要な条件

本事業で使用するセメントの選択条件は、

- ◇ 試験施工予定地のスマトラ島で一般的に使用されていること。
- ◇ 容易に入手可能であること。

とした。本事業後、カウンターパートが同様の工事を施工する上で、セメントが入手困難になる事や、他地域からの輸送によるコスト高とならないよう、一般的でどこでも手に入りやすいセメントを条件とした。

(3) セメントの候補の選定

上記の選定条件から、スマトラ縦断高速道路建設現場でフタマカリヤが使用しているセメントパダンとホルシムを試験施工で活用するセメント候補にした。最終的には事前配合試験によって評価し、試験施工で使用するセメントを決定する。

表 18 セメントの選定条件の整理

No.	メーカー名	種類	用途	金額 IDR (50kg/袋)	スマトラでの流通性	プロジェクトへの適用性
1	Semen Padang	Portland Cement	土木・建築用	58,000	◎	◎
2	Holcim	Portland Cement	土木・建築用	63000	◎	○
3	Tiga Roda	Portland Cement	土木・建築用	63,000	△	○

注1) Semen Padang は、カウンターパートの Hutama Karya がスマトラ縦断高速道路建設に使用しているセメント。

注2) Tiga Roda はジャワ島で製造されたものがスマトラで販売されている。

出典：JICA 調査団作成

活動1-3 フタマカリヤの技術者と共同で試験施工地における設計・施工計画を策定する。

試験施工に関連するスケジュールを図 13 試験施工の概略スケジュールに示す。なお、試験施工は様々な活動を連続して実施していることから、本報告書では各作業区分の①事前調査、②ボーリング調査、③事前配合、室内共同試験、④設計・施工計画の策定までを活動 1-3 に分類し、⑤施工基盤整備、⑥機材輸出入、⑦機材運搬・搬入、⑧機材組立、⑨地盤改良工（改良杭打設）、⑩改良杭試掘・ボーリングまでを活動 1-4 に分類、⑪デモンストレーション施工は活動 4-2 に記載することとした。

作業区分	2019年1月	2019年2月	2019年3月	2019年4月	2019年5月	2019年6月	2019年7月	対象となる活動群
① 事前調査	現地踏査							活動1-3
② ボーリング調査			ボーリング調査					
③ 事前配合・室内強度試験				事前配合	強度試験			
④ 設計・施工計画の策定					策定行為			
⑤ 施工基盤整備					フタマカリヤによる基盤準備			活動1-4
⑥ 機材輸出入		機材輸出						
⑦ 機材運搬・搬入						試験施工地へ搬入		
⑧ 機材組立						組立・技術移転		
⑨ 地盤改良工の実施						施工・技術移転		
⑩ 改良杭試掘・ボーリング						試掘		活動4-2
⑪ デモンストレーション施工						視察会		

図 13 試験施工の概略スケジュール

出典：JICA 調査団作成

(1) 事前調査

ア) 現地踏査

2019年1月23日にフタマカリヤと合同で現場打合せを実施した。フタマカリヤから提案を受けた施工場所を現地踏査したところ、本線を外した側道上で試験施工を行う場合、施工場所は側道前面から背面のアブラヤシ農園までであり、a) 狭隘で改良杭掘削時に安定勾配の確保が困難、b) 搬入車両（乗用車・トラック）の回頭場所の確保が困難、c) プラント等機材を側道上に1列に配するためセメント・混練水・燃料等のデリバリと機械メンテナンスが困難であることが明らかになった。この課題の対応策についてフタマカリヤと協議した結果、本線の内側で試験施工を実施することとし、打設する改良杭については、当初予定通り撤去せずに残置する方向で合意した。



写真 5 STA8+600 付近の全景

出典：JICA 調査団作成

イ) 試掘調査

地盤改良に際し、施工エリア内の地中障害を目視確認するためバックホウでの試掘調査を行った。本線部の STA8+600 より終点側ではバックホウが立ち入れず、側道部にバックホウを配して試掘した。それ以外は、本線センター部で試掘を実施した。

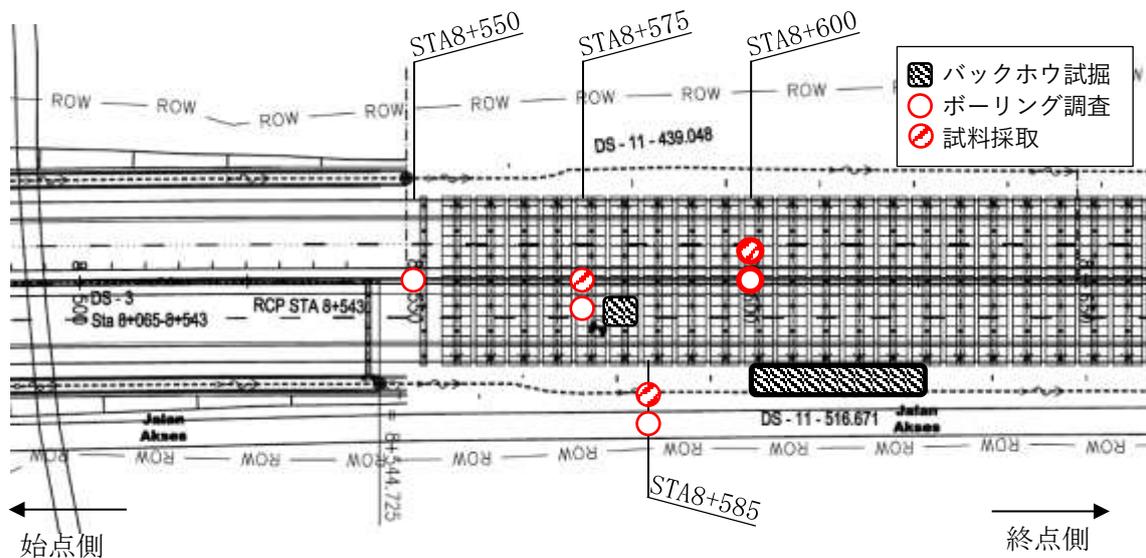


図 14 事前調査位置図

出典：JICA 調査団作成

STA8+600 より終点側の腐植土層では深度 4m に至るまで、直径 10cm 以上で分解が進んでいない広葉樹の幹・枝を多数確認し、機械攪拌での施工は不可能と判断し、試験施工位置は STA8+575 地点を中心に前後 25 メートルの範囲 (STA8+550~STA+600) の本線部に決定した。

(2) 再委託調査

ア) ボーリング調査

ボーリング調査、サンプルリング、土壌分析、事前配合試験は再委託によって実施した。再委託先の選定に際しては見積競争を実施し、最安値を提示した PT. Geomarindex と契約を締結した。

ボーリング調査の掘削深度は試験施工の深度と同じ 10m とした。また標準貫入試験は 1m 掘削するごとに実施し、各深度における土の硬さである N 値を測定した。

室内配合試験に用いる土サンプルの採取は、一つの地層で一つ採取し、地層が変わるごとにサンプルを採取した。



現場状況 STA8+625 から始点側を望む



バックホウでの試掘状況 STA8+610 付近



試掘状況 STA8+600 付近 木片多数が存在



試掘状況 STA8+610 付近 未分解の幹



ボーリング調査状況 STA8+600



ボーリングコア STA8+575

写真 6 現地踏査および事前ボーリング状況

出典：JICA 調査団作成

イ) サンプルングおよび土質分析について

地質調査地点の直ぐそばをバックホウで開削し、各地層で地層の中間点のサンプル土を採取した。採取した各地点のサンプル土は再委託先の PT. Geomarindex の試験室へ持ち込み、土質分析を行った。各地点の地層の土質分析結果と N 値は以下の通り。

- ・ STA8-575 地点

深度	土質	N 値
0～0.9m	樹木や植物などが混じる腐植土	1
0.9～2.1m	粘性砂質土	5
2.1～4.9m	シルト性砂質土	7～9
4.9～9.4m	砂質性シルト	2～3
9.4～10m	シルト性砂質	4

・ STA8-585 地点

深度	土質	N 値
0～0.6m	砂質土(工事用の盛土)	0
0.6～1.5m	樹木や植物などが混じる腐植土	11
1.5～3.5m	シルト性砂質土	11～12
3.5～9.5m	砂質性シルト	3～5
9.5～10m	シルト性砂質土	8

・ STA8-600 地点

深度	土質	N 値
0～1.2m :	樹木や植物などが混じる腐植土	1
1.2～1.7m	粘性砂質土	12
1.7～4.9	シルト性砂質土	4～5
4.9～10m	砂質性シルト	3～7

出典：JICA 調査団作成

この分析によって、試験施工地は表層 1m 付近までは樹木や植物が混じる腐植土が存在し、深度 1m から 4m まで粘性砂質土、10m まではシルト性砂層土が存在する事が明らかとなったため、この周辺の地層を 3 層（上層に腐植土、中層にシルト質砂、下層に砂質粘性土）として区分する事が妥当であると判断した。

(3) 室内配合試験

室内配合試験は上記の 3 層（上層：腐植土、中層：シルト質砂、下層：砂質粘性土）から測点ごとに採取した試料を用いて室内配合試験を行うこととした。なお、STA8+550 については、STA8+575～600 の地層が連続していると推定されるので配合試験は行わず、ボーリング調査結果から地層断面図を作成し該当する地層に合わせた施工を行った。

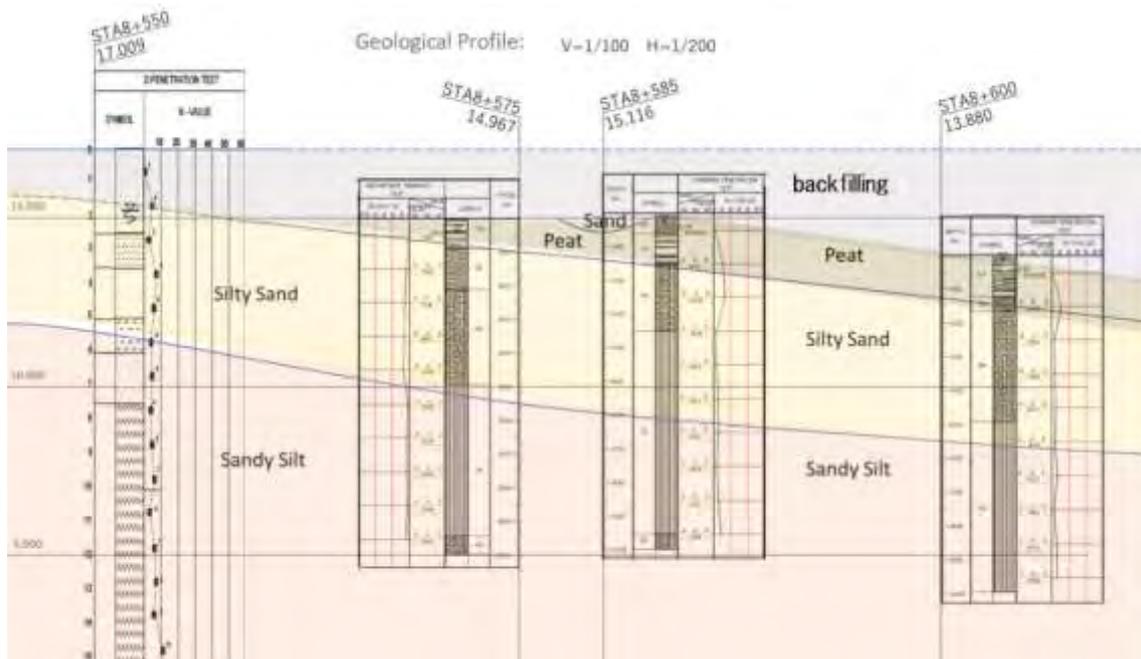


図 15 地層断面図

出典：JICA 調査団作成

なお、施工に際して一般的な強度 $q_u=500\text{kN/m}^2$ を仮の設計強度とし、室内/現場強度比 $q_{u1}/q_{uf}=3$ から、事前配合試験目標強度を $q_{u1}=1500\text{kN/m}^2$ とする。また、腐植土が存在する場合は水セメント比を $W/C=60\%$ と低くすることが多いが、当該地盤の殆どは砂を含む層であり、気温が高い場合、スラリーホースのジョイント部などでセメントミルクが固結する場合もあることから $W/C=80\%$ とした。

また、室内配合試験における強度試験時期は、材齢 7 日と材齢 28 日の 2 回とした。セメンパダンとホルシムの普通セメントで比較した。配合試験数は、3 供試体 \times 2 材齢 \times 3 水準 \times 2 セメント \times 3 深度 \times 3 ヶ所の 324 供試体である。事前配合試験数量を表 19 配合試験数量に示す。

表 19 配合試験数量

W/c=80%	STA8+575	STA8+585	STA8+600
腐植土 150・250・350	3 供試体 \times 3 水準 \times 2 材齢 \times 2 材料	3 供試体 \times 3 水準 \times 2 材齢 \times 2 材料	3 供試体 \times 3 水準 \times 2 材齢 \times 2 材料
シルト質砂 50・150・250	3 供試体 \times 3 水準 \times 2 材齢 \times 2 材料	3 供試体 \times 3 水準 \times 2 材齢 \times 2 材料	3 供試体 \times 3 水準 \times 2 材齢 \times 2 材料
砂質シルト 50・150・250	3 供試体 \times 3 水準 \times 2 材齢 \times 2 材料	3 供試体 \times 3 水準 \times 2 材齢 \times 2 材料	3 供試体 \times 3 水準 \times 2 材齢 \times 2 材料
供試体数	108 供試体	108 供試体	108 供試体

出典：JICA 調査団作成

これらの配合試験を実施した結果、開削個所の室内目標強度 $q_{u1}=1500\text{kNm}^2$ (設計目

標強度 $q_{ud}=500\text{kN/m}^2$ ）、ボーリング杭の室内目標強度 $q_{ul}=900\text{kN/m}^2$ （設計目標強度 $q_{ul}=300\text{kN/m}^2$ ）とした場合の配合量は表 20 STA8 +575 の配合試験結果に示すとおりである。

表 20 STA8 +575 の配合試験結果

目標 $q_{ul} = 900 \text{ kN/m}^2$			目標 $q_{ul} = 1500 \text{ kN/m}^2$		
point	STA8+575		point	STA8+575	
cement	Padang	Holcim	cement	Padang	Holcim
上層	80	145	上層	137	178
中層	127	140	中層	230	217
下層	218	134	下層	----	----

<備考> 左表：ボーリング杭 右表：開削箇所

出典：JICA 調査団作成

(4) 設計・施工計画の策定における留意事項

ア) 改良パターンの特徴

機械攪拌工法の特徴は、杭体の断面積が大きく支持層接地面が大きく取れるため、一般的な杭とは異なり、低強度の層でも支持力が確保できる。また、壁状改良のように一体化した施工も可能である。試験施工では、これらの特徴を確認できるような改良杭配置を行った

表 21 改良パターンの特徴と掘削展示での見どころ

改良パターン	特徴	掘削展示での見どころ
単杭 	機械攪拌工法は攪拌翼の先端からセメントスラリー吐出しながら軟弱地盤に攪拌翼を回転貫入することで円柱状の改良杭を造成する。	改良杭の大きさを実体験してもらおう。改良杭の表面には羽根が回転しながら貫入した軌跡が残る。既成杭のように高上がりした杭を処分することなく必要量のセメントスラリーを地中に混入することから環境負荷が少ない工法である。
隣接型 	改良杭を接しながら施工することが可能である。 杭本数を増やすことで、杭という強固な支持層が得られなくても支持力を確保することが可能である。	改良杭を接して施工しても改良品質に影響することはなく安定した改良地盤を造成することができる。 展示では杭頭を低くした改良杭を造成し、来場者に上に乗ってもらい、改良杭の強度を実感してもらおう。
ラップ型 	機械攪拌工法では改良杭を相互にラップさせ一体化することが可能である。	壁状の改良杭を見てもらい、一体化したラップ部を見てもらう。 日本では、円切り壁としてPBDによる引き込み沈下防止工や格子状改良による液状化対策工法として支持力確保以外の用途で用いられることが多い。

出典：JICA 調査団作成

イ) 設計・施工計画の図面

試験施工の改良杭配置図を図 16 改良杭配置図に示す。改良杭の配置に際しては

掘削しやすいように掘削重機のバケット幅を考慮した杭間配置とした。

(単位：センチメートル)

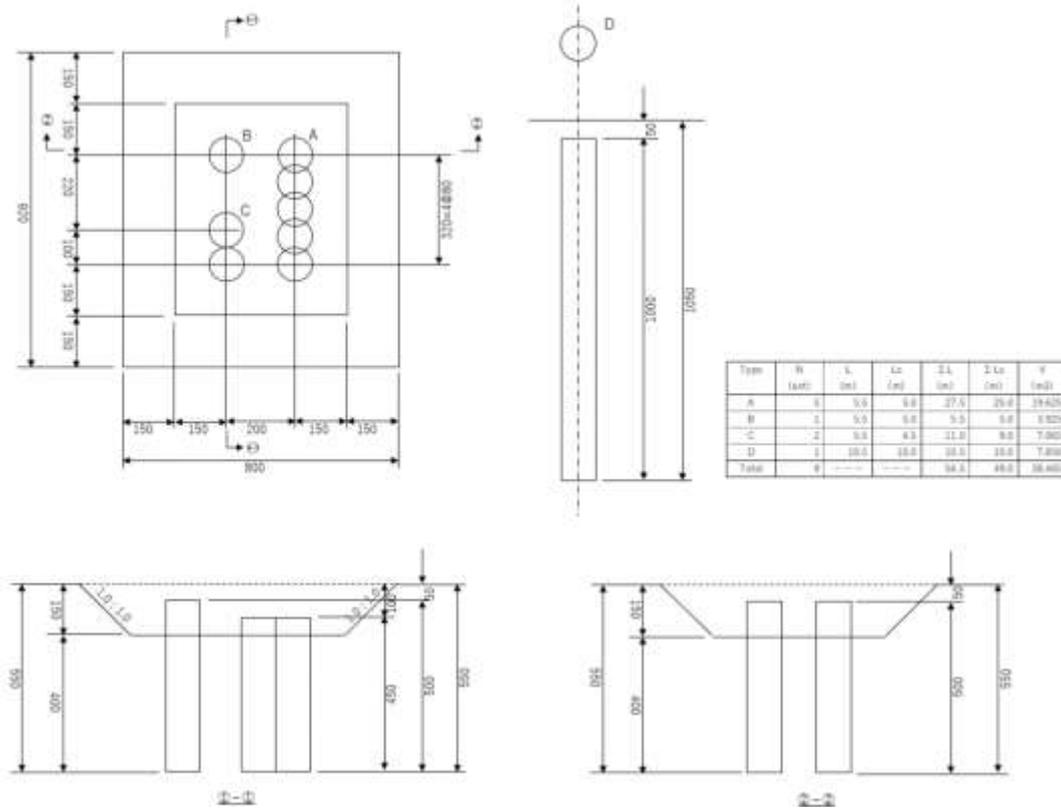


図 16 改良杭配置図

出典：JICA 調査団作成

活動1-4 試験施工を実施する。

(1) 試験施工における YBM とフタマカリヤの役割分担表

試験施工における役割分担を表 22 役割分担表に示す。地盤改良装置の準備・組立・施工を YBM が、付帯する土工事および地元で調達するセメントと混練水をフタマカリヤが負担した。

表 22 役割分担表

項目	作業内容	詳細	HK	YBM
事前配合	事前配合試験	STA8+575で試料採取		○
		Jakartaにて配合試験		○
本体仮組	仮組立・通水運転	GI-80Cを仮組し、通水試験を行う（日特置場） サクション		○ ○
	プラント設備整備	全自動プラントのサクション・キャブタイヤ スクリュウコンベアのホッパー制作組付け 水槽・水中ポンプ・分電盤等の備品を積込む		○ ○ ○
機材運搬	倉庫制作・艀装	コンテナ内に艀装を行う 塗装 物品の積込、固定養生		○ ○
	運搬・搬出	資材の積込搬出		○
	機材・荷降し	HK Dumai現場に機材を運び込む クレーン・荷卸し	○ ○	
試験施工	仮設道整備	場内仮設道を整備する 進入路の横断線を上げる（B=4.0m確保）	○ ○	
	ヤード整備	仮囲い、安全・保安設備設置 現場営繕施設仮設（ハウス・トイレ）	○ ○	
	仮設工	搬入路整備、敷鉄板布設 施工ヤード改良転圧	○ ○	
	資機材搬入	改良機本体、プラント類一式 クレーン	○	○
	組立、配線、調整	本体、プラント キャリブレーション	△ △	○ ○
	デモ施工	調査用改良杭打設 試験展示用改良杭打設	△ △	○ ○
	掘削・整形	杭頭出し、杭頭整形 バックホウ掘削・土工事	△ ○	○
効果確認	チェックボーリング qu試験	コア抜きを実施（試験用およびデモ用コア） ジャカルタにて材齢28日で試験実施	△	○ ○
技術移転	デモンストレーション	機械操作の実習（カウンターパート） 運転指導・点検整備指導	△ ○	○ ○
展示会		会場準備 運転説明（動いている機械を見せる）	○	○
片付け	機械搬出、場内片付け		○	○

○：主たる実施者 △：技術移転対象

出典：JICA 調査団作成

(2) 試験施工における YBM とフタマカリヤの資機材分担表

試験施工における主要資機材とその分担を表 23 主要資機材一覧表に示す。YBM は地盤改良に用いる機材のうち、特殊専用機械およびその消耗品・整備機材および運搬費用を負担し、フタマカリヤは土木検閲工事で用いられる汎用機材および普通セメント・混練水を負担する事とした。その他、チェックボーリング調査等については YBM が現地企業に委託する事で合意した。

表 23 主要資機材一覧表

No.	名称	仕様・寸法	数量	分担		備考
				YBM	HK	
1	地盤改良機 GI-80C-HT-KF	L 8.090×W 2.380×H 2.900 17,600kg	1	○		消耗品・整備工具含む
2	グラウトポンプ SG-30SV 22kw	L 2.000×W 1.250×H 1.062 1,670kg	1	○		消耗品・整備工具含む
3	ミキシングプラント TMP-1500	L 2.900×W 2.000×H 2.450 3,100kg	1	○		
4	ハイウォッシャー	※ L 0.331×W 0.286×H 0.563 11kg	1	○		
5	スクリューコンベア	※ L=5.35m 1,000kg	1	○		ステージ含む
6	水タンク 10m3	※ L 6.090×W 2.100×H 950 2,000kg	1	○		上部足場材含む
7	水中ポンプ 3inch	※ L 0.300×W 0.300×H 0.680 47kg	1	○		サクシオンホース含む
8	分電盤	※ L 1.000×W 0.400×H 1.500 50kg	1	○		
9	発電機 150kVA	※ L 3.350×W 1.080×H 1.500 2,450kg	1	○		
10	スラリホース 1.5inch	L 20.000	5	○		カムロックジョイント付き
11	電源ケーブル	※ 10m 各種	6	○		
12	バックホウ 0.8m3	L 9.660×W 2.860×H 2.950 20,400kg	1		○	平爪バケット装着
13	トラッククレーン 25t	L 11.050×W 2.620×H 3.420 25,600kg	1		○	搬入・搬出・組立・解体用
14	給水タンク車 5m3	L 6.930×W 2.485×H 2.930 9,490kg	1		○	
15	敷鉄板	L 6.000×W 1.500×t 25mm 1,800kg	12		○	
16	コンテナハウス (事務所)	L 6.058×W 2.438×H 2.598 2,220kg	1		○	
17	コンテナハウス (資材庫)	L 6.058×W 2.438×H 2.598 2,220kg	1	○		
18	保安施設		1		○	

※レンタル品

出典：JICA 調査団作成

試験施工での労務分担において、YBM は地盤改良工事における特殊専用機械の組立・解体および運転指導を行った。フタマカリヤは、基盤整備工、測量工、荷卸し、セキュリティ確保等の地盤改良工事に伴う周辺整備を行う。また、フタマカリヤは、作業全般を通してオペレーター、作業員等を出し、地盤改良工事を行う中で YBM の技術者より技術伝承を受けた。

(3) 施工基盤整備

現地踏査に伴い、バックホウを走行させ走行性の確認を行った結果、現状の施工基盤では走行性が確保できないため、施工に伴う盛土工が側道と同等の高さとなった時点で施工するものとした。搬入路の整備、セキュリティ関係の整備、そして施工基盤は道路横断方向および縦断方向とも水平となるようにフタマカリヤに依頼し、ラマダン中の 5 月 6 日～24 日の間に実施された。本線部のプラントへはセメントおよび混練水をトラックにて搬入するため、敷鉄板の敷設も依頼した。

(4) 機材の輸出入の状況

ワイビーエム本社工場にて製品を製造後、2019 年 1 月 15 日に工場より出荷し、梱包、輸出船選定、1 月 25 日に通関、26 日に船積みを経て、1 月 27 日に北九州市門司港を出港した。海上輸送にて 2 月 12 日にジャカルタのタンジュンプリオク港に到着。2 月 28 日に通関業者を通じて VAT (PPN、PPH) を支払い、関税に関しては JIEPA を適用し免税となった。3 月 1 日には輸入許可が下り、3 月 5 日に日特建設 (株) Cakung 機材センターに中継搬入を終えた。

表 24 機材の輸出入工程

工程	日付
(株)ワイビーエム工場出荷日：	2019年1月15日
北九州市門司港搬入	同上
輸出通関	2019年1月25日
船積日 船名 (WAN HAI 101)	2019年1月26日
本船門司港出港	2019年1月27日
ジャカルタ港入港	2019年2月12日
PPN PPH の支払手続終了	2019年2月28日
輸入通関	2019年3月01日
Cakung 機材センター (ジャカルタ)	2019年3月05日

出典：JICA 調査団作成

(5) 機材運搬・搬入

Cakung 機材センター (ジャカルタ) に一時保管以降、2019年4月17日に開催されたインドネシア大統領選挙の前後2週間は、本調査団のインドネシア入りは見合わせる事となった。続けてラマダン期間、レバラン休暇期間も重なったため、機材運搬はレバラン休暇明けから再開した。なお、Cakung 機材センターから試験施工対象地までの運搬は陸送とし、試験施工現場へ直接搬入した。

(6) 現地工事にかかる入札の実施

試験施工は、提案製品の他に、スクリーコンベア、水タンクや水ポンプなどの機材やこれらの機材の運搬作業、ワーカーなどを手配し、フタマカリヤと共同で実施する計画である。したがって、上記の資機材、運搬作業、ワーカーの調達については、JICA 現地工事契約管理ガイドラインに基づき競争入札を実施した。なお、現地では外国資本の建設業者も参入しており、低価格でも時間や安全性を厳守しない業者も存在する。本事業はインドネシアで初の工法を実施する事や Trans Sumatra 縦断高速道路の工期にも影響する事から、業務を期限通りに円滑に実施できると判断した現地企業5社を対象に指名競争入札を実施する事とした。

指名競争入札は、YBM インドネシア駐在員事務所で2019年6月28日10時から開催した。現地企業5社を本入札会に招待し、3社が不参加だったため、残り2社による入札を実施した。その結果、最低価格を提示した PT. PANCA DUTA PRAKARSA を第1契約交渉相手として、同日中に実施期間の確認、支払い条件等の確認などの交渉を行い双方合意に至ったため、同社への委託が決定した。

(7) 機材組立

試験施工地への入場に際しては、フタマカリヤによる入場時安全教育を実施後、機

材組立作業を開始した。組立作業は 2019 年 7 月 1 日～4 日にかけて実施し、機材の据付位置および改良杭施工位置を測量明示し、プラントの据付・配線・配管などを行った。なお、組立作業を介して、フタマカリヤのオペレーターにプラントの配線、配管等の技術移転も実施した。

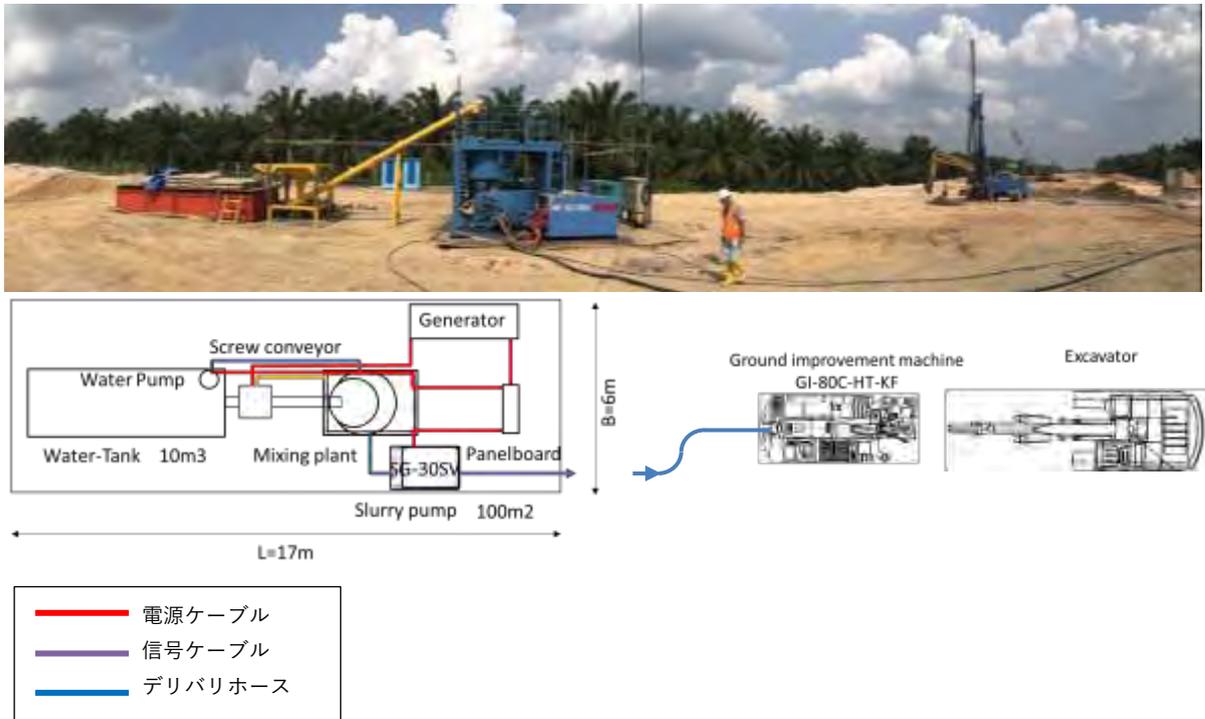


図 17 プラント配置図

出典：JICA 調査団作成

(8) セメント配合

試験施工地では、ホルシムセメントの入手が困難であったため、セメントパダンを使用することとした。表 20 STA8 +575 の配合試験結果で示した通り、セメント配合を、開削部は中層の $aw=230\text{kg/m}^3$ 、ボーリング杭は中層で $aw=127\text{kg/m}^3$ 、下層で 218kg/m^3 を混入量とした。また、ボーリング杭の上部は埋め土内になるが、事前配合試験を実施していないため、土質が最も類似している下層の混入量 $aw=218\text{kg/m}^3$ で施工した。

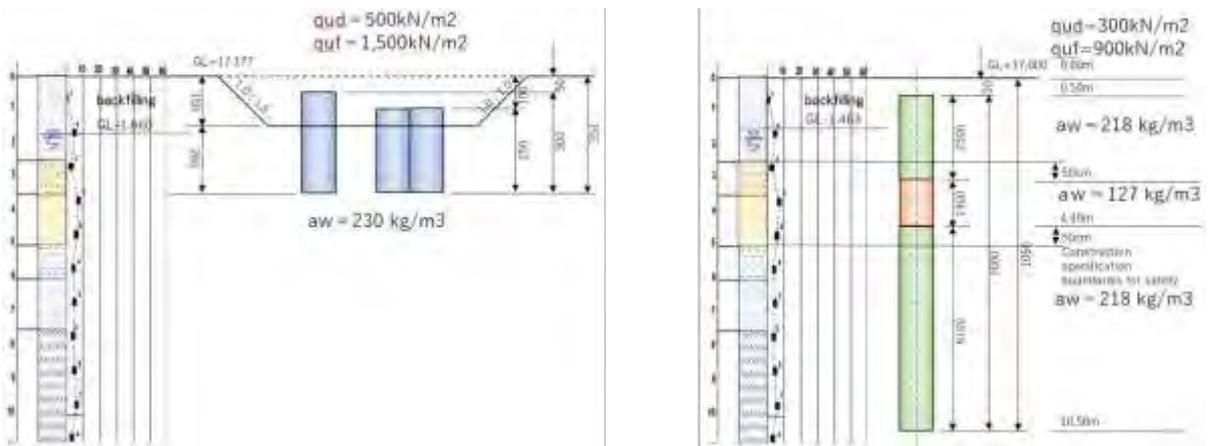


図 18 施工仕様

出典：JICA 調査団作成

(9) 試験施工—地盤改良工（改良杭打設）の実施

試験施工は、2019年7月4日にキャリブレーション、7月5日に改良杭を打設した。この他、フタマカリヤのオペレーターに運転訓練を行った。施工手順は、図19地盤改良工事の施工手順に示すとおりとし、貫入速度0.7m/分、羽根切り回数360回/m以上とした。なお、施工図面は図16改良杭配置図を参照のこと。

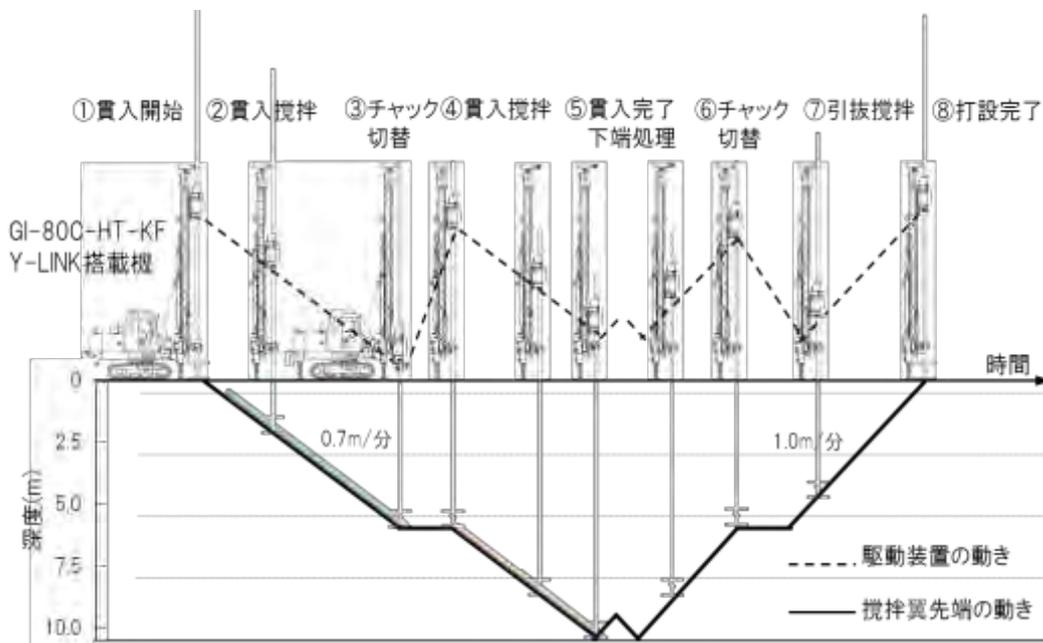


図 19 地盤改良工事の施工手順

出典：JICA 調査団作成



写真 7 地盤改良工の実施

出典：JICA 調査団作成

(10) 改良杭試掘・ボーリング

施工した改良杭を目視できるように試掘し、セメント系改良の固化状況の理解を深めるとともに当該技術の品質を確認した。また深さ方向の品質確認のため、併せてチェックボーリングを実施した。チェックボーリング用の改良杭は試掘展示場から離して打設し、掘削作業とボーリング作業が交錯しないよう配慮した。



写真 8 試験施工結果

出典：JICA 調査団作成

これらの一連の活動を実施し、試験施工を終了した。以下に試験施工の実施時におけるスケジュール詳細を示す。

表 25 試験施工にかかる実施スケジュール

		指名競争入札	試験施工	GI、SGにかかる技術移転	視察会およびデモ施工
6月24日	月	入札図書作成 指名応札者の選定			
6月25日	火		消耗品チェック		
6月26日	水	入札公示 指名先への入札通知	機材チェック		
6月27日	木		出荷物品調整 工程調整		
6月28日	金	入札・開札・契約	ボーリング調査打合せ 出荷打合せ指示		
6月29日	土		機材出荷		
6月30日	日		Dumaiへ移動		
7月1日	月		本体・ポンプ搬入・組立		
7月2日	火		プラント・発電機・ホース等搬入組立		
7月3日	水		プラント組立 セメント入荷		
7月4日	木		機材組立完了 検収 試験削孔	トレーニング 施工機着座 (オペ)	
7月5日	金		打設×5 A-1,A-3,A-5,A-2,A-4	トレーニング 施工機運転見学	
7月6日	土		休工 (養生待ち)		
7月7日	日		休工 (養生待ち)		
7月8日	月		打設×3 B-1,C-1,C-2	トレーニング 施工機誘導 (手元)	
7月9日	火		打設×2 D-1 特殊杭打設	トレーニング ロッド切断・接続 (手元)	
7月10日	水		(養生待ち)	トレーニング 施工機 水掘削 (オペ)	
7月11日	木		改良体試験	トレーニング 施工機 水掘削 (オペ)	
7月12日	金		改良体試験	トレーニング ロッド切断・接続 (オペ)	会場基盤整備
7月13日	土		休工		テント設置
7月14日	日		休工		テント設置 ツアー歩行路仮設
7月15日	月		試験ビット排水、法面養生 調査ボーリングマシン設置D-1	トレーニング 施工機点検・整備 技術指導 ボーリングマシン設置	電気施設搬入仮設
7月16日	火		試験ビット床付け改良整備、階段設置 調査ボーリングD-1	トレーニング 施工機・ポンプ整備・清掃 技術指導 コアリング	内装 電気施設仮設 リハーサル
7月17日	水		展示施工杭 打設×1		ワークショップ
7月18日	木		検収作業等		

出典：JICA 調査団作成

活動1-5 道路橋梁研究所と共同で試験施工後に試験を実施し、地盤改良効果の検証を行う。

(1) 効果の検証（一連の試験）の実施時期

改良効果の確認は、チェックボーリングによってボーリングコアを採取し、改良体の連続性および強度を確認する方法を用いた。改良体の連続性の確認方法は、ボーリングコアの目視、改良体の強度の確認方法は、一軸圧縮試験を実施した。一軸圧縮試験は、再委託先の PT. Geomarindex の試験室に採取したボーリングコアを持ち込み、施工から 28 日（4 週）後に実施した。

またチェックボーリングに際して六価クロム溶出試験を実施したところ、いずれの検体も基準値以下の 0.05mg/L であった。

(2) 効果検証の方法

コアのサンプリング位置は、図-19 に示す直径の D/4 点とした。予め指定した位置にボーリングマシンを据え付け、スリーブ内蔵二重管サンプラーによって 1 m ごとに採取し、コア箱に詰め込む。ここに、サンプラーの径は外径 86mm とした。

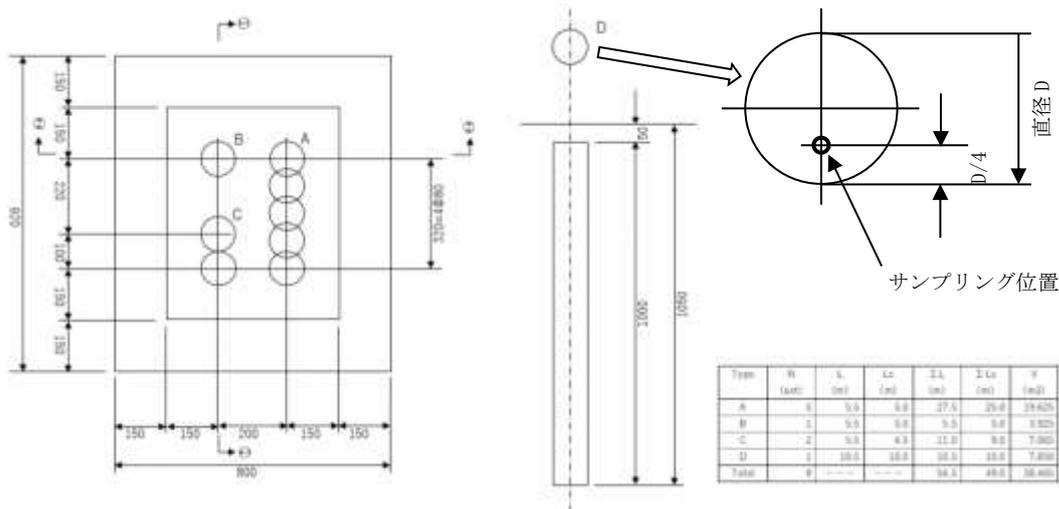


図 20 サンプル位置

表 26 一軸圧縮試験結果

(3) 効果検証の結果と考察
 一軸圧縮試験の結果をおよび図 21 一軸圧縮試験結果に示す。材令 28 日における一軸圧縮強度は、平均 $q_u=1,724\text{kN/m}^2$ 、変動係数 $V_a=15.3\%$ となった。当初の目標強度 $q_u=900\text{kN/m}^2$ を大きく上回る結果となった。

Core box	Specimen	Depth			Strength
		Upper	Loer	median	
1.0 - 2.0 m	1	1.17 - 1.30 m	1.235	1,762	
	2	1.30 - 1.43 m	1.365	1,638	
	3	1.59 - 1.71 m	1.650	1,280	
2.0 - 3.0 m	1	2.31 - 2.43 m	2.370	1,543	
	2	2.74 - 2.85 m	2.795	1,665	
4.0 - 5.0 m	1	4.09 - 4.21 m	4.150	1,624	
	2	4.22 - 4.34 m	4.280	1,751	
	3	4.36 - 4.50 m	4.430	1,562	
7.0 - 8.0 m	1	7.28 - 7.39 m	7.335	2,196	
	2	7.40 - 7.51 m	6.455	2,046	
	3	7.63 - 7.75 m	7.690	1,977	
9.0 - 10.0 m	1	9.18 - 9.29 m	9.235	1,398	
	2	9.52 - 9.64 m	9.580	1,969	
Average value (kN/m ²)				1,724	
standard deviation (kN/m ²)				263.9	
Coefficient of variation (%)				15.3	

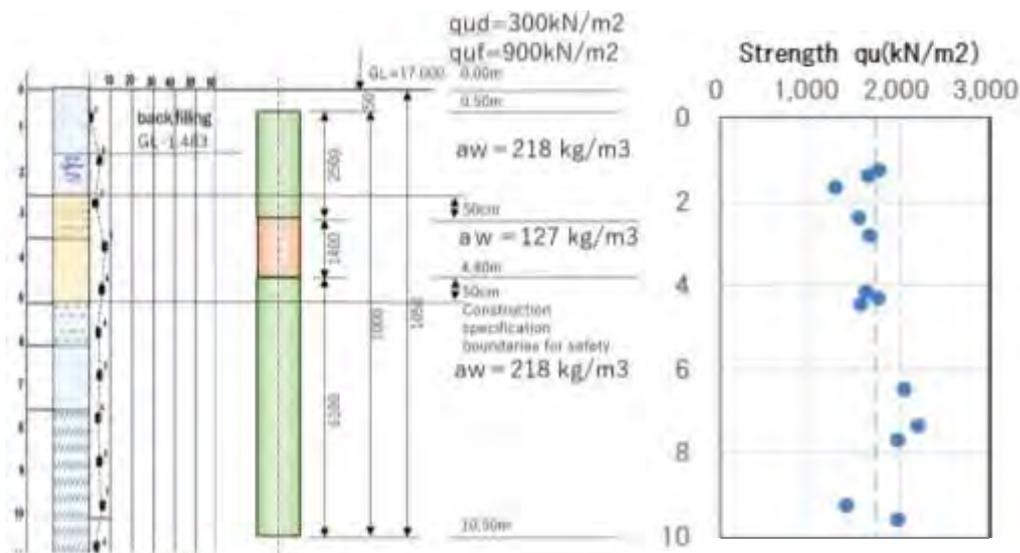


図 21 一軸圧縮試験結果

出典：JICA 調査団作成

(4) 効果検証の過程で明らかになった事柄
 試験施工の実施においては、日本で実施している手順に沿って、セメントの配合量を決定し、日本の施工基準に沿って施工を行い、日本での手順がインドネシアでも活用可能であることが確認できた。他方、効果検証の実施過程で明らかになった事柄を下表に整理する。

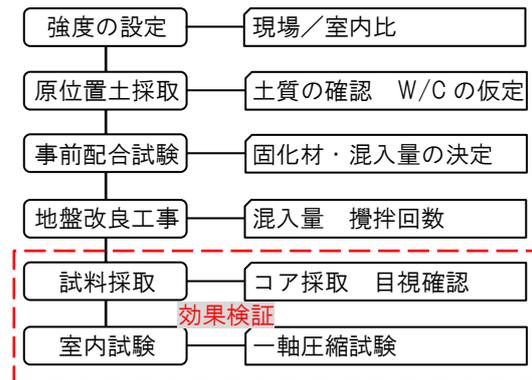


図 22 日本で実施している手順

表 27 効果検証によって明らかになった事柄

区分	実施概要	明らかになったこと	想定される改善点
試料採取	1) 試料採取位置はD/4点にて実施。	土工事ではバックホウの利用は普及しており、オペレーターの技量も高く、杭頭部を平滑に掘削することは容易であった。	
	2) 日本で一般的に用いられるスリーブ内蔵二重管サンプラーを使用。	サンプリングの採取において、サンプルコアの重要性に対する認識の欠如があった。	調査会社に対し日本で使用しているサンプラーの教育、ツール普及が必要。
室内試験	3) 一軸圧縮試験にて実施。	一軸圧縮試験装置など室内試験装置の整備は進んでいる。試験法も習熟している。	
	4) 供試体高さは、直径の2倍として、多くのコア採取を要請。	直径の2倍の高さが得られたコアが少なく、供試体数が少ない傾向であった。	調査会社に対し、地盤改良体の必要コアの詳細について教育が必要。
強度	5) 目標強度 qu=900kN/m ²	平均強度 qu=1,724kN/m ²	様々な環境下で試験施工を実施し、サンプル数を増やすことが望ましい

出典：JICA 調査団作成

(5) 改善点に対する対処方法

試験施工の効果確認試験の結果、改良体に目標強度以上の強度が発現したことが確認できたため、改良効果ありと判断できる。その上で、目標値より大幅に高くなっている要因には、

- ① セメントの特質による影響。

目標値を設定する室内試験の温度環境で養生した場合は強度が上がりにくい
 が、実地盤で温度が50℃近くなると強度が極端に上がりやすい。

② 日本とインドネシアの土質特性の違い。

③ 現地調査会社の改良体サンプル採取の必要性に対する認識の欠如。

現地調査会社に改良体サンプルの重要性、詳細な仕様の指導が必要である。精度の高いコア採取技術を習得することにより、改良体の強度計測の精度も高まると考えられる。

などが推測される。今後、目標強度に対する強度発現の精度を高めるには、様々な環境下で試験施工を実施し、サンプル数を増やすことが望ましい。

活動1-6 試験施工の実施を通して、バーチカドレーン工法など当該国既存の地盤改良法とのコスト等の比較分析を実施する。

提案製品や中層混合処理工法をインドネシアで普及するには、競合する工法と比較しながら、本技術の優位性や違いを周知していく必要がある。周知する上での留意事項は、これらの工法は同列に比較されるものではなく、「対象地盤の土質条件（種類、成層、強度など）や施工期間、施工スペース、周辺環境、予算などの観点を考慮して総合的に判断する」という捉え方である。参考として、日本における軟弱地盤対策工法の種類と適用地盤・効果（表 28）を示す。

表 28 軟弱地盤対策工法の種類と適用地盤・効果

工法	適用地盤				工法の効果						
	粘性土	砂質土	粘性土 砂質土 の互層	有機質土	沈下対策		安定対策				
					圧密沈下 促進	沈下量減 少	せん断変 形の抑制	強度増加 促進	すべり抵 抗の付与	液状化の 防止	
表層処理工法	表層排水工法										
	サンドマット工法	○			○			○	○	○	
	敷設材工法										
	浅層混合処理工法										
置換工法	掘削置換工法	○		○	○		○	○		○	
	強制置換工法										
押え盛土工法	押え盛土工法	○		○	○			○		○	
	緩斜面工法										
緩速載荷工法	漸増載荷工法	○		○	○			○			
	段階載荷工法										
載荷重工法	盛土荷重載荷工法								○		
	大気圧載荷工法	○		○	○	○					
	地下水低下工法										
バーチカドレーン工法	サンドドレーン工法	○		○	○	○		○	○		
	ボード系ドレーン工法										
サンドコンパクション工法	サンドコンパクションバイル工法	○	○	○	○	○	○	○		○	○
締固め工法	振動棒工法		○					○			○
	動圧密工法										
固結工法	深層混合処理工法	○	○	○	○			○	○	○	○
	生石灰パイル工法										
	薬液注入工法										
構造物による工法	矢板工法										
	打設杭工法	○	○	○	○			○	○		○
	スラブ工法										
	カルバート工法										

出典：陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル 改訂版 平成 16 年 3 月 土木研究センター

同表に示されるとおり、適用可能な地盤の性質や深度によって、工法の選択肢が変

わる事もあれば、施したい対策によっても選択肢は異なる。例えば、軟弱地盤の深度の観点では、支障となっている軟弱地盤の除去が可能な現場であれば、最初に地盤を置き換える工法を検討し、深度が 3m 程度までの浅い範囲であれば表層処理工法も選択肢である。さらに、深度が深くなる場合は工事期間の視点も加わり、対策に数カ月から年単位の時間を掛けられる場合は、載荷重工法やバーチカルドレーン工法など圧密を促進する工法が適用される。逆に、時間を掛けられない場合は、中層混合処理工法などの固結工法や締め固め工法の適用を検討する。すなわち、固結工法や地盤を締め固める工法は、より安価に済む工法の適用が難しい場合に検討されることになる。

(1) 比較工法の選定

本調査で実施した各組織との協議の際、相手方からの質問で中層混合処理工法との比較に用いられた工法は、①バーチカルドレーン工法（圧密・排水）、②コンパクションパイル工法（締め固め）、③中層混合処理工法（固結）、④パイルスラブ工法（構造物）であった。これらを原理別に大別すると圧密・排水を促す工法、地盤を締め固める工法、地盤を固結する工法、構造物による工法の 4 つに分けられる。

バーチカルドレーン工法は、地盤対策は安価で施工も簡便なことから広く普及する標準的な工法で、中層混合処理工法の比較対象として問合せがもっとも多い工法である。パイルスラブ工法は、他の 3 工法とは原理が全く異なり、地盤自体を改良するのではなく、構造物を構築して軟弱層を回避する工法である。同工法は試験施工を実施した現場でも採用されている工法で、ドゥマイ地区で施工状況が見られた。



写真 パイルスラブ工法の施工状況（ドゥマイ地区）

出典：JICA 調査団

このように、それぞれの工法は原理や対策が異なるが、現地の関係者の理解を促すには、現地で広く認知する工法と比較する事で、本技術の優位性や特徴を周知しやすくなると判断し、表 29 に選定した工法の比較表を示す。

表 29 軟弱地盤対策工法の比較表

原理	圧密・排水	締固め	固結	構造物
工法	バーチカルドレーン	コンパクション パイル	中層混合処理	パイルスラブ
目的	圧密沈下促進 せん断変形抑制 地盤の強度増加	沈下低減 地盤の強度増加 液状化対策	沈下抑止/低減 せん断変形抑止 地盤の強度増加 液状化対策	沈下抑止
適用 地盤	粘性土 ○ 砂質土 × 互層 ○ 有機質土 ○	粘性土 ○ 砂質土 ○ 互層 ○ 有機質土 ○	粘性土 ○ 砂質土 ○ 互層 ○ 有機質土 ○	粘性土 ○ 砂質土 ○ 互層 ○ 有機質土 ○
概要	鉛直ドレーンで水平 方向の排水距離を短 縮して圧密を促進す る。	砂杭の強制圧入と振動 で緩い砂を締め固め る。	セメントなどの安定材 を混合し深層に杭状体 を造成する。	コンクリート杭などを 打設して、その頭部を コンクリートスラブで 連結させる。
材料	砂もしくは人工ドレ ーン材（プラスチック、紙）	砂	セメント	コンクリート杭 鉄筋コンクリート
効果	× 圧密は自然現象であ り、人為的な管理の 余地が小さい。	△ 砂の圧入を管理するこ とで一定の強度確保で きる。	○ セメントで地盤を固結させ るため強度を調整でき、 効果の程度を管理する。	○ 構造物のため強度特性 が明らかで、対策効果 の確実性が高い。
周辺 影響	× 盛土時の変位	△ 砂の圧入時の変位	△ 改良時の変位	× 打設時の振動・騒音
機械	× 大型	× 大型	○ 小型	× 大型
養生 期間	× 数カ月から数年	△ 施工後数カ月	○ 施工後1カ月	○ 施工後1カ月
施工 費用	700,000~IDR/m ²	4,125,000~IDR/m ²	3,750,000IDR/m ²	4,000,000~ 5,500,000IDR/m ²

出典：JICA 調査団作成

- 1) 中層混合処理工法の施工費用は、試験施工の現場条件を考慮して改良率 25%、軟弱地盤の層厚を 12m として試算した。
- 2) バーチカルドレーン工法、コンパクションパイル工法、パイルスラブの施工費用は、C/P や施工会社からのヒアリングに基づくが、それぞれ施工条件が異なるため、価格に幅がある。

(2) 比較工法のまとめ

- ① 粘性土、互層、有機質土かつ工期が長い現場ではバーチカルドレーンが優位
4 工法のうち、バーチカルドレーン工法は圧倒的に安価であることから、対策の設計において初期段階で検討される。地盤の性質が粘性土、互層、有機質土かつ工期が

長い現場の条件下では、同工法が最も価格優位な工法と位置付けられる。ただし、養生期間は他の工法と比しても長期間を要するため、時間的な制約がある場合には採用が難しい。さらに、砂質系の地盤には効果が無く、他の3工法に比べると地盤の適用範囲が狭い。

② 施工条件により中層混合処理工法が優位

バーチカルドレーン工法が適用できない場合にコンパクションパイル工法・中層混合処理工法・パイルスラブ工法は検討される。これらの工法は材料調達の難易度、地盤変位が周辺に与える影響、機械の機動性、振動・騒音、費用などの面で一長一短があり、施工現場の特性を踏まえて選択する必要がある。

養生期間の観点では、中層混合処理工法とパイルスラブ工法が比較的短期な施工が可能であり、コンパクションパイル工法よりも、工程や強度の要求が厳しい条件において高い競争力を有する。また、施工費用の面でも中層混合処理工法は競争可能範囲であると考えられる。さらに、中層混合処理工法が、他の2工法に比べて優れている点は、提案製品が小型であるため機動性が高く、様々な軟弱地盤の現場で適用可能な事である。特に大型機械の進入が困難な超軟弱地盤や狭隘地の施工では極めて有利になる。パイルスラブ工法は大型の機械が必要ゆえ、超軟弱地盤には進入できず、また打設の振動や騒音が激しいため、施工場所を選ぶ工法である。

なお、試験施工を実施した現場の条件を考慮すると、施工費用はパイルスラブと概ね同等であり、当該現場で中層混合処理工法が採用されるのに十分な要件を満たしていると考えられる。サンドコンパクションパイルやパイルスラブの採用現場であれば、代替工法として中層混合処理工法をアピールできる可能性が高まった。

成果2「国営建設企業 PT. HUTAMA KARYA (フタマカリヤ) に対し提案製品の操作、中層混合処理工法の設計手法及び施工手順に関する技術移転がはかられ、維持管理体制が構築される。」にかかる活動

活動 2-1 フタマカリヤ の土木技術者と機材オペレーターを本邦受入活動にて招へいし、提案企業敷地内で操作・メンテナンス指導を行う。

当初計画では、提案製品を製造完了後から輸出するまでの期間を活用して、本邦受入れ活動期間にフタマカリヤの土木技術者と機材オペレーターを YBM 本社に招聘し、操作・メンテナンス指導を行う予定であった。しかし、フタマカリヤとの協議の末、提案製品を完成早々に輸出する必要が生じたことから、操作・メンテナンス指導の本邦受入れ活動は中止する事とした。なお、本活動の代替として、後述する活動 2-3 にて時間を十分確保して操作・メンテナンス指導を実施した。

活動 2-2 フタマカリヤの土木技術者に対し、中層混合処理工法の施工に必要な事前地質調査、セメント配合量の検証ならびに施工方法、安全管理等を指導する。

上記に述べた活動 1-3 と 1-4 をフタマカリヤ技術者 Abdullah Nur Rahmat 氏と共同で実施し、OJT 形式で指導を行った。また、技術仕様書の設計手順書、施工手順書の作成を通じて、体系的な指導を行った。

活動 2-3 フタマカリヤの土木技術者と機材オペレーターに対し、インドネシア国内の実証サイトにおける試験施工にて操作実践を実施、技術者を育成する。

2019 年 7 月 4 日から 12 日にかけて下表に示すフタマカリヤの土木技術者と機材オペレーターの 4 名を対象に提案機材の操作指導を行った。2 名一組の 2 チームに分け、それぞれが操作、指導、確認し合い、一連の操作を全員が実施するまで実施した。

表 30 フタマカリヤ技術者と機材オペレーター名

氏名	所属
Mr. Abdullah Nur Rahmat	Engineering staff of Pekanbaru-Dumai Section 5&6
Mr. Deni Candra Dinata	Operation staff of Pekanbaru-Dumai Section 5&6
Mr. Kuntoro Suhardi	Business Development and Investment Division
Mr. Jethro Thomas	Toll Road Development Division



GI-80C の操作指導中

操作レバー・ペダルなど

写真 9 提案製品の操作にかかる技術移転

出典：JICA 調査団作成

GI-80C の主な指導内容は、各部の名称と機能の説明、レバー・ペダル操作、運転操作、点検整備の内容、使用オイル、交換部品等、日常点検要領を重点的に指導した。

表 31 GI-80C の指導内容

指導項目	内容詳細
機械操作指導	リーダ-起倒操作、リーダ-傾斜合わせ、タッチパッド確認方法
	フィード上昇・下降・速度調整・早送り
	スライド上昇・下降・速度調整
	ロット掴み替え方法、各スイッチ/ボタンの実動作確認
ロット継ぎ切りの操作・作業指導	ロット継ぎ切りの操作・流れ
	ホブと合図者間のやりとり
施工トレーニング指導	タッチパッド情報・表示確認(深度/速度/回転数/トルク/流量)
	データ記録開始/終了方法、多段変速・自動停止機能
	ウォータースイベルへのグリッドアップ指導・実施

出典：JICA 調査団作成

表 32 GI-80C の日常点検項目

点検項目	点検項目
エンジンオイル量および汚れ具合の点検	ギヤオイルの油量、汚れ点検
油圧計の指示確認	油圧ホースの損傷、油漏れ点検
クーラントレベル点検	油圧ホースの損傷、油漏れ点検
冷却水の漏れ点検	旋回ロックシリンダーの点検
水温計の指示確認	作動油量、汚れ、もれ点検
ファンベルトの点検・交換	フィード操作による深度と速度の表示確認
エンジンのカカリ具合、異音確認	スライド操作による深度と速度の表示確認
排気音、排気色の点検	スピンドル回転数の表示確認
キャビン内警告灯の全消灯	トルクの表示確認
バッテリーインジケータ点検	圧入力の表示確認
レールの給脂状態点検、給脂	瞬時流量の表示確認
チェーンの張り、給脂状態点検、給脂	プリンタの印字確認
スライドシリンダーの点検	ウォータースイベルへの給脂
起倒シリンダーの点検	グラウトホース内の洗浄と水抜き
スイングシリンダーの点検	アウトリガーシリンダーの点検
油圧ホースの損傷、油漏れ点検	ウインチワイヤー、フックの点検
回転用モーターの異音確認	見回り点検(機械の傷、へこみ、錆び発生状況)

出典：JICA 調査団作成

SG-30SV の主な指導内容は、提案製品の仕様、外観および各部名称、現場の設営方法、運転手順、仕様する油脂やシール・Oリングの一覧、日常点検要領とポンプのチェックポイント（トラブルシューティング）を重点的に指導した。

表 33 SG-30SV の指導内容

指導項目	内容詳細
日常点検指導	点検表を記録して頂き、各部の点検
分解整備指導	分解方法の指導
	パッキンケース部の清掃、組付け方法の指導
全体組付け	組付け手順、トルク管理

3	PT Probesco Kanamoto	あり	ジャカルタ
4	PT Buana Konstruksi	あり	ジャカルタ

出典：JICA 調査団作成

成果3「インドネシアの公共事業省橋梁研究所にて中層混合処理工法に係る技術基準書案が策定され同所内部委員会へ提出される。」にかかる活動

活動 3-1 公共事業省下の道路橋梁研究所・道路総局・研究開発局およびフタマカリヤを本邦受入活動にて招へいし、中層混合処理工法の事例紹介や施工現場の視察を行い、新工法の理解促進を図る。

カウンターパートである地盤・トンネル・構造物センターならびにフタマカリヤから各5名（計10名）を招聘する準備・手続きを進めていた。しかし、地盤・トンネル・構造物センターは4月17日に予定されている大統領選を理由に出張許可が下りない事態となり、結果フタマカリヤから6名招聘する運びとなった。以下に期間、参加者、目的と活動内容を記す。

(1) 受入期間：2019年3月10日（日）～2019年3月16日（土）

(2) 参加者リスト（氏名（Mr./Ms.）、所属、役職

	Name	Organization	Title
1	Mr. Idrus M. Alatas	フタマカリヤ	Treasurer, Advisor of Geotechnical Engineer
2	Mr. Idwan Suhendra	フタマカリヤ	Engineering Advisor
3	Mr. Rizal Sutjipto	フタマカリヤ	Division Head of Business Development & Investment
4	Mr. Willy Fikri	フタマカリヤ	Division Head of Pekanbaru-Dumai Section 5&6
5	Mr. Abdullah Nur Rahmat	フタマカリヤ	Engineering staff of Pekanbaru-Dumai Section 5&6
6	Mr. Remi Fitriadi Kurnia	フタマカリヤ	Investment & Business Development Manager

出典：JICA 調査団作成

(1) 目標

軟弱地盤に関する研究事例や、軟弱地盤における工法実施認定プロセスを学び、インドネシア国の地盤課題の改善策を考案する。

(2) 活動内容

- 1：YBM への訪問・会社紹介・製品紹介・工場見学
- 2：麻生セメントによる日本のセメント技術に関する講義
- 3：寒地土木研究所による土壌に関する講義

- 4：有明沿岸道路見学（工事サイト視察）
- 5：九州技術事務所による工法認定プロセスに関する講義
- 6：佐賀大学での軟弱地盤に関する講義
- 7：島内エンジニアによる室内配合試験に関する講義
- 8：イ国の地盤課題分析共有、地盤課題の改善策の考案（プレゼンテーション）

この本邦受入活動により、参加者はインドネシア国内で工法と製品を導入する際の具体的なポイントや運用方法について理解を深めることができたと捉えている。他方、今後の活動に際し、参加者から挙げられた①～③の要望に対応する取り組みが必要であると認識した。

要望①：地域の土壌特性を踏まえ、具体的にどのセメントや技術を使用すべきなのか情報提供が必要である。

要望②：製品の普及・展開にはインドネシア語・英語のマニュアルやオペレーターへの監督が必要である。

要望③：スマトラ高速道路で本工法が採用されるには、経済的にも時間的にも効果があることを説明する必要がある。

活動 3-2 道路橋梁研究所が他の工法と比較・分析を行うため、試験施工から必要な情報を提供する。

地盤・トンネル・構造物センターは、提案工法とパイルスラブ間における比較を行った。担当者から共有された比較資料を別添4に添付する。

なお、地盤・トンネル・構造物センターから共有の依頼があった情報は以下である。

- ・ 再委託調査時の地質調査結果
- ・ 試験施工時の積算情報
- ・ 日本の新技術情報提供システム（NETIS）に公開されている QS-100022-VE の情報
- ・ Japanese Geotechnical Society Standard（JGS0821-2009）

Practice for making curing stabilized soil specimens with out compaction

活動 3-3 道路橋梁研究所に対し、技術基準策定に必要な情報を収集し提供する。

技術基準書は、設計基準書、施工基準書、仕様書で構成されているが、製本は設計基準書と施工基準書の2部構成とし、仕様書は施工基準書に内包される形式となっている。地盤・トンネル・構造物センターは、これまでも様々な情報ソースを独自に入手して中層混合処理工法の研究を進めており、YBM社が保有する基準書に加え、本事業で実施した試験施工の条件、データなども活用し、以下の項目の情報提供を行った。

表 36 施工基準書にかかる提供情報一覧

No	主な項目	その内容
1	施工仕様	必要な機材および施工速度、攪拌回数などの標準施工仕様。特殊施工条件下における別途施工仕様の設定について。
2	固化材の選定と使用量の算定基準	配合試験・試験施工等による改良土量あたりの固化材添加量の決定。施工目的に応じ、配合比の変更について。
2-1	固化材の種類	普通ポルトランドセメント、高炉セメントB種、セメント系固化材など
2-2	固化材使用量の算定基準	改良体1本あたりのセメント量の算出方法と施工時の噴出量の算出方法
3	施工順序	施工準備、本施工、杭頭作業・空堀、後処理における各項目と手順を示したもの。
4	施工フローチャート	施工手順を図示したもの。
5-1	施工設備のフローチャート	施工設備の組み合わせ順を図示したもの。
5-2	地盤改良機配置	使用する機械のレイアウトを図示したもの。
5-3	プラント配置	使用するプラントのレイアウトを図示したもの。
5-4	使用機材一覧	使用機材の一覧表
6	施工管理	材料管理、地下埋設物の調査・対応、改良体の着底管理・方法、写真管理、施工状況管理について。
7	キャリブレーション	施工前に機材性能や寸法確認を実施する。
7-1	軽量器確認	軽量方法について
7-2	吐出量確認	流量計の性能確認とセメント吹出量の確認
7-3	攪拌翼サイズ	先端攪拌翼の径、共回り翼径、攪拌翼全長の確認。
7-4	管理装置	改良機内管理装置の確認および各部の稼働状況の確認
7-5	ロッド検尺	施工計画値と実測値を用いた検尺
8	安全衛生管理	入場者の災害防止、重機災害の防止、転落・飛来落下災害の防止、電気災害の防止について

出典：JICA 調査団作成

各種情報を提供した結果、2022年8月には地盤・トンネル・構造物センターの担当部署から省内の関係部署宛てに、中層混合処理工法の公式な承認プロセスに入る旨の通達が出された。担当部署の見解通りに審査が進めば、半年以内に承認手続きは完了し、インドネシアの公共工事でも活用できる工法になる見通しである。

		
<p>技術基準書の表紙</p>	<p>技術基準書の7頁</p>	<p>担当部署発行の申請レター。</p>

なお、技術基準書の名称は「中層混合処理工法」ではなく、現地技術者に解りやすいよう「泥炭地用の安定化コラムタイプに関する技術仕様基準書」と称された。本技術基準書には本 JICA 事業によって作成されたことが示されており、JICA を含む各関係者が明記されている。

成果 4「インドネシアの土木・建設業界の関係者に中層混合処理工法と提案製品が認知されると共に事業展開計画が策定される。」にかかる活動

活動 4-1 民間建設業(ゼネコン、地盤改良業者、基礎施工業者、建設コンサルタントなど)を対象として、試験施工の視察及び検証結果報告会を開催し、中層混合処理工法の施工例並びに適用工事例を紹介する。

(1) オンラインによる検証結果ワークショップの実施

新型コロナウイルスの長期的な蔓延により、当初予定していた対面式ワークショップからオンラインワークショップ形式に変更して開催した。

オンラインワークショップは、フタマカリヤが構築した自社のデジタルナレッジプラットフォーム「Expert Talk」シリーズの一環として実施した。Expert Talk は、再生可能エネルギーや環境に優しい建築・新首都開発などをテーマに各国の専門家がスピーカーとなって過去 10 回開催しており、毎回 1,000 人規模が視聴するプラットフォームである。この Expert Talk の時間枠を活かし、中層混合処理工法の特徴、適用工事例の紹介や検証結果を報告するワークショップを開催した。なお、同ワークショップについては、少なくとも 3 社 (CNBC Indonesia、Detik Finance、Bizlaw.id) の Web メディアに掲載された。



図 23 ワークショップデジタルフライヤー

- ・ 開催時期：2022 年 6 月 23 日
- ・ 開催方法：Web 会議システム zoom と Youtube の Live Broad cast による同時配信。
- ・ 同配信は以下のフタマカリヤ公式 Youtube チャンネルでも視聴可能。

URL : <https://www.youtube.com/watch?v=ktTJfiBdLOQ>

HK ExperTalk #9: Ground Improvement for Succeeding Jalan Tol Trans Sumatera “Strengthen The Nation”

ワークショップ参加者の概要は以下の通り。

- ・ 事前登録者数：3500 名
- ・ 延べ参加者数：ZOOM (1950 名) + YOUTUBE 再生数 2, 403
- ・ 参加州：34 州
- ・ 参加大学：300 校弱 (分校含む)
- ・ 参加企業：187 社

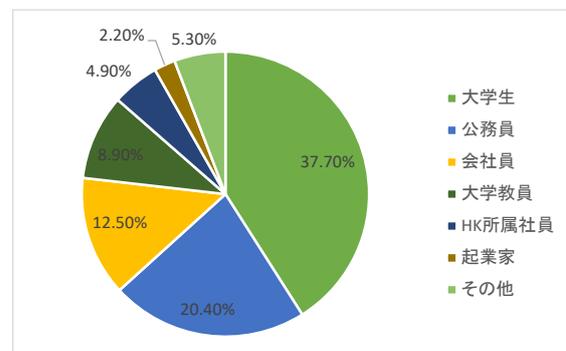


図 24 ワークショップ参加者属性割合



図 25 オンラインワークショップの実施状況

出典：JICA 調査団作成

(2) ワークショップに対するフィードバック

フタマカリヤの担当者によると「過去 10 回の内、最大の事前登録者数および参加者数（過去最高の参加登録数：2000）、事前登録数と実参加者数のコンバージョンレート 55.7%も最高値を記録し「今後の ExperTalk の目標値になるセミナーであった」と極めて高い評価を得た。また、新型コロナウイルスの蔓延鈍化に伴い Webinar に対する期待値は下がる傾向であったが、インドネシア全 34 州から集い、全国に届けられる Webinar の価値を再認識したとのこと。同担当部に寄せられた参加者からの感想によると「技術移転の良い機会であった」「新しい技術を日本から学ぶことができた」「このようなセミナーをもっとやってほしい」という高い評価を得ている。

更に、フタマカリヤ内部のフィードバックとしては、技術部門で「現場 A または B で使えるかもしれない」というような新たな議論が始まっているとのこと。「試験施工の段階ではトランススマトラ高速道路の施工計画に入っていなかったが、今は設計に入れる事も検討をしている。ただし、公式な積算基準が必要なため、地盤・トンネル・構造物センターによる技術基準書の完成を待っている。」というコメントを得た。

フタマカリヤには提案製品を譲渡済みで、早期に製品を利用できるカウンターパートでもあり、約 1,000 人の従業員を有する同社内に本工法と技術を認知される機会になった。

(3) 参加者アンケートのまとめ

ワークショップ参加者に対してアンケートを実施した結果、参加者 1950 名の内、約 16%である 328 名からアンケートの回答を得た。回答者の属性は、学生が最も多い 36%、次いで企業所属 34%、公務員 17%、大学教員 13%であった。

アンケートは 5 問で構成されており、①ワークショップの全体評価、②最も良かったセッション、③中層混合処理工法に対する認知度、④中層混合処理工法に適したサイトの有無、⑤提案製品の希望する調達方法、とした。以下に各問の結果と図 26 アンケート結果の集計グラフを記す。

① ワークショップの全体評価 (5 段階評価)

全体の約 99%が「とても良かった」もしくは「良かった」と評価している。また属性による評価の差も生じておらず、概ね高評価であったと考えられる。

② 最も良かったセッション (4 セッションの中で最も良かった回)

「中層混合処理工法の紹介」が最も高い得票数を得ており、次いで「試験施工に関する紹介」、「JICA 事業の説明」、「YBM 社の製品説明」の順であった。なお、公務員および学生では、他の属性と比して「試験施工に関する紹介」の得票数が伸びる一方で「YBM 社の製品説明」については減る傾向にあった。

③ 中層混合処理工法に対する認知度 (以前から認知 or 本ワークショップで認知)

全体の 87%が本ワークショップを通じて「初めて中層混合処理工法を知る」機会になったようである。企業や大学教諭では、他の属性と比して「昔から知っている」割合は多いものの、約 80%は本ワークショップで初めて認知したと判断できる。

④ 中層混合処理工法に適したサイトの有無 (ある、なし)

全体の約 68%は「適したサイトがある」と回答している。仮に学生の得票を除いたとしても、概ね同様の割合になることが想定され、本工法と技術は様々なサイトで適用の可能性が期待される。

⑤ 提案製品の希望する調達方法 (購入 or レンタル)

全体の 79%がレンタルを希望する結果となった。実際に機材を活用する可能性が高い「企業」に絞ると 84%がレンタルを希望しており、特殊な専用機の購入に対するハードルの高さが伺える。他方、16%は購入を選択しており、購入を選択する企業を優先的にアプローチする事が妥当だと捉えている。

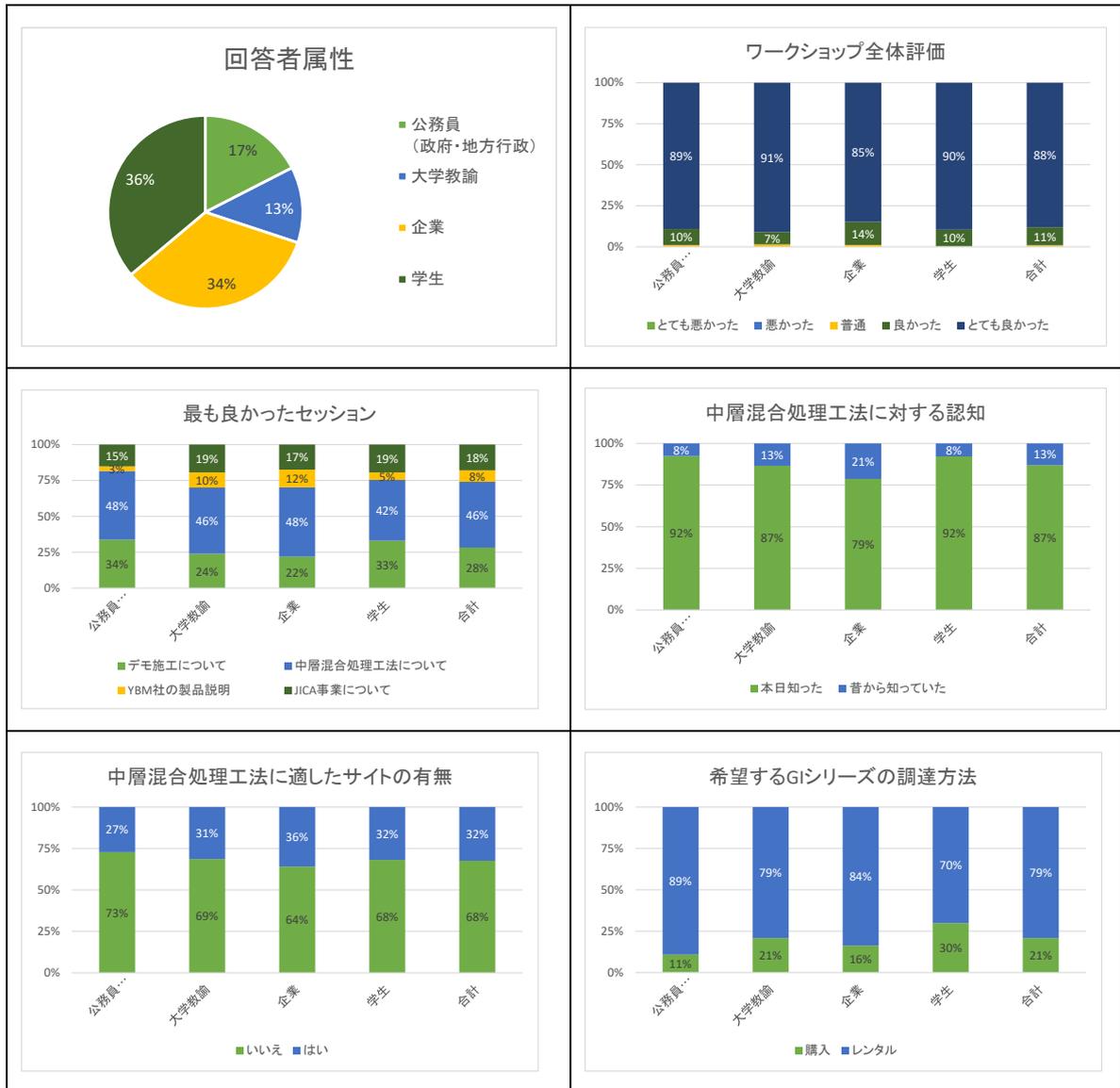


図 26 オンラインワークショップのアンケート結果

出典：JICA 調査団作成

活動 4-2 公共事業省下の道路橋梁研究所・道路総局・研究開発局並びに各地域所管(バライ)を対象として、試験施工の視察及び検証結果報告会を開催し、中層混合処理工法の施工例並びに適用工事例を紹介する。

試験施工視察会は、中層混合処理工法に対する認知の向上と中層混合処理工法を実現するために必要な機材の紹介を目的として開催することとし、インドネシアで初の中層混合処理工法の施工例となった試験施工を通じて、施工の実証性と工法の適用例を示す形式とした。

なお、試験施工実施地に仮設会場を設営し、試験施工最終日の 2019 年 7 月 17 日に開催した。なお、仮設会場の設営費用や招待者の宿泊費用等は全額フタマカリヤが負

担した。視察会の式次第は以下の通りである。

表 37 試験施工視察会の式次第

時間	開始	終了	プログラム
0:30	8:30	~	9:00 開場、参加登録、資料等の配布
0:10	9:00		9:10 デモ施工のビデオ紹介
0:10	9:10	~	9:20 ワークショップ会場の説明や注意事項、国家斉唱
0:15	9:20	~	9:35 公共事業省土木橋梁研究所、PT.HUTAMA KARYA、YBM、JICAの代表者による挨拶
0:20	9:35	~	9:55 本調査の目的と概要の紹介
0:20	9:55	~	10:15 中層混合処理工法の紹介
0:20	10:15	~	10:35 中層混合処理工法に必要な機材（基本はYBM商品の紹介）
1:10	10:35	~	11:45 試験施工の説明ならびにデモ施工現場の見学
0:30	11:45	~	12:15 質疑応答
0:10	12:15	~	12:25 閉会の挨拶、記念品交換、集合写真撮影
1:00	12:25	~	13:25 昼食
0:15	13:25	~	13:40 自由時間および質問表への回答時間
0:10	13:40	~	13:50 退場

出典：JICA 調査団作成

遠方の会場にも関わらず、参加者はフタマカリヤ、公共事業省地盤・トンネル・構造物センターならびに地方局、リアウ州政府、大学関係者など計 77 名（JICA 調査団を含む）が参加した。

フタマカリヤ関係者	公共事業省関係者	民間事業者	大学関係者	その他政府関係者	メディア他	JICA 関係者
19 名	18 名	10 名	7 名	2 名	3 名	18 名

出典：JICA 調査団作成

同会では、本調査の目的や概要、中層混合処理工法の紹介や同工法に必要な機材の説明に加え、提案製品を使用した試験施工の実演を行った。デモ施工時の機材オペレーターは、技術移転されたインドネシア人オペレーターが運転・操作を行い、自国のオペレーターでも十分操作できることを示した。

質疑応答のセッションでは、リアウ州内の軟弱地盤によって生じている課題が複数挙げられ、中層混合処理工法の適用可否について質疑が行われた。中心的な課題は、これまで複数の既存工法を試したものの地盤沈下を繰り返している場合や、また既存工法では地盤改良に着手できない環境の場合（例えば水位が高い箇所）における本工法の実施可否、腐植土層への対策などであった。

さらに、参加者を対象にアンケート調査を実施し、JICA 関係者を除く 59 名の内、28 名（全体の 47%）の回答を得た。本会の総合評価は、回答者の 91%が「とても分かりやすかった・わかりやすかった」、9%が「普通」と評価し、「分かりにくい・とても分かりにくい」と回答した方は 0 名であった。また、興味を持った内容について

は、「中層混合処理工法の設計、施工計画」、「中層混合処理工法の施工方法」が相対的に高いが、「紹介された機材」や「本調査の結果」に興味を示している方もいる結果となった。

表 38 アンケート調査の設問例

<本視察会の総合評価>

<input type="checkbox"/> とても分かりやすかった。	2
<input type="checkbox"/> 分かりやすかった。	17
<input type="checkbox"/> 普通	2
<input type="checkbox"/> 分かりにくかった。	0
<input type="checkbox"/> とても分かりにくかった。	0

<どのようなことに強い興味を持たれましたか（複数回答可）。>

<input type="checkbox"/> インドネシアで初めて導入された工法だから興味がある。	8
<input type="checkbox"/> 紹介された建設機材に興味がある。	6
<input type="checkbox"/> この調査の結果に興味がある。	6
<input type="checkbox"/> JICAやYBMや日特建設、CERIなどの日本企業に興味がある。	4
<input type="checkbox"/> 中層混合処理工法の設計、施工計画に興味がある。	11
<input type="checkbox"/> 中層混合処理工法の施工方法に興味がある。	10
<input type="checkbox"/> 紹介された建設機材の価格に興味がある。	1
<input type="checkbox"/> その他（以下に興味を持たれたことを記載ください）	0

出典：JICA 調査団作成

なお、「中層混合処理工法を試してみたい現場」を確認したところ、12名から回答が得られ、本事業対象地である Pekanbaru-Dumai 間以外では、Padang、Bengkalis、Jambi、Ache など幅広くエリアが挙げられた。また「軟弱地盤が原因で、地盤改良が困難な地域や特定の工事現場」については、11名から回答が得られ、上記設問と類似したエリアが挙げられており、課題克服に対する期待値の高さを確認した。今後は、これらのエリアにおける具体的な課題や実情を把握し、本工法の適用可否を確認する予定である。

No.	中層混合処理工法を試してみたい現場	軟弱地盤が原因で、地盤改良が困難な地域や特定の工事現場
1	Almost all of Riau area is peat soil, especially Bengkalis	Sungai Liong Bridge works, Bengkalis
2	Road section Alai - Kampung Balak	Kepulauan Meranti Regency
3	Pekanbaru-Dumai STA 12+000	Bengkalis Regency
4	Pekanbaru - Dumai Toll road	Aek Latong (West Sumatera)
5	Trans Sumatera toll road around Padang area, because of sandy soil	Jambi area, due to peat soil with high level content
6	Padang - Pekanbaru toll road (Padang)	Dumai, Tembilahan
7	Factory construction in Dumai Area	Bengkalis, Meranti
8	Bengkalis, Meranti	Palembang, South Sumatera
9	Pontianak, West Kalimantan	Pekanbaru-Dumai section 6, Peat soil 7 km and soft soil
10	Central Kalimantan and West Papua	Some location in Central Kalimantan and West Papua
11	Jambi	Aceh Province
12	West Aceh and East Aceh	

出典：JICA 調査団作成



写真 10 視察会における様子

出典：JICA 調査団作成

以下に試験施工視察会場とデモ施工見学ルートの平面図を示す。

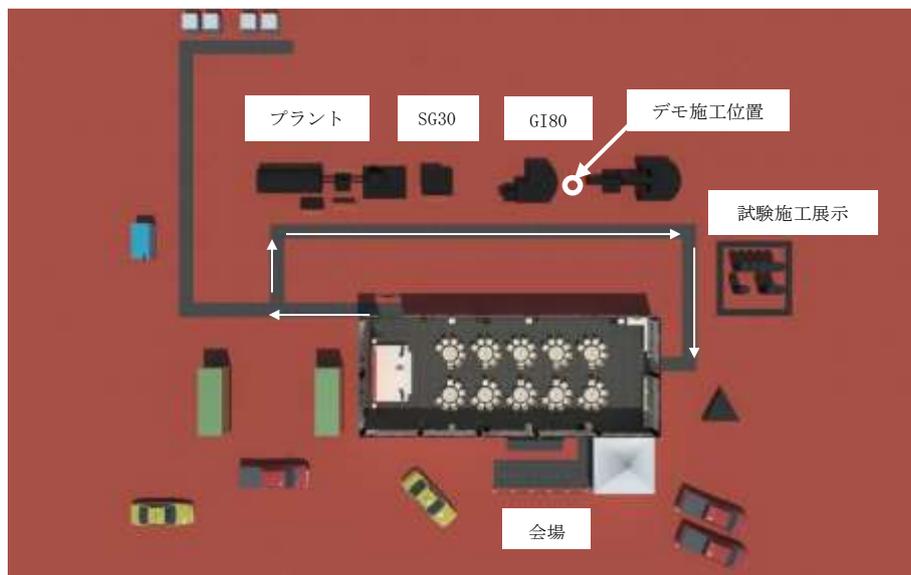


図 27 試験施工視察会場とデモ施工見学ルート図

出典：PT. Teras Ide Mice 作成

活動 4-3 現地パートナーとなる販売代理店ならびにメンテナンス会社の発掘に係る調査を実施する。

非公開情報とする

活動 4-4 事業化の事業展開計画を策定する。

非公開情報とする

3-2 事業目的の達成状況

本事業で掲げた各成果の達成状況をもとに事業目的の達成状況を示す。

成果 1: インドネシア国において提案製品を活用した中層混合処理工法の地盤改良効果が実証される。

全 6 つの活動を完了した。インドネシアで初めて中層混合処理工法を実施し、その改良効果は目標強度を上回る結果となり、十分に効果発現することが証明された。また、インドネシアで広く普及している既存工法 3 つ（バーチカルドレーン工法、コンパクションパイル工法、パイルスラブ工法）と中層混合処理工法をコスト面、適用可能土質、特徴を検証し、実用性について整理した。その結果、「粘性土、互層、有機質土かつ工期が長い現場ではバーチカルドレーンが優位」であるものの、「コンパクションパイル工法やパイルスラブ工法との比較においては、施工条件によって中層混合処理工法が優位」であることが明らかになった。

成果 2: 国営建設企業 フタマカリヤに対し提案製品の操作、中層混合処理工法の設計手法及び施工手順に関する技術移転がはかられ、維持管理体制が構築される。

全 4 つの活動を完了した。フタマカリヤの技術者とオペレーターに対する提案製品の操作、メンテナンス指導は終了した。また、中層混合処理工法の設計手法及び施工手順の指導は、地盤・トンネル・構造物センターと実施している技術仕様書の作成過程を通じて指導を行った。譲渡済みの提案製品はフタマカリヤの Systems, IT & Technology Research Division が管理する事を確認した。

成果 3: インドネシアの公共事業省道路橋梁研究所にて中層混合処理工法に係る技術基

準書案が策定され同省内部委員会へ提出される。

全3つの活動を完了した。カウンターパートのフタマカリヤから6名を日本に招聘し、本邦受入れ活動を通じて、中層混合処理工法に対する知識を高める機会を設けた。また地盤・トンネル・構造物センターからは、試験施工の実施期間中に研究員1名を常駐配置され、試験施工の準備から施工完了までの一連の流れを詳細に確認しており、より一層理解を深めることとなった。2022年8月には地盤・トンネル・構造物センターの担当部によって技術基準書（案）は完成し、部内委員会の検証を受け、省内の公式な承認手続きに入った。

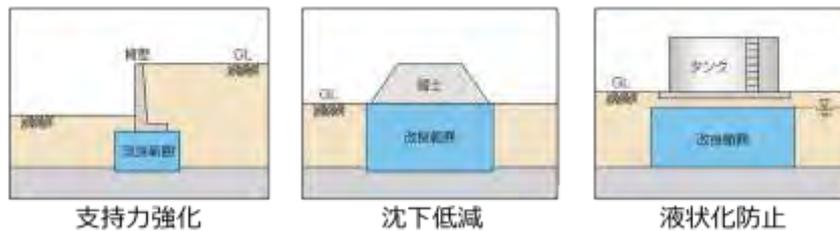
成果4：インドネシアの土木・建設業界の関係者に中層混合処理工法と提案製品が認知されると共に事業展開計画が策定される。

全4つの活動を完了した。2019年7月に試験施工視察会を開催し、フタマカリヤ、公共事業省地盤・トンネル・構造物センターならびに地方局、リアウ州政府、大学関係者など計59名（JICA調査団を除く）が中層混合処理工法ならびに提案製品を紹介する機会を設けた。また、2022年6月には、提案製品と工法の普及促進、認知拡大を目的としたオンラインワークショップを開催し、約2,000人弱が参加した。インドネシア全34州から参加者が集い、土木・建設業界の学生を含め、大学教諭、公務員、企業など幅広く認知されたことに加え、本プロジェクトに直接関与していなかったフタマカリヤの技術部門に本工法と製品を周知できたことは大きな成果である。他方、業界関係者でも中層混合処理工法に対する認知度は低いことも鮮明となり、今後も継続した普及活動が必要になることも明らかになった。

3-3 開発課題解決の観点から見た貢献

(1) 適用範囲の拡大

中層混合処理工法がバーチカルドレーン工法やコンパクションパイル工法などの工法よりも優れる特徴は、地盤強度をコントロールできる点である。土木や建築物を構築する際、構造物の沈下量を規定値以内に収める必要がある。バーチカルドレーン工法などは地盤の強度増加に限界があることや改良の不確実性が大きいため、土壌の種類や条件、面積によって上記の用途に馴染まないケースもある。それに対し、中層混合処理工法は、高強度のバラツキが小さい改良体を造成できる特徴を活かして、これまで施工が困難だった場所も改良可能である。したがって、各種構造物や盛土の基礎処理、仮設の土留め壁の安定性確保、液状化対策や土木構造物以外に建築構造物の基礎としても適用可能である。



(2) 維持管理コストの低減

中層混合処理工法はメンテナンスフリーの技術であり、維持管理に掛る費用を見込む必要はない。一般的なコンクリート構造物と同様に半永久的に安定した状態を維持すると考えられている。事業に掛る費用は、基本的に当初の工事費用のみを考慮すれば良く、将来的に維持管理の支出を避けることができる。

中層混合処理工法以外の工法で、例えば、道路盛土の基礎処理としてバーチカルドレーン工法を適用すると、長期的な維持管理を必要とする場合がある。当該工法は自然の作用を期待する技術であり地盤性状をコントロールすることが難しく、道路開通後も圧密が進行して、道路面にうねりが生じることがあり得る（写真 3 参照のこと）。この場合、道路面の平坦性を確保するために追加の盛土を行う必要が生じる。追加工事に伴うコストおよび道路封鎖などの社会的な損失も大きく、他の開発事業費を圧迫する要因にもなりえる。

3-4 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

(1) 社員 280 名の雇用と新卒採用活動の継続

YBM は 280 名の社員を雇用している。また、九州大学・佐賀大学・長崎大学・福岡大学・九州産業大学・九州工業大学・唐津工業高校・佐世保高専など地元採用活動を実施し、地元密着の経営を重視している。

(1) インドネシア人研修生の受入

現在はインドネシア人 1 名の研修生を受入れており、製造技能の訓練を行っている。新型コロナウイルス感染症も踏まえ、今後の受入人数については調整中だが、率先して外国人研修員の受入を行う事により、周辺製造業に安心と刺激を提供し、他企業においても外国人材の受入が促進される。

(2) 製造資材の仕入・外注による地元企業への貢献

地元企業から部品や製品加工を仕入・外注することで地元経済へ貢献している。
佐賀県内の仕入先：約 60 社、外注先：30 社

(3) 九州地域の学術機関との産学官共同研究

九州地域の学術機関との技術連携・共同開発を重視しており、佐賀大学との「地域コンソーシアム 有明海再生の研究」や九州大学との「水平ドリル位置計測システムの開発」などを通じ、地元学術機関の研究・開発に貢献している。

(4) 地元企業への情報提供機会の提供

地域企業へ海外進出事例の情報共有が可能である。九州地域環境・リサイクル産業交流プラザでのセミナー開催・パネルディスカッション参加などを想定している。

3-5 環境社会配慮

(1) 事業実施前の状況

試験施工の実施対象地の所有者はカウンターパートのフタマカリヤである。周辺は、PT. MRINI WOOD INDUSTRI が所有するアブラヤシ農園であるため、最も近い住居でも 1km 以上離れており、自然林ではなく管理された商業用アブラヤシの木に囲まれた地である。近隣に住民はおらず、仮に地下水があっても生活用水として利用するケースは無い。地層は、砂質土、樹木や植物などが混じる腐植土、シルト性砂質土、粘性砂質土などある。

ア) 環境汚染可能性物質に係る検査

中層混合処理工法は地盤に直接セメントを利用するため、使用するセメントや地質状況等により六価クロムの溶出の可能性もあるが、事前調査で実施した六価クロム溶出試験では日本の基準値以下を示しており問題はないことを確認した（活動 1-1 (1) 六価クロム溶出試験の実施を参照のこと）。また、試験施工時に施工したチェックボーリングを用いて、試験施工時に造成した改良杭についても六価クロム溶出試験を実施した結果、同様に問題ないことを確認した。

イ) 環境チェックリスト

試験施工地への踏査、フタマカリヤへのインタビューを通じて、チェックリストの確認作業を行った。確認結果については別添 2 参照のこと。

(2) 事業実施国の環境社会配慮法制度・組織

インドネシアの環境影響評価は、環境保護と管理に関する法律 (EPMA No. 32/2009) によって規定されており、戦略的環境アセスメント、事業環境アセスメント、モニタリングと環境監査まで、事業計画の初期段階から事業閉鎖後の段階までをカバーする包括的なものである。環境承認 (Environmental Permit) に関する政令 (Government Regulation No. 27/2012) と事業環境アセスメントの手続き (AMDAL, UKL-UPL, SPPL) と環境承認の手続きを定める環境省令 (MoE Regulation No. 05/2012)、SEA 手続きに関する政令 (Government Regulation No. 46/2016) が策定されている。対象となる事業は、①AMDAL (EIA の審査手続きが必要)、②UKL-UPL (環境管理とモニタリング計画書の審査手続きが必要)、③SPPL (環境管理計画書の提出のみで審査手続き不要) かに区分される。環境省令 (MoE Regulation No. 5/2012) に示された事業種リストによると、本事業に関連する「公共事業 (Public Work Sector)」の中に「6. 土地収用を伴う自動車道路の新設・改修」では「c. 地方部における①道路延長: 5km 以上かつ土地収用 30ha 以上、②土

地収用 40ha 以上」に対して AMDAL が必要とされている。普及・実証事業で実施する試験施工の規模は、約 72 平米の狭小地で実施するため EIA の対象外となっている。

(3) 事業実施上の環境及び社会への影響

本事業については、Trans Sumatra 縦断高速道路の本体工事と比しても極めて小規模な事業であることから、フタマカリヤがリアウ州政府より承認を得ている本体工事に対する Environmental Permit (Izin Lingkungan) と Environmental Feasibility Approval Letter (SKKLH) にて内包化が可能であり、追加手続きは必要無いとのことであった。

- Environmental Permit (Izin Lingkungan) : Riau Province Decree No. Kpts. 913/X/2018
- Environmental Feasibility Approval Letter (SKKLH) : Riau Province Decree No. Kpts. 912/X/2018

(4) 環境社会配慮結果

本事業で使用した提案製品は、高速道路の本体工事で使用する建設機材と比しても小型であり、施工規模は小規模であることを鑑みると、本体工事全体で環境社会配慮が適切に行われている場合は、本事業で対応が必要な事項は、提案製品による騒音、大気汚染対策となる。提案製品はエネルギー平均 68dB の機械に認定され、建設機械騒音証明書を取得しており、インドネシアの工業や港などの騒音基準 70dB を下回る低騒音指定取得機材である。また日本の国土交通省よりオフロード法認定の排ガス対策型建設機材として認定を受けており、大気汚染への影響は極めて少ないと言える。

3-6 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について

活動 4-4 で実施したワークショップ以降、フタマカリヤの技術部門内にて「現場 A または B で使えるかもしれない」というような新たな議論が始まっている。試験施工の段階ではトランススマトラ高速道路の第 1 フェーズであったため施工計画に入っていなかったが、現在の第 2 フェーズでは部分的に設計に入れられる余地も残されている。ただし、工事現場に適用するためには、設計・施工面の技術的な適用の可否以外にも、当然経済性も検討する必要があり、その算出には公式な積算基準が必要である。したがってフタマカリヤとしては、現在承認手続きを進めている技術基準書の正式承認を待っている段階にある。

なお、本事業期間中も、フタマカリヤからは自社現場における中層混合処理工法の適用可否に関する問い合わせを受けており、今後もこの関係性を維持するよう努める。

3-7 今後の課題と対応策

(1) 技術仕様書の確実な承認

前述の通り、中層混合処理工法の技術基準書は、予定通りに手続きが進めば、半年程

度で正式承認される見通しである。しかし、これまでの経験上、書類手続きが予定通りに進んだことはなく、ほぼ確実に遅延または停滞してきた。異なる部署に書類が渡った段階で書類が行方不明になる可能性もある。したがって、今後も継続的に承認プロセスを追跡し、進捗状況によっては弊社の人員によって書類を運ぶことも検討する。

(2) 提案工法による施工実績数の積み上げ

ワークショップのアンケート結果からも読み取れる通り、中層混合処理工法の認知度は低く、未だ途上段階にある。知識として認知度を高める、広めることも重要だが、本質的には小規模でも施工実績（試験施工を含む）を増やし、様々な現場、シーンで適用可能であることを証明し、実績が認められる必要がある。提案製品を所有するフタマカリヤに施工実績を積み上げてもらう事が最も現実的な方法であるため、今後もフタマカリヤとの綿密な打ち合わせ、適用可能な現場の探索を継続する。

なお、某日系企業からは、同社が開発した資材を用いて提案工法の効果検証をしたい旨の相談を受けており、このような機会も活かせるように努める。

(3) 自社の中古製品の取り扱いの検討

活動 4-4 に述べた通り、実際のユーザーである専門工事業者は、汎用性の高い機械（例：ブルドーザー、ダンプ、リフト等）は所有するが、工法が普及していない段階では特殊な専用機を購入することは考え難く、また専用機を購入する場合は中古車を優先的に選択している状況である。

各企業の調達方針によって異なるものの、概ね専用機を購入する場合の検討順位は、①中国製の新車、②日本製の中古車、③日本製の新車である。提案製品も中古製品は国内外流通している状況であり、競合他社の製品よりも自社製品が競合となり得る可能性がある。YBM は自社製品の中古販売は取り扱っていないものの、工法普及状況によっては中古製品の取り扱いも要検討事項になることを想定する。

4. 本事業実施後のビジネス展開計画

4-1 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

4-1-1 マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）

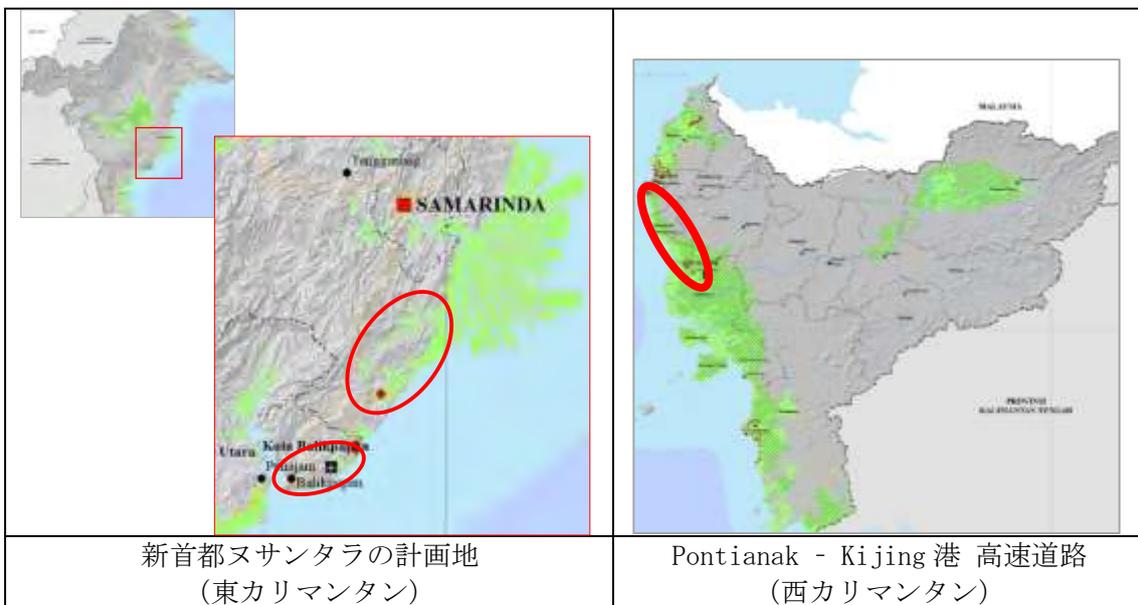
(1) 市場動向の分析

インドネシアのジョコ大統領は第1期就任当初から掲げる課題として「インフラ整備」を挙げている。2期目の方針もインフラ開発を含む5つの重要政策を掲げ、既に進行している大型インフラ案件に加えて、経済特区・観光特区など地方産業の振興につながるプロジェクトを優先することを明言している。表6に示した公共事業省のStrategic plan2020-2024によると、新たに有料道路3,048kmならびに国道3,027kmの建設計画が盛り込まれており、大規模インフラ開発は今後も推し進められる見通し

が高い。これらの計画道路の中には軟弱地盤エリアを横断・縦断する建設も含まれており、提案工法と提案製品の採用も期待される。

また、政府は2022年2月15日に、新首都に関する法律2022年第3号を公布し、新首都開発を決定した。新首都はヌサンタラ（Nusantara）と称され、総土地面積は25万6,142ヘクタール、中心部は5万6,180ヘクタールとなる。新首都の開発計画は5段階に分けられる。第1段階は2022年から2024年までとし、以降は2045年まで約5年ごとに段階分けされる。第1段階では、中央政府やオフィス街、住宅地の開発が進められ、公務員や軍隊・警察とその家族の新首都への移動が行われる。新首都周辺の幹線道路の開発は2023年に着工し、2035年に完了する予定といわれている。

しかし、同首都は東カリマンタン州 Penajam Paser 県及び Kutai 県に位置し、都市を熱帯雨林のジャングル地域にゼロから道路などの基礎的なインフラ整備も含まれている。図28（左上）に示すように新首都の計画地域は軟弱地盤（軟弱粘土層）地域も多くまたがっており、新都市開発の障壁になると考えられている。



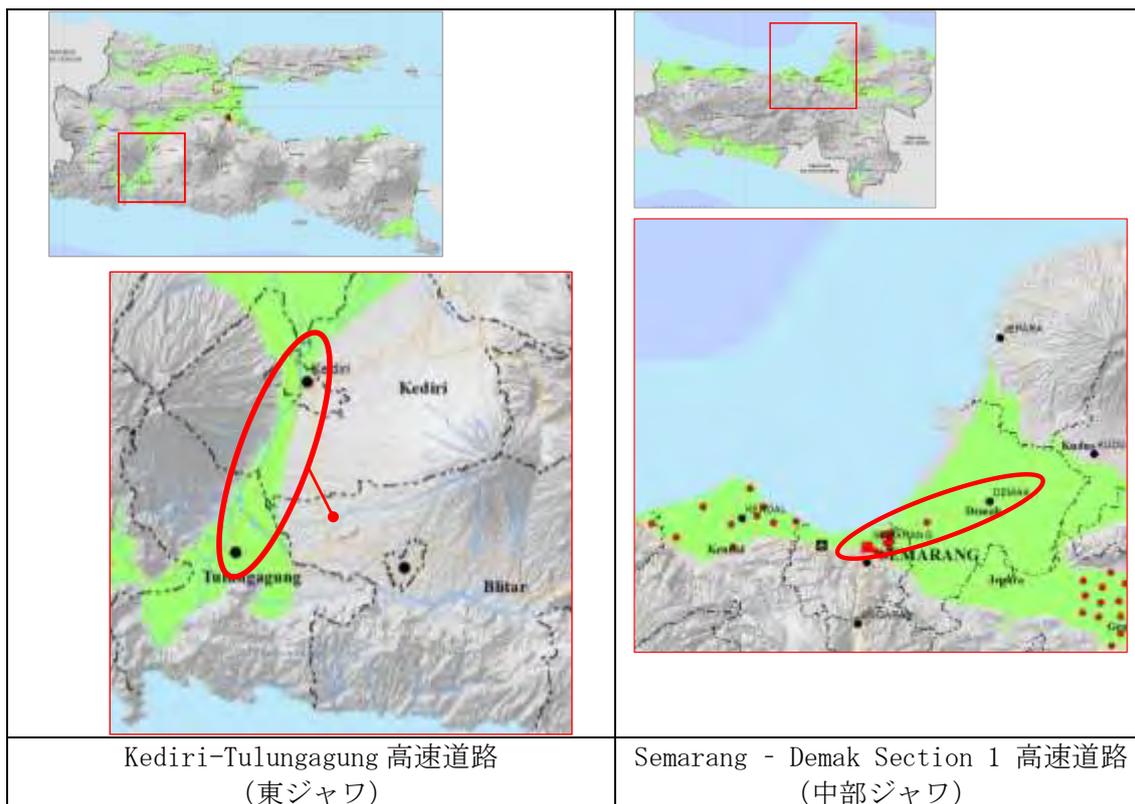


図 28 脆弱地盤地域を縦断・横断する高速道路計画と新首都開発計画図

出典：Ministry of Energy And Mineral Resources の情報を基に JICA 調査団作成

次表に脆弱地盤エリアに計画されている有料道路や国道のプロジェクトを示す。

表 39 脆弱地盤地域を縦断・横断する高速道路計画と新首都開発計画の概要

開発事業	プロジェクト名	州・島	距離	プロジェクト概要
都市開発	ヌサンタラ国家首都	東カリマンタン	—	ジャカルタに代わるインドネシアの新首都として開発が計画されている。現在、MP作成中で、2024年～2035年にかけて順次着工予定
有料道路	Trans Sumatera高速道路	スマトラ島縦断	約2,000km	残りのトランス・スマトラ有料道路（フェーズ2）。
有料道路	Balikpapan – Penajam 高速道路	東カリマンタン	7.6km	2022年8月時点、入札準備中
有料道路	Pontianak – Kijing Port 高速道路	西カリマンタン	70km	2022年終了予定
有料道路	Kediri-Tulungagung 高速道路	東ジャワ	37km	2022年8月時点、入札準備中
有料道路	Semarang Demak Section 1 高速道路	中部ジャワ	11km	2025年完成予定 2022年現在、土地取得手続き中。

出典：Strategic plan2020-2024 の情報を基に JICA 調査団作成

表 40 軟弱地盤が懸念される州の国道開発

タイプ	プロジェクト名	州・島	距離
国道	Access to Patimban Port	西ジャワ	8.21km
国道	Lingkar Sidareja Tambakreja-Bantarsari	西ジャワ	2km
国道	Some of Jladri-Ayah road	西・中部ジャワ	49.24km
国道	Timika-Waghete Strategic Road	パプア	35.32km
国道	Wanggar-Kwatisore-Kampung Muri Strategi Road	パプア	10km
国道	Teluk Bintuni – Aroba	パプア	25km
国道	Tuban Ring Road	東ジャワ	19.9km
国道	Rembang-Lasem Ring Road	中部ジャワ	25.5km
国道	Kendal-KPI Patebon (Steel) Strategic Road	中部ジャワ	10.7km
国道	Tanjung Selor-Tanah Kuning	北カリマンタン	25km
国道	Merbau-Tebas	西カリマンタン	84.5km
国道	Kelua Tanjung Missing Link Road	南カリマンタン	14.5km
国道	Sjamsoedin Noer Airport Transportation Link	南カリマンタン	5.47km
国道	Terminal Type A Access Road	西スマトラ	1.5km
国道	Bunga Tanjung-Teluk Tapang	西スマトラ	34km

出典：Strategic plan2020-2024 の情報を基に JICA 調査団作成

なお、図 7 中層混合処理工法の適応方法に示すように、様々な施工シーンで活用できるため、これらの道路整備の一部でも採用される可能性はあると考えている。ただし、中層混合処理工法が公共工事の工法として選定されるには、技術基準書の正式承認が必要のため、早期かつ確実に承認されるようフォローアップを継続する。

(2) 地盤改良関連機械の市場規模の仮説

インドネシア国内に地盤改良工事機械の市場に関する明確な統計データは存在せず、日本の統計データも同様に「地盤改良工事用機械」を抽出したデータは存在していない。日本建設機械工業会によると、2021 年の建設機械出荷額は、内需は 0.2%減少の 9937 億円、外需は 50.6%増加の 1 兆 7632 億円。内需は 2 年連続の減少、外需は 3 年振りの増加している。提案製品 GI が分類される基礎機械の出荷額に関しては、過去 5 年間（2016 年～2020 年）で毎年約 400 億円～500 億円の範囲で概ね横ばいに推移し、内需は減少傾向にあるものの、外需は伸長傾向にある。ただし、基礎機械には、アースドリル機や小型～大型の杭打機、地盤改良機など様々な機械があるため、地盤改良機に限った市場規模は不明である。したがって、YBM のこれまでの販売実績とシェアを基に日本の市場規模を仮設し、その仮設を代替してインドネシアの潜在市場規模を算出する。

日本国内における提案製品 GI のシェアは約 60%と言われている。過去来の販売累計台数はシリーズ合計 1,840 台である。この販売台数累計とマーケットシェアを踏まえると、日本国内においては 3,065 台程度の同種の機械が販売されたと仮定される。販売単価は地盤改良機のタイプ（サイズ）によって 4,000 万円～10,000 万円の範囲とする。

表 41 GI 潜在市場規模の試算

(千円)

過去の販売実績	GIタイプ	概算単価 (千円)	概算販売台数	累計販売額 (千円)
	GI30型	40,000	90	3,600,000
	GI50型	40,000	1200	48,000,000
	GI80型	70,000	220	15,400,000
	GI130型	80,000	320	25,600,000
	GI220型	100,000	10	1,000,000
	合計		1840	93,600,000



上記実績を踏まえ た日本の市場規模 の仮説	GI30型	40,000	150	6,000,000
	GI50型	40,000	2000	80,000,000
	GI80型	70,000	366	25,620,000
	GI130型	80,000	533	42,640,000
	GI220型	100,000	16	1,600,000
	合計		3065	155,860,000

出典：JICA 調査団作成

仮に同種の機械需要が日本市場と同じように存在する場合、1,558億円の潜在的な(累積)市場規模が見込まれる。日本とインドネシアでは広がる地層の分布や面積は異なり、インフラ工事の年間発注量・予算状況も違うため単純比較はできないが、日本の地盤が弱いエリアは国土面積の6%²に対し、インドネシアは国土面積の10%とも言われ、かつ国土面積は日本の5倍、大型インフラ整備の推進、持続的な経済成長、技術の高度化などを鑑みると、長期的には日本以上に大きな市場に成長する可能性を秘めている。

(3) 提案製品の販売候補者の整理

① インドネシアにおける建設工事の商流図

公共工事の業界構造に属する関係者は、日本と大きくは変わらず「施主・発注者」・「建設コンサルティング会社」・「元請ゼネコン」・「専門工事業者」である。この内、提案製品の販売先は、製品を使用する専門工事業者、もしくは専門工事業者へ機材を販売・貸出する業者が対象となる。

² 独立行政法人 防災科学技術研究所の発表によると「地震による揺れやすさは表層地盤増幅率で示され、1.6以上になると地盤が弱いことを指す。1.4以上の地域は国土面積の9%、1.6以上は6%にすぎないが、軟弱な地盤は関東や大阪、濃尾、福岡など人口密度が高い平野部に広がる」と言われている。

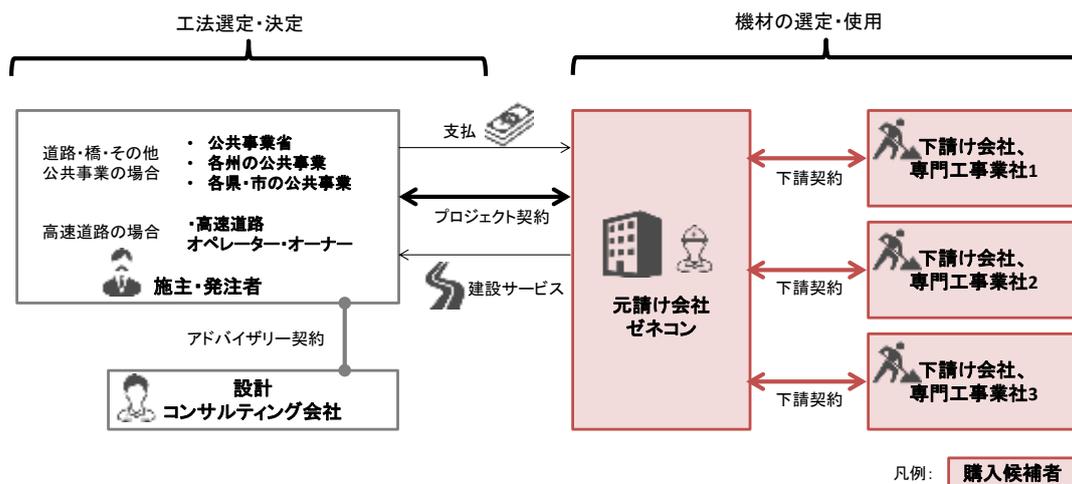


図 29 公共工事に関する商流図

出典：JICA 調査団作成

② 販売候補者となる建設機械保有者

上記に示した公共工事の商流を踏まえ、製品の販売先候補は、実際に機材を使用する「専門工事業者」と専門工事業者に機材を販売・貸与する「元請け会社・ゼネコン」、「リース・レンタル事業社」が想定される。これらの企業へのヒアリング結果を以下に纏める。

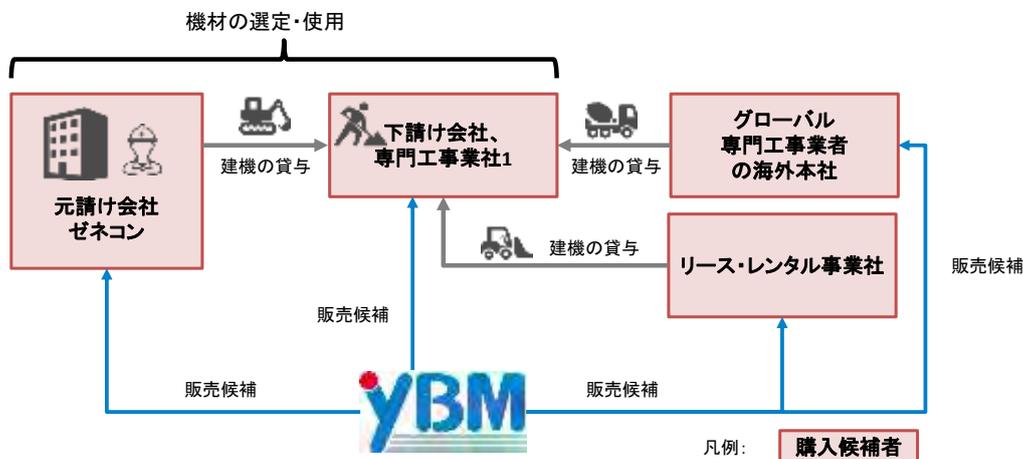


図 30 提案製品の販売先候補

ア) ゼネコン

一般的には、元請けであるゼネコンは機械を所有することは無いとのことであった。ただし、特殊な専用機の場合は例外的にゼネコンが機材を所有し、専門工事業者に貸し出す様な形態の工事も存在するとのことであった。

イ) 専門工事業者

各専門工事業者が自社の施工範囲に必要な機械を所有する傾向にある。しかし、汎用

性の高い機械（例：ブルドーザー、ダンプ、リフト等）は所有することが多いものの、特殊な専用機械を工法の普及前に購入しない。また、また専用機を購入する場合は中古車を優先的に選択している状況である。

インドネシア国外に本社を有するグローバルな専門工事業者の場合、「インドネシアの子会社は特殊な専用機械を所有せず、殆ど本社から専用機を借受ける。専用機をインドネシア国内で継続的に稼働できる場合に限り、国内の機材ヤードに保管するが、それ以外は工事終了後に本社か他国の子会社に輸送する」とのことであった。

ウ) リース・レンタル事業者

インドネシアには建設機材のリースまたはレンタル事業者は存在する。リース事業者は金融機能としてのファイナンスリースであるため、機械購入希望者が存在しない限りにおいては、買手にはなりえない。また、提案製品のような特殊用途の専用機械については、再販売価格が低額になりやすいため、リースの条件設定も厳しいものになる傾向にあるとのことであった。

レンタル事業者については、提案製品の購入者になりうるものの、機材の稼働率によってレンタル料は設定するため、特殊用途の専用機は稼働率が低くなる傾向からレンタル料は高額になりやすく、競争力を持つことは困難であるとのことであった。

(4) 中古機材の輸入環境

前述の専門工事業者に対するインタビューに示した通り、提案製品を実際にユーザーであっても、提案製品のような専用機材は中古製品を優先的に購入する可能性が高い事が判明した。インドネシアの中古製品の輸入規制を以下に記す。

① 中古製品の輸入規制

インドネシアでは新品の輸入が義務付けられているが、特定の場合に中古で輸入が可能（商業大臣規程 2021 年第 20 号）。中古の輸入が可能な資機材は、輸出振興、競争力の向上、事業の効率化、インフラ開発、再輸出を目的とする生産プロセスのために必要で国内では調達に難しい特定の資本財、または災害からの復旧その他の目的のために必要な資本財であり、輸入可能品目、経過年数、事業者などが規定されている。輸入時には輸入承認が必要となる。

ア) 輸入可能品目

商業大臣規程 2021 年第 20 号付属の輸入可能品目リストに掲載されている中古資本財としては、輸入者の業態別に「中古資本財を自ら使用するために直接輸入できるもの」、「中古資本財を修理 (Reconditioning) する会社が輸入できるもの」、「中古資本財の再製造 (Remanufacturing) 会社が輸入できるもの」「特定の目的によるもの (リロケーション・補償)」「中古リチウムバッテリー」「有害でない廃棄物」が挙げられる。

さらに、直接使用会社が輸入できる中古資本財は、製造から 20 年まで (HS コード 84 類、85 類、87 類、90 類)、航空機に関連するもの (同 40 類、84 類、88 類)、船舶に関連する者 (同 89

類)に分けられている。修理会社が輸入できる中古資本財は、同 84 類、85 類に限定されている。再製造会社が輸入できる中古資本財は 84 類、87 類のものに限定されている。

イ) 輸入可能事業者と輸入承認

いずれの輸入者も、製造業者向けの輸入業者登録番号 API-P を有している必要があり、輸入前に商業省から輸入承認を取得しなければならない。その申請には、輸入者の事業許可証や API-P、品目内容・HS コード 8 桁・数量・単価・船積国・目的港を記載した輸入計画等の提出が求められる。

上記の条件を踏まえ提案製品の HS コード(GI 地盤改良機:HS コード 8479.10 | SG ポンプ:HS コード 8413)を適用した場合、GI の中古品に関しては、製造後 20 年以内の製品であればユーザーによる直接輸入あるいは修理会社による輸入が可能である。一方、SG ポンプに関しては、製造後年数に関わらず中古品の輸入は認められていない状況である。下図に提案製品に関連する中古品規制を整理する。

2021年商業省規程第20号に基づく

- GIに関しては、**直接ユーザーと修理会社**（再販）の両方が**カテゴリ-A**に分類され、製造年から最大20年の中古機械の輸入は許可されている。
- SGに関しては、中古機械の輸入は認められていない。

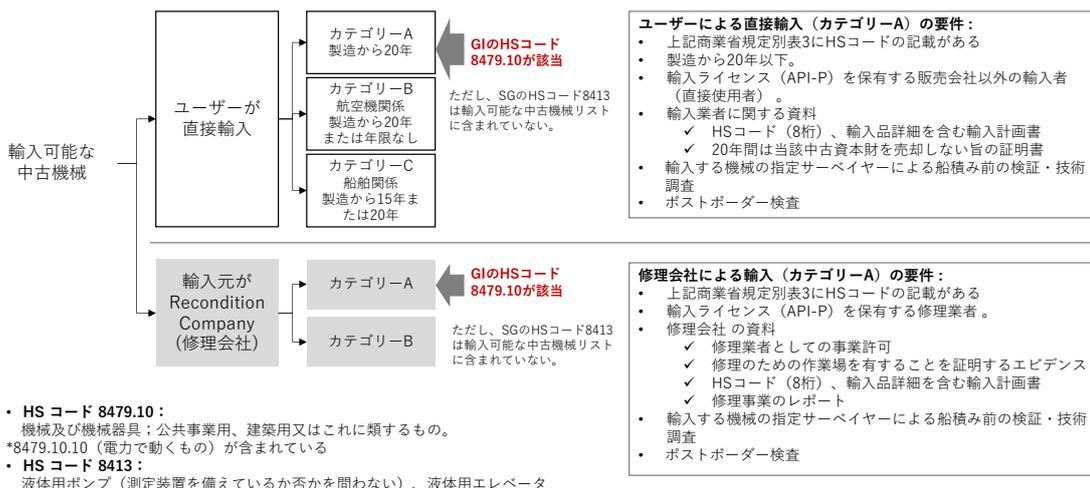


図 31 提案製品に関連する中古製品規制

出典：各種情報を集約し JICA 調査団作成

(5) その他

① 建設機械オペレーター

ア) オペレーターの所属

数社のゼネコン・地盤改良業者に対するヒアリングによると、原則として地盤改良機のような特殊専用機のオペレーターは機械所有者の社員であるとのこと。

イ) 認定制度・免許制度

クレーン・ダンプ・油圧シャベル等の重機については、重機材操作ライセンス (Heavy Machinery Operator License (SIO)) という免許が存在する。これらの免許は、労働省

(Minister of Manpower) の法律 (No 9/2010) によって、付与される。

尚、地盤改良機等の特殊専用機のオペレーターについては、政府機関からの免許制度は現状存在しない。

(6) マーケティング分析

① PEST 分析

PEST分析			
PEST	事業の影響度 状況の変化度		現状の整理
Politics 政治面	大	低	<ul style="list-style-type: none"> ◆ ジョコ大統領の第2期政権の方針に、インフラ開発が含まれる。進行中のインフラ案件に加え、経済・観光特区など地方産業の振興につながるプロジェクトを優先する考え。 ◆ 新首都開発地にも軟弱地盤エリアが多い。ただし、新首都の実現性に疑問視する声も少なくはない。
Economy 経済面	中	低	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 約2.70億人の巨大市場を持ち、GDP成長率5%前後で今後も成長が期待されている。 ◆ 民間の資金供与能力が不十分であるうえ、政府からの資金も低水準にとどまっている。 ◆ インフラ開発に、民間資金活用としてPPPを推進するが、組成に時間を要し実際の活用は進みにくい。 ◆ ライフサイクルコストの観点ではなく、目先のコストを優先する傾向にある。
Society 社会面	小	低	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 中古資材に規制がかかっているが、特殊建設機材は中古製品の輸入も可能である。他方、汎用機材の中古製品は不可。 ◆ インフラ開発には、国や州・県などの地方政府、周辺住民が絡むため利害調整が進みにくい。
Technology 技術面	大	中	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 日本や他国と比べて、地盤改良工法の選択肢が少ない。 ◆ 自国開発や他国の施工技術を手・活用する事に意欲的である。 ◆ インドネシアの設計・施工技術は途上であり、十分に管理を行うことが重要である。

図 32 インドネシアにおける地盤改良技術にかかる PEST 分析

出典：JICA 調査団作成

ジョコ大統領（第2期）政権の方針には、インフラ開発が含まれており、軟弱地盤エリアを横断する高速道路や新首都開発にも着手するため、提案工法ならびに提案製品の活用される期待値は高い。しかし、インフラ開発には民間資金の活用等を推進しているが政府、民間ともに資金力に課題はあり、将来の品質維持よりも現在の低コストを優先する可能性がある。地盤改良技術に関しては、自国開発や他国の施工技術を手・活用する事には意欲的で、日本を含めた各国の民間企業と連携して様々な工法の導入を進めており、土壌改良工法の選択肢は増える傾向にある。

② 3C (Customer (市場・顧客)、Competitor (競合)、Company (自社)) 分析

3C (Company | Customer | Competitor)分析

Company

•企業概要

- 1967年4月 従業員数300名弱
- ワイビーエムサービス、ワイシステムサポート、テクノーチなどグループ会社を有し、幅広いサービスを提供。

•地盤改良機の製品概要

- (優れた性能)
- 小型化による施工可能対象エリアの拡大。
 - オフロード法認定建設機材（排ガス規制対応）であり。
 - 低騒音指定取得機材でもあり、環境に優しい設計。
 - 操作基盤用ソフトウェアは自社開発で、使用感・操作感に高評価を得ている。現地ユーザーの声を反映しやすい。

(製品の適応性)

- 小型、軽量で軟弱地盤地への自律走行が可能。工事現場に容易に設置可能。

(日本における実績)

- 日本国内シェア60%を誇る。

•競合他社と比した強み

- インドネシアにジャカルタ駐在員事務所を有し、顧客候補に直接アプローチが可能である。
- 現地販売代理店（候補）とも取引実績を有する。
- イ国ゼネコンのフタマカリヤや日系・現地の専門工事業者との人脈形成済みである。

•インドネシア展開に向けた要検討事項

- (製品の販売における課題)
- 中層混合処理工法の認知度を更に高める必要がある。
 - 施工事例を増やす必要がある。
 - ユーザーは、インドネシア国外から中古品を優先的に調達する可能性が高い。
 - グローバルな専門業者は、稼働率が高まるまでは本社が所有する専用機を使用する可能性が高い。

Customer

•市場動向

- ジョコ大統領（第2期）が積極的に推進する大規模インフラ開発の継続。軟弱地盤エリア新首都開発へ着手。
- 円借款事業のSTEP案件であるが、提案工法と同じ固結工法である「深層混合処理工法」が適用されている。セメントによる固結工法の事例が増える傾向にある。
- ユーザー候補にとって専用機材は、中古製品が選択優位にある。

•想定される顧客（仮説）

- 地盤改良の専門工事業者（主にローカル業者）
- 日系の専門工事業者
- フタマカリヤなどの大手ゼネコン

•顧客ニーズ（仮説）

- (入札時の工事要件に指定されている)
- 入札時に使用機材を指定されることは無いが、入札時に特殊な工法が指定される場合は、実質的には機材指定をしているような入札も存在している。

(既存工法の施工失敗による代替工事案)

- 既存工法による施工不良等は頻発しており、早急な普及が求められる場合がある。本事業のカウンターパートである公共事業省地盤・トンネル・構造物センターは代替工法を提案するアドバイザーの役割を担っている。

•想定される競合相手

- (競合製品・競合企業)
- 日本車輜製造株式会社 DHUシリーズ
 - 日本車輜製造（株）最有力
 - 鉱研工業（株）
 - （株）東亜利根など
- (代替製品)
- 自社のGシリーズ中古製品

•競合先または代替製品との比較からみた弱み

- 価格（対中古製品）

Competitor

図 33 YBM 社のインドネシア展開にかかる 3C 分析

出典：JICA 調査団作成

現時点における Key Success Factor は「提案製品に最も適した施工現場の実績を積み上げる」ことである。競合他社と比して有利な点は、「①ジャカルタ駐在員事務所を有し、他社よりも早く情報収集し、早く顧客候補にアプローチ可能な体制にあること。②インドネシアのトップゼネコン 10 社に入るフタマカリヤに提案製品が譲渡済みで、利活用可能な状況であること。③インドネシアの日系・現地の専門工事業者とも関係構築が進んでいること。④課題のある現場に対して代替工法のコンサルテーションを担う地盤・トンネル・構造物センターとも関係構築が出来ていること。」にあると考える。

特に「蓄積してきたステークホルダーとの組織的な関係性」は、競合他社が同様の状態を構築するまで数年は要するため、更にリードする事によって先駆者優位な状態をより強固にする。そのためには、試験的または小規模でも「フタマカリヤが所有する提案製品で、最も適した施工現場の実績を積み上げる」ことが極めて重要である。特にフタマカリヤが使用する事によって、フタマカリヤの競合他社や下請けの専門工事業者を刺激し、興味関心を持たせる事にもつながる。ただし、ヨーロッパ勢の競合他社が有する大型の類似製品が得意な工事領域には注意する必要がある。

③ 5フォース分析（既存競合他社・新規参入・代替品の脅威、買い手・売り手の交渉力）

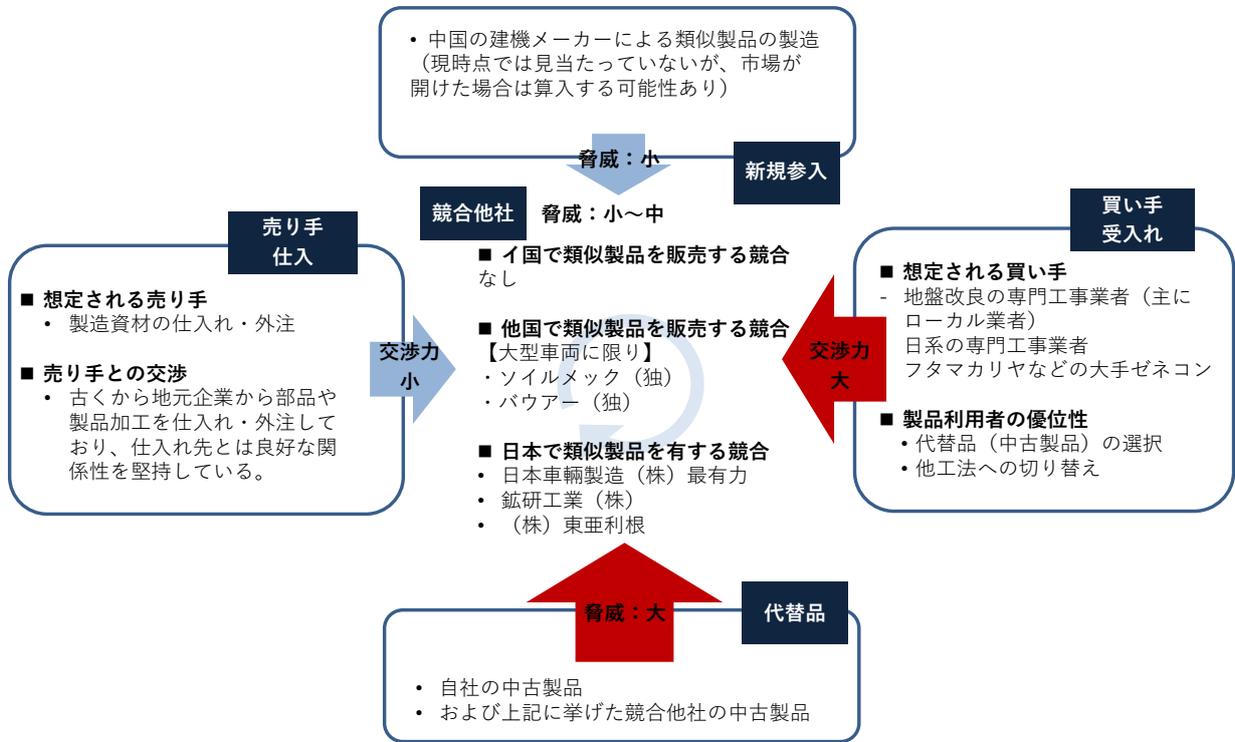


図 34 YBM 社の提案製品にかかる 5F 分析

出典：JICA 調査団作成

現時点は提案工法の普及・啓発段階にあるため、提案製品の市場が開けるとは言えないが、開けた際に最も障壁となる脅威は「自社の中古製品」または「競合他社の中古製品」が想定される。

前述した通り、本事業期間中にインタビューを重ねた専門工事業者は、専用機を購入する場合の検討順位を①中国製の新品、②日本製の中古、③日本製の新品と回答している。提案製品も中古製品は国内外流通している状況であり、競合他社の新品よりも自社製品の中古が競合になる可能性が高い。YBM は自社製品の中古販売は取り扱っていないため、工法普及状況によっては中古製品の取り扱いも検討する必要がある。

4-1-2 ビジネス展開の仕組み

非公開情報とする

4-1-3 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

非公開情報とする

4-1-4 ビジネス展開可能性の評価

非公開情報とする

4-2 想定されるリスクと対応

非公開情報とする

4-3 普及・実証において検討した事業化による開発効果

(1) 施行を可能にすることによるフロー効果とストック効果

中層混合処理工法と提案製品が普及するによって、これまで開発の進まなかった、或いは既存工法では十分な地盤改良が施せなかった開発を推進することが可能になる。発注者は工期の短縮、施工不良数の削減、安定した地盤沈下低減効果の発現、既存工法では予算化が必要であった補修費等の削減効果にも期待できる。また道路整備に適用された場合、国民は開通できなかった道路の開通によりアクセス改善や渋滞回避などのメリット、事故等の未然防止を享受できることになる。

尚、工期の短縮は、経済活動の開始を早められる、もしくは遅れを挽回できる効果に期待できる。例えば、スマトラ縦断高速道路建設による二つの経済効果は、

①フロー効果：公共投資を行うことで生産活動を活発にし、原材料や労働力の需要の拡大や生産機会・雇用機会の創出等、経済活動を活性化させる短期的な効果（建材の販売、建設業、雇用等）=約 670 億ドル、（約 7.3 兆円）

②ストック効果：道路が整備され供用されることで、人流・物流の効率化、民間投資の誘発や観光交流、人口・雇用などを増加させ、長期にわたり経済を成長させる効果=約 3,070 億ドル（約 33.5 兆円）

が見込まれており経済的なインパクトも大きい。全線が完成すると現在は自動車でも北端から南端まで1週間近く係る旅程が、1~2日に短縮され、全島の陸上交通事情は大幅に改善すると言われている。

(2) 民間セクターの開発、促進に寄与する

インドネシアは道路、鉄道、港湾といったインフラ整備だけでなく、民間セクターの開発事業も旺盛である。一般に、民間事業は公共事業よりも工事を短縮化し、早期にサービスを開始する動機がある。例えば、工場や住宅などの建築物では、短時間で確実に

効果を発揮する工法が好まれる。軟弱地盤エリアで高速道路等の開発が進むことによって、高速道路出入口周辺を中心に民間セクターの商業地開発、居住地開発も進むことが想定される。その際に軟弱地盤対策に短時間で効果が発現する工法が役に立つと考える。

(3) 提案製品の機動性を活かした開発行為が実現できる

提案製品は、小型で機動性に優れ組立・解体が簡単な地盤改良機である。機械の特長を活かして、狭隘な箇所での施工に適している。例えば、住宅街などで作業スペースが限られているようなケースに対応することが想定される。これまで、インドネシアの国土の広さから、改良面積が広い現場に優位な工法（バーチカルドレーン工法やサンドコンパクションパイル工法など）が選択されていた。しかし、今後は土地利用の高度化、地価上昇が進むにつれて、狭隘な箇所や小規模な案件が増えることも想定される。これまでインドネシアには狭隘な箇所や小スペースに適用可能な改良技術が無かったが、中層混合処理工法を適用することによって施主の希望を実現させることができる。

4-4 本事業から得られた教訓と提言

(1) 今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓

ア) 対象国に対する理解

対象国（相手国）によって国民性、市場特性、税制など様々なことが違うため、事前のリサーチが必要。特に相手国の諸々の法律、基準等については十分配慮すること。

イ) カウンターパートに対する理解

相手側の立位置を理解すること。ものごとの優先順位・判断基準が必ずしも日本の商習慣と同じではなく、現地の商習慣以外にも宗教、民族、金銭的な価値観などが異なる。その違いによって、こちらからの「働きかけ」に対しては相手側に何らかの「負担」が生じるケースもある。これにより関係を構築できないケースもあるので、「相手の負担は何か」を広く意識する必要がある。

ウ) 受ける側のメリットの明示

「動く側」は自社の利益のために動けるが、「受ける側」のメリットを明確にすること。また動く側が考えたメリットが、必ずしも受ける側のメリットであるとは限らないことにも留意すること。

エ) 障害は常に存在する

異国の地で事業展開するのだから、日本では起こり得ないような想定外の障害が必ず発生する。諦めずに継続すること。

(2) JICA や政府関係機関に向けた提言

ア) 現地とのギャップへの理解

何事も日本国内で行うのとは大きな違いがある。面会のアポイントメントひとつとっても JICA 関係者が政府関係者にアポイントメントを入れた場合の対応と、民間企業の立場でのアポイントメントを入れる場合では、相手方の対応も大きく変わってくる。出張スケジュールなどは融通が利くような計画を認めてほしい。

イ) 帳票類の煩雑さの緩和

仕訳の必要性については理解できるが、非課税、不課税、税別記載など JICA との協議が必要なことが多いので簡略化してほしい。整理に時間がかかり過ぎる。

ウ) 相手国政府関係者との関係

カウンターパートが政府関係の場合は、JICA にも相手国政府関係者との協議に直接的な関与を強めてほしい。JICA、政府関係者の更に強い後押しがほしい。

また、円借款の STEP 案件のような本邦技術の活用を条件付けできる案件では、中層混合処理工法を積極的に工法指定いただくように調整頂き、提案工法と提案製品の施工実績の積上げに協力頂きたい。

報告書英文要約

CENTER OF GEOTECHNIC, TUNNEL, AND STRUCTURE OF
MINISTRY OF PUBLIC WORKS AND HOUSING,

And

P.T. HUTAMA KARYA

SUMMARY REPORT

Republic of Indonesia

*Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese
Technologies for Introduction of the Ground Improvement with the Middle
layer Soil Mixing Method for Development of Transport Infrastructure*

November 2022

Japan International Cooperation Agency

YBM Co., Ltd.

1) Background of the project

Indonesia consists of many islands and sits in a region with a complex plate structure. To the south of the country lies the boundary of the Indo-Australian and Eurasian Plates. In addition, the country is surrounded by several large plates such as the Pacific and the Philippine Sea Plates, as well as other smaller ones. There are the Java and Sunda Trenches on the boundary of the Indo-Australian and Eurasian Plates, and volcanoes exist along the trenches. Therefore, the country frequently suffers from earthquakes and volcanic activities. Since the country has experienced rapid economic growth in recent years, there is an urgent need to develop infrastructure to support the economy. However, the geographical condition of its many islands and the vulnerability to natural disasters have hindered its infrastructure development. As a result, Indonesia lags behind compared to neighboring countries in terms of the status of infrastructure in place.

Indonesia's infrastructure sector ranks 52nd in the IMD World Competitiveness Ranking 2022, which is lower than neighboring countries such as Singapore (12th), Malaysia (37th), and Thailand (44th).

Country	2022 Overall	Economic performance	Government efficiency	Business efficiency	Infrastructure	2021 Overall
Singapore	3	2	4	9	12	5
Malaysia	32	12	38	38	37	25
Thailand	33	34	31	30	44	28
Indonesia	44	42	35	31	<u>52</u>	37
Philippines	48	53	48	39	57	52
(Reference)						
Japan	34	20	39	51	22	31

Figure 1: Ranking by category in the 2022 World Competitiveness Ranking

Source: IMD World Competitiveness Ranking 2022 released by International Institute for Management Development

One of the reasons for this is that various types of soft ground are widely distributed in regions across Indonesia. Soft ground has low bearing power. That means it cannot bear the weight of structures and requires special treatment for constructing commercial buildings and roads on it. If ground has characteristics, including low strata compressibility, shear strength, and permeability, such ground is often considered soft ground. Soft ground is known to cause subsidence and ground collapse, not only during construction, but also many years after construction, if appropriate measures are not taken. It is required, therefore, to utilize various ground improvement technologies to prevent and resolve transportation infrastructure subsidence in Indonesia.

According to the Ministry of Public Works and Housing, approximately 10%, or 20 million hectares, of Indonesia's land area is considered as soft ground. Soft ground is viewed especially concentrating on coastal areas, including eastern coastal, northern, and southern parts of Sumatra Island, northern coastal and central parts of Java Island and western, central, and southern parts of Kalimantan Island, as shown in Figure 2.

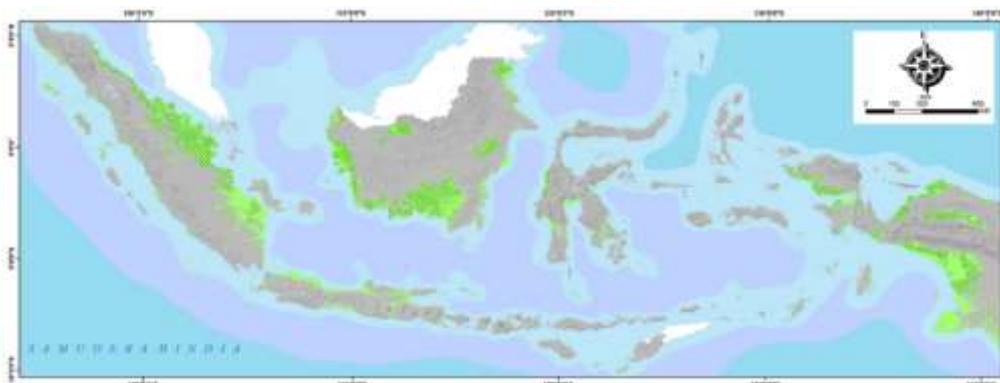


Figure 2: Distribution of Soft Ground in Indonesia

Note: Soft ground areas are indicated in green on the map.

2) Purpose of the Project

Middle layer Soil Mixing Method is widely used in Japan but has not yet been applied in Indonesia. The purposes of this project include to test and demonstrate the effectiveness and superiority of the method. Furthermore, this project targets the technical standards specification of the method to be developed and approved by the Ministry of Public Works and Housing, and the method and the proposed products to be recognized by the civil engineering and construction industries in the country.

3) Introduction of Proposed Method and Product

a. Middle layer Soil Mixing Method

Middle layer Soil Mixing Method forms end-supported piles with mixed cement milk and soil (soil-cement mixing piles) at regular intervals within a construction site, which results in the improvement of soft ground conditions. The piles are formed by drilling ground, mixing the soil and cement milk down to a depth of approximately 15 m and allowing the piles to solidify.

Method	Middle layer Soil Mixing Method
Schematic Diagram	
Overview	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Make cement column in soft soil to gain strength, and build structures.
Merit	<ul style="list-style-type: none"> ▪ High effect of improvement ▪ Short construction period ▪ Less effect or damage to surrounding areas ▪ Low labor cost and other expenses by short construction period.
Strength	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Able to adjust to the precisely required strength certainly by doing laboratory mixing test before actual work

Figure 3: Characteristics of Middle layer Soil Mixing Method

One of the advantages of the Middle layer Soil Mixing Method over other methods, e.g., the Vertical Drain and Compaction Pile Methods, is that it enables controlling the strength of the soil. The method also enables building high-strength improvements with approximately even levels of strength among the improvements and improving narrow areas of ground that are usually difficult to improve. By taking advantage of those features, it is applicable to securing the stability of temporary earth retaining walls, implementing liquefaction countermeasures, and building foundations for non-civil engineering architectural structures, in addition to constructing foundations for various structures and embankments.

b. Proposed Products to construct Middle layer Soil Mixing Method

A Grout pump (SG model) and a Rotary drilling rig (GI model) of YBM Co., Ltd and mixing plant are required to construct Middle layer Soil Mixing Method. The roles of each product for constructing cement columns in soft soil are:

- (a) A mixing plant preparing cement milk;
- (b) A grout pump (SG model) delivering the cement milk to a rotary drilling rig (GI model);
- (c) A rotary drilling rig mixing soil and the cement milk.



(b) Grout Pumps SG-Series

(c) Rotary Drill GI-Series

Figure 3: Pictures of Necessary Products

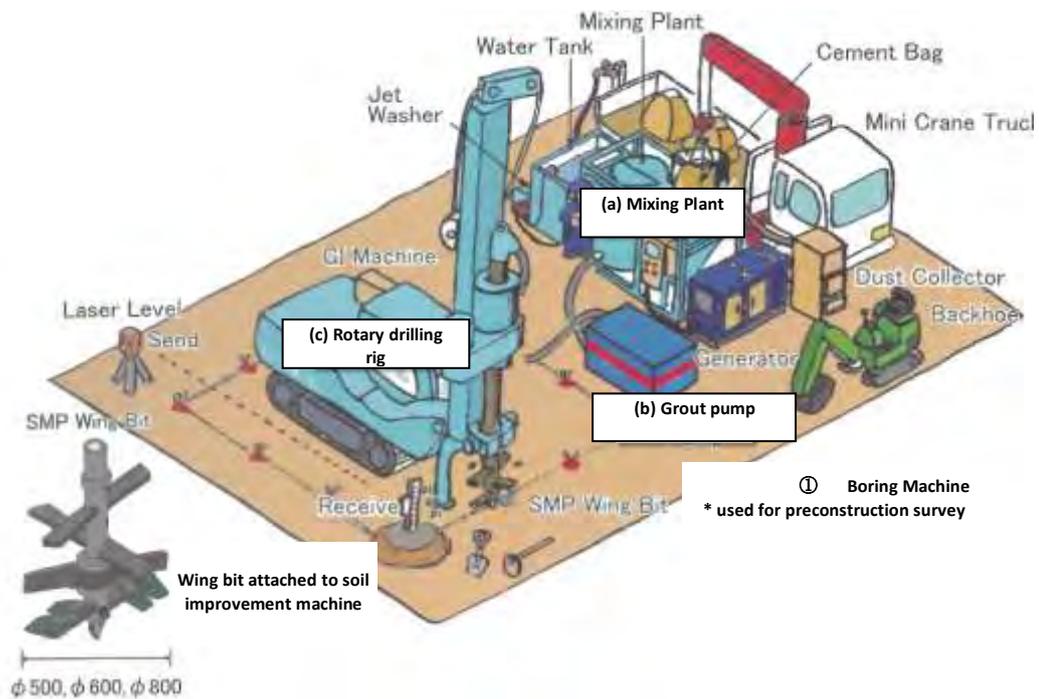


Figure 4: A complete set of machinery for the Middle layer Mixing Method



Figure 5: Demonstration construction

4) Implementing Organizations

Japanese Side: YBM Co., Ltd.

Indonesian Side: 1) Center of Geotechnic, Tunnel, and Structure, Ministry of Public Works and Housing *Former organization: Institute of Road Engineering, Ministry of Public Works and Housing (IRE)³
2) P.T. HUTAMA KARYA

³ Due to the government reorganization implemented in June 2020, the Institute of Road Engineering, the organization under the Ministry of Public Works and Housing was renamed as the Center of Geotechnic, Tunnel, and Structure. Therefore, references to the Institute of Road Engineering in this report should be read as the Center of Geotechnic, Tunnel, and Structure.

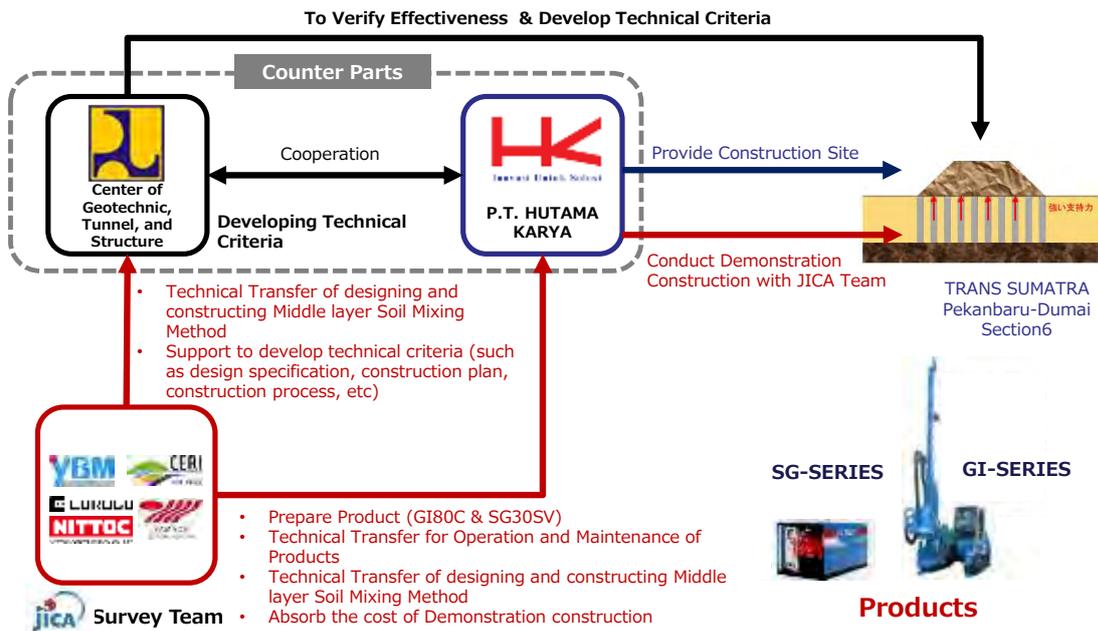


Figure 6: Implementing Organization and Summary of Activities

5) Location of Demonstration Construction

The designated site for the demonstration construction is between Pekanbaru and Dumai in Trans-Sumatran Highway at Riau Province on the island of Sumatra.

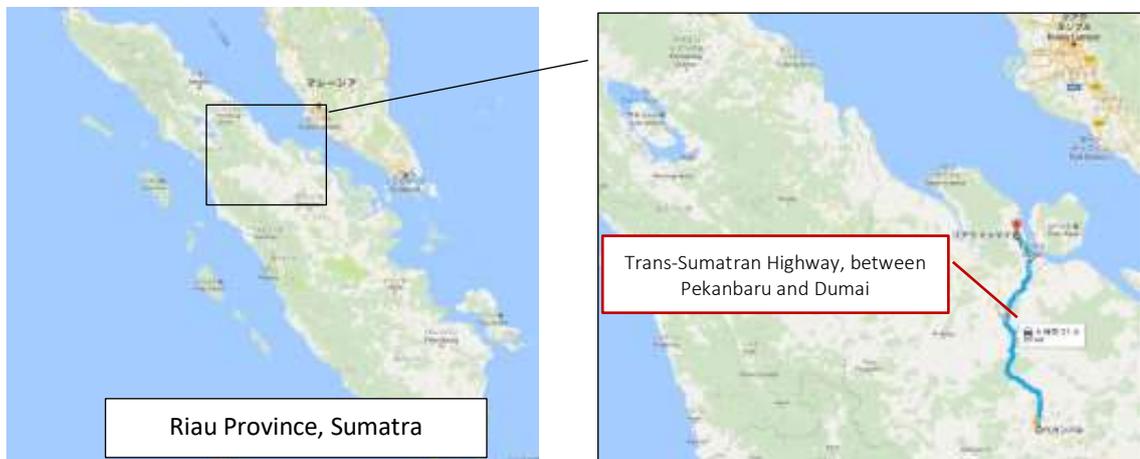


Figure 7: Location of Demonstration Construction

6) Duration of this Survey

From December 2018 to January 2023.

7) Target Goals and Outcomes of this survey

7-1-1. Target Goal 1:

To demonstrate the ground improvement effectiveness of the Middle layer Soil Mixing Method in Indonesia using the proposed products.

7-1-2. Activities Related to the Target Goal 1:

- 1-1: To predict and evaluate significant environmental and social impacts related to the test construction, including conducting hexavalent chromium elution tests, prepare and implement mitigation measures and a draft monitoring plan, and update environmental checklists.
- 1-2: To conduct laboratory mixing experiments, unconfined compression tests, and a survey on cement procurement suitable for organic soils in the tropics, targeting for several local cement manufacturers to ensure the strength of soil improvement.
- 1-3: To draw up a design, construction plan for the test site in collaboration with engineers of PT. HUTAMA KARYA.
- 1-4: To conduct test construction.
- 1-5: To conduct test after the test construction in collaboration with the Institute of Road Engineering (currently the Center of Geotechnic, Tunnel, and Structure, Ministry of Public Works and Housing) to verify the effectiveness of the ground improvement.
- 1-6: To conduct cost and other comparison of the proposed method with existing ground improvement methods in the country, such as the vertical drain method, throughout the test construction.

7-1-3. Outcomes of Target Goal 1:

We implemented the Middle layer Soil Mixing Method for the first time in Indonesia at the Pekanbaru-Dumai construction site of the Trans-Sumatran Highway from early to mid-July 2019. The ground improvement effect exceeded the target strength, proving that the method was sufficiently effective. Later, on July 25, both parties signed the documents at the head office of P.T. Hutama Karya for the transfer of ownership of the proposed products and the created improved piles, completing the transfer of the proposed products and the improvements to P.T. Hutama Karya. The three existing methods widely used in Indonesia (the Vertical Drain, Compaction Pile, and Pile Slab Methods) and the Middle Layer Soil Mixing Method were examined in terms of cost, applicable soil types, characteristics, and the practicality. It was found that the Vertical Drain Method is superior for sites with clayey soil, alternating strata in soil, organic soil, and a long construction period. Meanwhile, the Middle layer Soil Mixing Method outperformed the Compaction Pile and Pile Slab Methods depending on the construction conditions.



Overhead View of the Test Construction Site



Figure 8: Test Construction Site

7-2-1. Target Goal 2:

Regarding the operation of the proposed products and designing method and construction procedure of the Middle Layer Soil Mixing Method, to transfer the technology to PT. HUTAMA KARYA, so that the state-owned construction company can establish a maintenance management system.

7-2-2. Activities for Target Goal 2:

- 2-1: To invite civil engineers and equipment operators of PT. HUTAMA KARYA to Japan and train them on operation and maintenance at the site of the company that proposed the method and products.
- 2-2: To instruct civil engineers of PT. HUTAMA KARYA on required matters for implementing the Middle layer Soil Mixing Method, including preliminary geological survey, verification of cement mixing quantity, construction method, and safety management.
- 2-3: To train civil engineers and equipment operators of PT. HUTAMA KARYA by conducting practical operation training at the demonstration site in Indonesia in order to develop them to be able to operate the products and implement the method.
- 2-4: To make a list of local partner candidates who will be responsible for maintenance and management of the proposed products.

7-2-3. Outcomes of Target Goal 2:

We transferred the technology for engineers and operators of P.T. HUTAMA KARYA through a series of practical guidance on the operation and maintenance of the proposed products during the test construction period. Regarding the designing and construction procedures related to the Middle layer Soil Mixing Method, basic knowledge/skills and technology were transferred through guidance and information sharing in the process of preparing technical specifications developed jointly with the Center of Geotechnic, Tunnel, and Structure. It was confirmed that the transferred proposed products will be managed by the Systems, IT & Technology Research Division of P.T. HUTAMA KARYA.



Figure 9: Technology Transfer for Operation of the Proposed Products

7-3-1. Target Goal 3:

To ensure that a draft technical standards specification for the Middle layer Soil Mixing Method is drawn up by the Institute of Road Engineering under the Ministry of Public Works and Housing and submitted to an internal committee of the institute.

7-3-2. Activities related to Target Goal 3:

- 3-1: To invite members of three organizations under the Ministry of Public Works and Housing (Institute of Road Engineering, Directorate General of Highways, and Research and Development Agency) and PT. HUTAMA KARYA to Japan with the aim of promoting understanding of the Middle Layer Soil Mixing Method by introducing case studies of the method and guiding them to construction site visits.
- 3-2: To provide the necessary information for the test construction, so that the Institute of Road Engineering can compare and analyze the new method with other ones.
- 3-3: To collect and provide the information necessary for the Institute of Road Engineering to draw up a technical standards specification.

7-3-3. Outcomes of Target Goal 3:

We invited six members of P.T. HUTAMA KARYA to Japan from March 10 to 16, 2019, and gave them an opportunity to enhance their knowledge of the Middle layer Soil Mixing Method. At least one researcher from the Center of Geotechnic, Tunnel, and Structure under the Ministry of Public Works and Housing was stationed for the duration of the test construction period to confirm the series of steps from preparation to completion of the test construction in detail, to exchange opinions, and to deepen understanding toward the development of a technical standards specification suitable for Indonesia. In August 2022, the draft technical standards specification was completed by the responsible department in the Center of Geotechnic, Tunnel, and Structure, and after being reviewed by an internal committee of the center, it has gone through the official approval process of the Ministry of Public Works and Housing. The Middle layer Soil Mixing Method is expected to be applicable to public works projects in Indonesia around by the spring of 2023.

Cover page of the technical standards specification	Page 7 of the technical standards specification	Application letter issued by the department in charge

Figure 10: Technical Standards Specification

7-4-1. Target Goal 4:

To ensure that the Middle layer Soil Mixing Method and the proposed products to be recognized by the related parties of the civil engineering and construction industry in Indonesia, and that the business development plan to be formulated.

7-4-2. Activities for Target Goal 4:

- 4-1: To hold observation of test construction and debriefing of verification results for private construction companies (e.g., general contractors, ground improvement contractors, foundation contractors, construction consultants) to introduce examples of construction and application of the Middle layer Soil Mixing Method.
- 4-2: To hold observation of test construction and debriefing of verification results for three organizations under the Ministry of Public Works and Housing (Institute of Road Engineering, Directorate General of Highways, and Research and Development Agency) and regional offices (balai) of the ministry to introduce examples of construction and applications of the Middle layer Soil Mixing Method.
- 4-3: To conduct a survey to identify local distributors and maintenance companies that can become local partners.
- 4-4: To formulate a business development plan.

7-4-3. Outcomes of Target Goal 4:

In July 2019, we conducted a site visit to the test construction that had been done as part of the activities under Outcomes of Target Goal 1. At the site visit, a total of 77 people, including members of P.T. HUTAMA KARYA, the Ministry of Public Works and Housing's Center of Geotechnic, Tunnel, and Structure and regional offices, Riau Provincial Government, and people associated with universities, as well as JICA survey team members, were introduced about Middle layer Soil Mixing Method and the proposed products. Subsequently, in June 2022, we held an online workshop to promote and expand awareness of the proposed products and method, which attracted nearly 2,000 participants from all 34 provinces of Indonesia. The workshop contributed to receiving the wide recognition of the method and proposed products among university students and teachers, civil servants, and companies in the civil engineering and construction industry. In addition, it was a great achievement to make the method and products known to the technical department of P.T. HUTAMA KARYA, which was not directly involved in the project. Meanwhile, the results of the questionnaire survey conducted at the workshop clearly showed that awareness of the Middle layer Soil Mixing Method is low, even among civil engineering and construction industry professionals, and that continued promotional activities will be necessary in the future.



Figure 11: Digital flyer for Online Workshop



Figure 12: Online Workshop in June 2022

8) Business Development Plan of YBM Co., Ltd

At present, awareness of the construction method is low, and there are no actual construction results in Indonesia other than the test construction. The short-term plan for the next one to three years is to continue the business model where the proposed products are manufactured in Japan and exported to users or to distributors in Indonesia, while market development activities, including information gathering and advertising, are done by YBM representative office. As the representative office is limited in its scope of operations to doing information gathering and advertising, it cannot engage in profit-making activities and maintenance work and cannot become a consignee of products to be exported. Therefore, sales activities are limited to direct export from the head office in Japan to users or sales through distributors. In addition, maintenance services should be provided through distributors or maintenance companies.

Republic of Indonesia

Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese technologies for Introduction of the Ground Improvement with the Middle layer Soil Mixing Method for Development of Transport Infrastructure
 YBM Co., Ltd. , Saga Prefecture, Japan

Concerned Development Issues in Republic of Indonesia

- Soft ground is wide which do not shows expected effect with existing ground improvement method.
- Multiple ground improvement methods available in Indonesia, but still has lack of soft ground improvement method.

Proposed Products/Technologies



Impact on the Concerned Development Issues in Republic Indonesia

Acquire technique and method to prevent economic infrastructure from sinking caused by the soft ground conditions and would minimize damages from earthquakes in soft ground regions.

Implemented Activities in the Survey

To verify the utilization and advantages of Middle layer Soil Mixing Method, in order to contribute towards preventing road infrastructure from subsidence damage due to soft soil condition. The project also aims to raise awareness of this method and proposed technology to civil engineering and construction industry stakeholders.

- **Proposed Method**
- Middle Layer Soil Mixing Method
- **Proposed Technologies**
- Rotary Drilling Rig "G180C"
- Grout Pump "SG30SV"

Survey Overview

- **Name of Counterpart:**
- * Institute of Road Engineering, Ministry of Public Works and Housing (IRE)
- * PT.HUTAMA KARYA
- **Survey duration :**
- December 2018 - January 2023
- **Survey Area:**
- Section 6 of the Trans-Sumatran Highway in Riau Province

Outputs and Outcomes of the Survey

- Output 1: The effectiveness of Middle layer Soil Mixing Method by using Proposed Products for soil improvement is verified.
- Output 2: Operation and maintenance of Proposed Products, and knowledge of designing method and construction procedure of Middle layer Soil Mixing Method are transferred.
- Output 3: Technical Criteria of Middle layer soil mixing method is developed.
- Output 4: Awareness of Middle layer Soil Mixing Method and Proposed Products is raised.

添付資料

添付資料 1 : 環境社会配慮スコーピング

添付資料 2 : 環境チェックリスト

添付資料 3 : 六価クロム溶出試験結果

添付資料 4 : (公共事業省地盤・トンネル・構造物センターによる) 提案工法とパイルスラ
ブ工法の比較 (インドネシア語)

添付資料 1 : 環境社会配慮スコ어링

物理的環境 と汚染	工事前・ 工事中	供用時	予想される影響・評価
大気汚染/ 粉塵	B-	D	<p><工事前・工事中> 工事に伴い発生するトラック交通と重機使用が原因で粉塵が生じる可能性がある。 オゾン層に影響するフロンを使用しないが、重機は使用するため Co2 は発生するため、無用な運転などはせず、削減に貢献する。</p> <p><供用時> 周辺大気に悪影響を及ぼす可能性は極めて少ない。</p>
水質汚濁	D	D	<p><工事前・工事中> 施工予定付近は住民も生活しておらず、生活用水に使用する河川、井戸等も無いため、水質に影響を与えない。</p> <p><供用時> 水質に悪影響を及ぼす可能性はない。</p>
土壌汚染	B-	D	<p><工事前・工事中> セメント系固化材を使用するため、六価クロム溶出試験を実施する。本件では、上記試験結果から日本の基準内のため影響は無いと判定する。</p> <p><供用時> 影響の有無を確認するため、六価クロム溶出試験の実施を徹底する。</p>
廃棄物	D	D	<p><工事前・工事中> セメント袋と残土が廃棄物対象となる。セメント袋は、廃棄物処理場にて処分する。また残土は、工事用道路の埋め戻し等に再利用する。</p> <p><供用時> 廃棄物の発生する可能性はない。</p>
騒音	B-	D	<p><工事前・工事中> 低騒音型の重機、発電機等を使用すると共に、作業時間の限定等による騒音の影響を最小限に抑える。</p> <p><供用時> 騒音が生じる可能性はない。</p>
悪臭	D	D	<p><工事前・工事中> 悪臭を生じさせる要因は無い。</p> <p><供用時> 悪臭を生じさせる要因は無い。</p>
地盤沈下	D	D	<p><工事前・工事中> 本事業は、地盤沈下対策および軟弱地盤改良を目的とした工事である。本工事により周辺の引き込み沈下等が生じる工法ではないため、周辺への影響もない。</p> <p><供用時> 地盤沈下の要因は無い。</p>
自然環境リスク			
自然保護区	D	D	<p><工事前・工事中> 施工対象地は自然保護区では無く、周辺は民間のアブラヤシ農園であり、自然保護区へ影響を及ぼさない。</p> <p><供用時> 施工対象地は自然保護区では無く、近隣は民間のアブラヤシ農園であり、自然保護区へ影響を及ぼさない。</p>

自然生息地	D	D	<p><工事前・工事中> 施工対象地の周辺は、民間のアブラヤシ農園であり管理された農地である。したがって、本件の実施による自然生息地の直接的影響は殆ど無いと考えられる。</p> <p><供用時> 上記の理由により、影響を及ぼさない。</p>
生物多様性	D	D	<p><工事前・工事中> 施工対象地の周辺は、民間のアブラヤシ農園であり管理された農地である。鳥類等が生息するが、現状のまま変化が無いことから、鳥類に重大な影響は与えないと考えている。</p> <p><供用時> 本件の実施による生物多様性への影響は殆ど無いと考えられる。</p>
地盤の安定性と侵食リスク	D	D	<p><工事前・工事中> 本事業は、地盤沈下対策および軟弱地盤改良による地盤の安定する工事である。本工事により周辺の引き込み沈下等が生じる工法ではないため、周辺への侵食リスクもない。</p> <p><供用時> 軟弱地盤改良による地盤の安定する工法であるため、安定性は向上し、侵食リスクは減少する。</p>
地形及び地質	D	D	<p><工事前・工事中> 本事業は、軟弱地盤改良によって地質を変化させ、地盤を安定される工事である。地質条件を踏まえた改良を行う工法であるため地質にも悪影響は生じさせない。また、本工事規模は72m²の小規模であり、地形に悪影響を及ぼす可能性は極めて低い。</p> <p><供用時> 特に無し。</p>
水象	D	D	<p><工事前・工事中> 近隣に河川、湖は無く、影響を及ぼすことはない。</p> <p><供用時> 影響はない。</p>
洪水リスク	D	D	<p><工事前・工事中> 近隣に海、河川、湖は無く、影響を及ぼすことはない。</p> <p><供用時> 影響はない。</p>
社会環境			
非自発的住民移転	D	D	<p><工事前・工事中> 施工対象地の周辺は、民間のアブラヤシ農園であり、家屋も無い管理された農地である。</p> <p><供用時> 影響を及ぼすことは無い。</p>
住居以外の構造物の意志に反した喪失あるいは破壊	D	D	<p><工事前・工事中> 本工事はスマトラ縦断高速道路の建設計画地内で実施するため、施工対象地は完全に造成地である。したがって、構造物の喪失あるいは破壊は発生しない。</p> <p><供用時> 影響を及ぼすことは無い。</p>

農地、未収穫作物及び小低木植え込み地の喪失	D	D	<p><工事前・工事中> 近隣には民間の農地が広がっているが、施工対象地はスマトラ縦断高速道路の建設計画地内となり、完全に造成地である。したがって、農地、未収穫作物などの喪失は発生しない。</p> <p><供用時> 影響を及ぼすことは無い。</p>
生活手段、貧困、脆弱性	D	D	<p><工事前・工事中> 施工対象地の周辺は、民間のアブラヤシ農園であり、住民は生活していない。</p> <p><供用時> 影響を及ぼすことは無い。</p>
少数民族	D	D	<p><工事前・工事中> 施工対象地の周辺は、民間のアブラヤシ農園であり、少数民族も存在しない。</p> <p><供用時> 影響を及ぼす事はない。</p>
地域経済／雇用	B+	B+	<p><工事前・工事中> 本事業の実施によって、工事期間中の労働力となる対象地域のワーカーの雇用機会を提供できる。</p> <p><供用時> カウンタパートが本工法を継続して適用する事になった場合、ワーカーの雇用機会をもたらす。</p>
用地及び地域資源の利用	D	D	<p><工事前・工事中> 工事用地はスマトラ縦断高速道路の建設計画地内で、造成地となっており特に地域資源は無い。</p> <p><供用時> 影響を及ぼす事はない。</p>
水資源	D	D	<p><工事前・工事中> 近隣に河川、湖は無く、影響を及ぼすことはない。</p> <p><供用時> 影響を及ぼす事はない。</p>
公共インフラ及び社会事業	D	D	<p><工事前・工事中> 本工事に使用する資機材等は、スマトラ縦断高速道路の建設用搬入路を利用するため、公共インフラへの交通渋滞などを誘発する可能性は無い。</p> <p><供用時> 影響を及ぼす事はない。</p>
地域コミュニティの組織	D	D	<p><工事前・工事中> 施工対象地の周辺は、民間のアブラヤシ農園であり、地域コミュニティは存在しない。</p> <p><供用時> 影響を及ぼす事はない。</p>
利益の分配、社会的な公平性	D	D	<p><工事前・工事中> 工事中におけるワーカーの雇用に期待できる。</p> <p><供用時> 影響を及ぼす事はない。</p>
地域的な利害対立	D	D	<p><工事前・工事中> 影響を及ぼす事はない。</p> <p><供用時> 影響を及ぼす事はない。</p>

歴史・文化遺産	D	D	<工事前・工事中> 工事対象地や周辺には歴史・文化遺産は無いため、影響は無い。 <供用時> 影響を及ぼす事はない。
景観	D	D	<工事前・工事中> 特に配慮すべき景観は存在しないため、影響は無い。 <供用時> 影響を及ぼす事はない。
ジェンダー及び子どもの権利	D	D	<工事前・工事中> 工事対象地の周辺は、民間のアブラヤシ農園であり、地域コミュニティは存在しない。 <供用時> 影響を及ぼす事はない。
エイズ、性病及び衛生	D	D	<工事前・工事中> 影響が生じる可能性はない。 <供用時> 影響が生じる可能性はない。
労働保健衛生／職場での安全	D	D	<工事前・工事中> 安全ブーツ、ベスト、ヘルメットなどの安全器具の着用を徹底する。 <供用時> 影響が生じる可能性はない。

A+/- : プロジェクトは大きな好/悪影響を及ぼす可能性がある。 B+/- : プロジェクトは小さな好/悪影響を及ぼす可能性がある。 C+/- : プロジェクトの好/悪影響の範囲は不明である(補足的な調査が必要であり、調査の進捗に応じて、より適切な影響評価を行うことができる) D : プロジェクトが環境に好/悪影響を及ぼす可能性はない。

添付資料 2 : 環境チェックリスト

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/No の理由、根拠、緩和策等)
1 許認可・説明	(1)EIA および環境許認可	(a) 環境アセスメント報告書 (EIA レポート)等は作成済みか。 (b) EIA レポート等は当該国政府により承認されているか。 (c) EIA レポート等の承認は付帯条件を伴うか。付帯条件がある場合は、その条件は満たされるか。 (d) 上記以外に、必要な場合には現地の所管官庁からの環境に関する許認可は取得済みか。	(a) N (b) N (c) N (d) N	(a) 該当しない (b) 該当しない (c) 該当しない (d) 該当しない
	(2)現地ステークホルダーへの説明	(a) プロジェクトの内容および影響について、情報公開を含めて現地ステークホルダーに適切な説明を行い、理解を得ているか。 (b) 住民等からのコメントを、プロジェクト内容に反映させたか。	(a) Y (b) N	(a) カウンターパートの PT. Hutama Karya ならびに公共事業省道路橋梁研究所に説明済みである。 (b) 近隣住民はいない。
	(3)代替案の検討	(a) プロジェクト計画の複数の代替案は (検討の際、環境・社会に係る項目も含めて) 検討されているか。	(a) N	(a) 極めて小規模 (72 平米) の事業であり、許認可が不要である。
2 汚染対策	(1)大気質	(a) 通行車両等から排出される大気汚染物質による影響はあるか。当該国の環境基準等と整合するか。 (b) ルート付近において大気汚染状況が既に環境基準を上回っている場合、プロジェクトが更に大気汚染を悪化させるか。大気質に対する対策は取られるか。	(a) Y (b) N	(a) 工事に伴い発生するトラック交通と重機使用が原因で粉塵が生じる可能性がある。オゾン層に影響するフロンを使用しないが、重機は使用するため Co2 は発生するため、無用な運転などはせず、削減に貢献する。 (b) 該当しない
	(2)水質	(a) 盛土部、切土部等の表土露出部からの土壌流出によって下流水域の水質が悪化するか。 (b) 路面からの流出排水が地下水等の水源を汚染するか。 (c) パーキング/サービスエリア等からの排水は当該国の排出基準等と整合するか。また、排出により当該国の環境基準と整合しない水域が生じるか。	(a) N (b) N (c) N	(a) 該当しない (b) 該当しない (c) 該当しない
	(3)廃棄物	(a) パーキング/サービスエリア等からの廃棄物は当該国の規定に従って適切に処理・処分されるか。	(a) N	(a) 該当しない
	(4)騒音・振動	(a) 通行車両による騒音・振動は当該国の基準等と整合するか。	(a) Y	(a) 提案製品はインドネシアの工業地の騒音基準 70dB 以下である。
3 環境自然	(1)保護区	(a) サイトは当該国の法律・国際条約等に定められた保護区内に立地するか。プロジェクトが保護区に影響を与えるか。	(a) N	(a) 該当しない

	(2)生態系	<p>(a) サイトは原生林、熱帯の自然林、生態学的に重要な生息地（珊瑚礁、マングローブ湿地、干潟等）を含むか。</p> <p>(b) サイトは当該国の法律・国際条約等で保護が必要とされる貴重種の生息地を含むか。</p> <p>(c) 生態系への重大な影響が懸念される場合、生態系への影響を減らす対策はなされるか。</p> <p>(d) 野生生物及び家畜の移動経路の遮断、生息地の分断、動物の交通事故等に対する対策はなされるか。</p> <p>(e) 道路が出来たことによって、開発に伴う森林破壊や密猟、砂漠化、湿原の乾燥等は生じるか。外来種（従来その地域に生息していなかった）、病害虫等が移入し、生態系が乱される恐れはあるか。これらに対する対策は用意されているか。</p> <p>(f) 未開発地域に道路を建設する場合、新たな地域開発に伴い自然環境が大きく損なわれるか。</p>	<p>(a) N</p> <p>(b) N</p> <p>(c) N</p> <p>(d) N</p> <p>(e) N</p> <p>(f) N</p>	<p>(a) 該当しない</p> <p>(b) 該当しない</p> <p>(c) 該当しない</p> <p>(d) 該当しない</p> <p>(e) 該当しない</p> <p>(f) 周辺環境は民間企業によって管理されたアブラヤシ農園である。</p>
3 自然環境	(3)水象	(a) 地形の改変やトンネル等の構造物の新設が地表水、地下水の流れに悪影響を及ぼすか。	(a)N	(a) 該当しない
	(4)地形・地質	<p>(a) ルート上に土砂崩壊や地滑りが生じそうな地質の悪い場所はあるか。ある場合は工法等で適切な処置がなされるか。</p> <p>(b) 盛土、切土等の土木作業によって、土砂崩壊や地滑りは生じるか。土砂崩壊や地滑りを防ぐための適切な対策がなされるか。</p> <p>(c) 盛土部、切土部、土捨て場、土砂採取場からの土壌流出は生じるか。土砂流出を防ぐための適切な対策がなされるか。</p>	<p>(a)Y</p> <p>(b)N</p> <p>(c)N</p>	<p>(a) 建設機材の搬入ルートも軟弱地盤ゆえ、雨天対策として砂利敷きや鉄板敷き等の対応をする。</p> <p>(b) 該当しない</p> <p>(c) 該当しない</p>
4 社会環境	(1)住民移転	<p>(a) プロジェクトの実施に伴い非自発的住民移転は生じるか。生じる場合は、移転による影響を最小限とする努力がなされるか。</p> <p>(b) 移転する住民に対し、移転前に補償・生活再建対策に関する適切な説明が行われるか。</p> <p>(c) 住民移転のための調査がなされ、再取得価格による補償、移転後の生活基盤の回復を含む移転計画が立てられるか。</p> <p>(d) 補償金の支払いは移転前に行われるか。</p> <p>(e) 補償方針は文書で策定されているか。</p> <p>(f) 移転住民のうち特に女性、子供、老人、貧困層、少数民族・先住民族等の社会的弱者に適切な配慮がなされた計画か。</p>	<p>(a)N</p> <p>(b)N</p> <p>(c)N</p> <p>(d)N</p> <p>(e)N</p> <p>(f)N</p> <p>(g)N</p> <p>(h)N</p> <p>(i)N</p> <p>(j)N</p>	<p>(a) 該当しない</p> <p>(b) 該当しない</p> <p>(c) 該当しない</p> <p>(d) 該当しない</p> <p>(e) 該当しない</p> <p>(f) 該当しない</p> <p>(g) 該当しない</p> <p>(h) 該当しない</p> <p>(i) 該当しない</p> <p>(j) 該当しない</p>

	<p>(g) 移転住民について移転前の合意は得られるか。</p> <p>(h) 住民移転を適切に実施するための体制は整えられるか。十分な実施能力と予算措置が講じられるか。</p> <p>(i) 移転による影響のモニタリングが計画されるか。</p> <p>(j) 苦情処理の仕組みが構築されているか。</p>		
(2)生活・生計	<p>(a) 新規開発により道路が設置される場合、既存の交通手段やそれに従事する住民の生活への影響はあるか。また、土地利用・生計手段の大幅な変更、失業等は生じるか。これらの影響の緩和に配慮した計画か。</p> <p>(b) プロジェクトによりその他の住民の生活に対し悪影響を及ぼすか。必要な場合は影響を緩和する配慮が行われるか。</p> <p>(c) 他の地域からの人口流入により病気の発生（HIV等の感染症を含む）の危険はあるか。必要に応じて適切な公衆衛生への配慮が行われるか。</p> <p>(d) プロジェクトによって周辺地域の道路交通に悪影響を及ぼすか（渋滞、交通事故の増加等）。</p> <p>(e) 道路によって住民の移動に障害が生じるか。</p> <p>(f) 道路構造物（陸橋等）により日照障害、電波障害を生じるか。</p>	<p>(a)N</p> <p>(b)N</p> <p>(c)N</p> <p>(d)N</p> <p>(e)N</p> <p>(f)N</p>	<p>(a)本事業の試験施工高速道路建設対象地で実施するが、道路建設に直接関与する行為ではないため該当しない。</p> <p>(b)上記に同じ</p> <p>(c)上記に同じ</p> <p>(d)周辺には県道や市道などの一般道は無い。</p> <p>(e)近隣に住民はいない。</p> <p>(f)上記に同じ</p>
(3)文化遺産	<p>(a) プロジェクトにより、考古学的、歴史的、文化的、宗教的に貴重な遺産、史跡等を損なう恐れはあるか。また、当該国の国内法上定められた措置が考慮されるか。</p>	<p>(a)N</p>	<p>(a)該当しない</p>
(4)景 観	<p>(a) 特に配慮すべき景観が存在する場合、それに対し悪影響を及ぼすか。影響がある場合には必要な対策は取られるか。</p>	<p>(a)N</p>	<p>(a)特に配慮する景観は存在しない。</p>
(5)少数民族、先住民	<p>(a) 当該国の少数民族、先住民の文化、生活様式への影響を軽減する配慮がなされているか。</p> <p>(b) 少数民族、先住民の土地及び資源に関する諸権利は尊重されるか。</p>	<p>(a)N</p> <p>(b)N</p>	<p>(a)該当しない</p> <p>(b)該当しない</p>
4 社会環境	<p>(6)労働環境</p> <p>(a) プロジェクトにおいて遵守すべき当該国の労働環境に関する法律が守られるか。(b) 労働災害防止に係る安全設備の設置、有害物質の管理等、プロジェクト関係者へのハード面での安全配慮が措置されているか。(c) 安全衛生計画の策定や作業員等に対する安全教育（交通安全や公衆衛生を含む）の実施等、プロジェクト関係者へのソフト面での対応が計画・実施されるか。(d) プロジェクトに関係する警備要員が、プロジェクト関係者・地域住民の</p>	<p>(a)Y(b)Y(c)Y(d)Y</p>	<p>(a)直接雇用の労働者は無いが、委託先の労働者に対しては、委託先に労働環境を守るよう指示をする。(b)安全ブーツ、ベスト、ヘルメットなどの安全器具の着用を徹底する。(c)PT. Hutama Karyaによる安全教育が徹底されており、順守する約束である。(d)PT. Hutama Karya</p>

		安全を侵害することのないよう、適切な措置が講じられるか。		
5 そ の 他	(1) 工事中の影響	(a) 工事中の汚染（騒音、振動、濁水、粉じん、排ガス、廃棄物等）に対して緩和策が用意されるか。 (b) 工事により自然環境（生態系）に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。 (c) 工事により社会環境に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。	(a)N (b)N (c)N	(a) 提案製品による騒音、排ガスは日本での基準をクリアしており、インドネシアでも問題が無い。ただし、工事の際には各汚染の可能性に配慮して対応する。 (b) 該当しない (c) 該当しない
	(2) モニタリング	(a) 上記の環境項目のうち、影響が考えられる項目に対して、事業者のモニタリングが計画・実施されるか。 (b) 当該計画の項目、方法、頻度等どのように定められているか。 (c) 事業者のモニタリング体制（組織、人員、機材、予算等とそれらの継続性）は確立されるか。 (d) 事業者から所管官庁等への報告の方法、頻度等は規定されているか。	(a)N (b)N (c)N (d)N	(a) 造成した改良杭は残地物として埋め戻され、支持地盤の一部として取り扱われる（支持力無しとして扱われる）ため、モニタリングは実施されない。 (b) 該当しない (c) 該当しない (d) 該当しない
6 留 意 点	他の環境チェックリストの参照	(a) 必要な場合は、林業に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること（大規模な伐採を伴う場合等）。 (b) 必要な場合には送電線・配電に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること（送変電・配電施設の建設を伴う場合等）。	(a)N (b)N	(a) 該当しない (b) 該当しない
	環境チェックリスト使用上の注意	(a) 必要な場合には、越境または地球規模の環境問題への影響も確認する。 （廃棄物の越境処理、酸性雨、オゾン層破壊、地球温暖化の問題に係る要素が考えられる場合等）	(a)N	(a) 該当しない

添付資料 3 : 六価クロム溶出試験結果

No	Soil	Cement Type	Cement Ratio	W/C	Hexavalent Test	Photo
1	STA 8+575 Upper	Semen Padang	100 Kg/m ³	100%	0.05	
	STA 8+575 Middle	Semen Padang	50 Kg/m ³	100%	0.05	
	STA 8+575 Lower	Semen Padang	50 Kg/m ³	100%	0.05	
2	STA 8+585 Upper 2	Semen Padang	100 Kg/m ³	100%	0.05	
	STA 8+585 Upper 1	Semen Padang	100 Kg/m ³	100%	0.05	
	STA 8+585 Middle	Semen Padang	50 Kg/m ³	100%	0.05	
	STA 8+585 Lower	Semen Padang	50 Kg/m ³	100%	0.05	
3	STA 8+600 Upper	Semen Padang	100 Kg/m ³	100%	0.05	
	STA 8+600 Middle	Semen Padang	50 Kg/m ³	100%	0.05	
	STA 8+600 Lower	Semen Padang	50 Kg/m ³	100%	0.05	

添付資料 4. 提案工法とパイルスラブ工法の比較 (インドネシア語)

非公開情報とする