

## 第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

### 2.1 提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み

#### 2.1.1 軟弱地盤対策の業界分析

##### (1) 我が国における軟弱地盤対策の市場規模

我が国の国内総支出（Gross Domestic Expenditure : GDE）の10%程度が建設投資額（図 2.1.1 参照）であり、さらにその内の軟弱地盤上での構造物の沈下対策又は、滑り破壊防止（支持力増加）対策等の地盤改良に係わるコストは地域、施工場所、施設規模により異なるが10%～70%と報告されている（図 2.1.2 参照）。このことから、少なくとも建設投資額の10%程度が地盤改良費用となり、平成24年度の建設投資額の土木工事が約20兆円であることから、毎年約2兆円規模の地盤改良の需要が見込まれている。

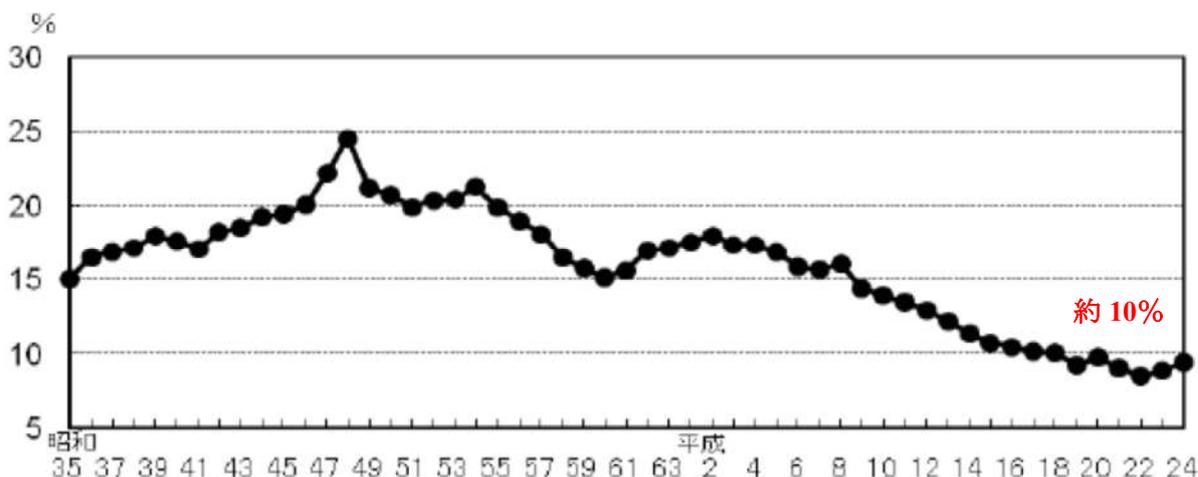


図 2.1.1 建設投資の国内総生産に占める比率（約10%）  
出典；平成24年度建設投資見通し：国土交通省 総合政策局

## 軟弱地盤に対してのコスト

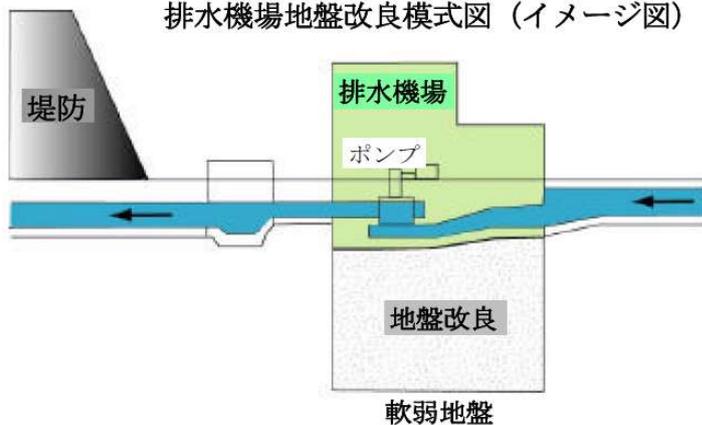
○欧州の大都市は堅固な洪積層の上に立地しているが、我が国の大都市のほとんどは軟弱地盤（沖積層）の上に立地している。

○地盤改良に係るコストは、地域、施工場所、施設規模等によって異なるが、10～70%程度を占める場合がある。

### (A 排水機場)

直接工事費 約 1,644 百万円  
内地盤改良費 約 159 百万円 約 10%

排水機場地盤改良模式図（イメージ図）



地盤改良作業状況

### (B 地区築堤工事)

直接工事費 (1km 当たり) 約 550 百万円  
内地盤改良費(1km 当たり) 約 400 百万円 約 73%

堤防事業における地盤改良の事例（イメージ図）

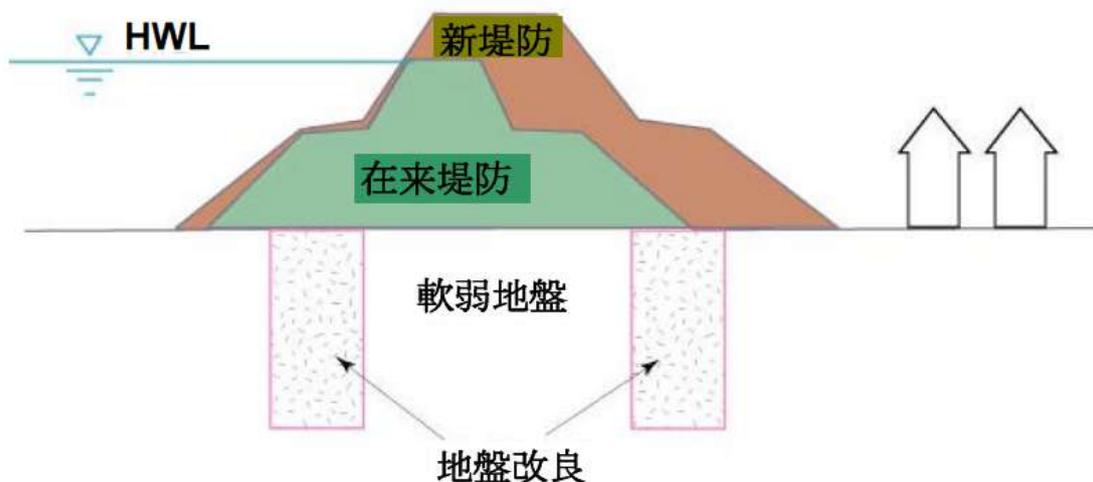


図 2.1.2 軟弱地盤に対しての地盤改良のコスト [約 10%]

出典；国土交通省 公共事業のコスト改善 公共工事費比較

(2) 従来の代表的な軟弱地盤対策工法

1) 代表的な工法

日本における軟弱地盤対策工法の選定に当たっては、対策工法の原理と効果、地盤条件、施工条件及び経済性等が重要になる。

代表的な軟弱地盤対策工法の効果と原理については、

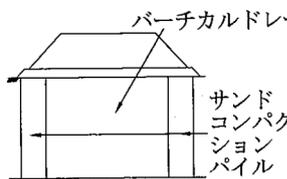
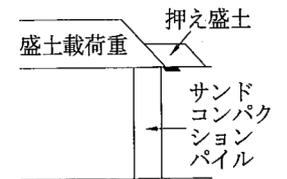
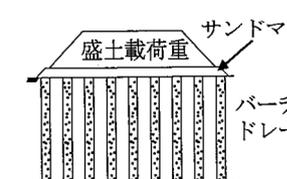
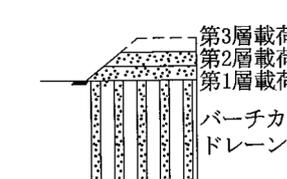
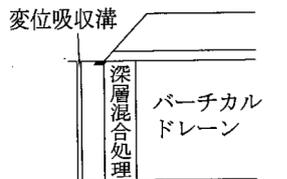
表 2.1.1 代表的な地盤改良工法と効果に示すとおりであり、表 2.1.2 に示すように軟弱地盤対策工法の組み合わせにより使用される例も多い。

表 2.1.1 代表的な地盤改良工法と効果

原理	代表的な対策工法	効果															
		沈下		安定		変形		液状化					トラフィカビリティ確保				
		後圧密沈下の促進による低減	全沈下量の低減	圧密による強度増加	すべり抵抗の増加	すべり滑動力の軽減	応力の遮断	応力の軽減	液状化の発生を防止する対策			液状化の発生は許すが施設の被害を軽減する対策					
									砂地盤の性質改良	有効応力の増大	過剰間隙水圧の消散						
								密度増大	固結	粒度の改良	飽和度の低下						
圧密・排水	表層排水工法																○
	サンドマット工法	○															○
	緩速載荷工法			○													
	盛土載荷重工法	○		○													
	パーチカルドレイン工法	○		○													
	サンドドレイン工法	○		○													
	プレファブリケイティッドパーチカルドレイン工法	○		○													
真空圧密工法	○		○														
地下水位低下工法	○		○								○	○					
締固め	サンドコンパクションパイル工法	○	○	○	○			○	○								
	振動締固め工法		○*						○								
	バイプロフローテーション工法		○*						○								
	バイプロタンパー工法		○*						○								
	重錘落下締固め工法		○*						○								
静的締固め工法	静的締固め砂杭工法	○	○	○	○			○	○								
	静的圧入締固め工法		○						○								
固結	表層混合処理工法		○		○			○	○								○
	深層混合処理工法 (機械攪拌工法)		○		○			○	○							○	○
	高圧噴射攪拌工法		○		○			○	○							○	○
	石灰パイル工法		○		○				○	○							
	薬液注入工法		○		○					○							
凍結工法				○													
掘削置換	掘削置換工法		○		○			○			○						
間隙水圧消散	間隙水圧消散工法														○		
荷重軽減	軽量盛土工法		○				○		○								
	発泡スチロールブロック工法		○				○		○								
	気泡混合軽量土工法		○				○		○								
	発泡ビーズ混合軽量土工法		○				○		○								
カルバート工法		○				○		○									
盛土の補強	盛土補強工法				○												○
構造物による対策	押え盛土工法				○												○
	地中連続壁工法															○	
	矢板工法				○			○							○**		○
補強材の敷設	杭工法		○		○			○									○
	補強材の敷設工法				○												○

\*) 砂地盤について有効  
 \*\*) 排水機能付きの場合

表 2.1.2 軟弱地盤対策工法の組み合わせ例

沈下対策		せん断変形対策		安定対策		図例	
目的	工法	目的	工法	目的	工法		
沈下の促進	バーチカルドレーン工法 (例)サンドドレーン工法	応力の遮断	コンパクション パイル工法  (例)サンド コンパクション パイル工法	—	コンパクション パイル工法  (例)サンド コンパクション パイル工法		
	盛土載荷重工法	—	押え盛土工法 または コンパクション パイル工法  (例)サンド コンパクション パイル工法	—	押え盛土工法 または コンパクション パイル工法  (例)サンド コンパクション パイル工法		
	盛土載荷重工法 と バーチカル ドレーン工法  (例)サンド ドレーン工法	—	—	—	表層排水工法  (例)サンド マット工法		
	バーチカル ドレーン工法  (例)サンド ドレーン工法	—	—	強度増加の 促進	—	緩速載荷工法	
	バーチカル ドレーン工法  (例)サンド ドレーン工法	応力の遮断  変形の吸収	深層混合処理工法  変形吸収工法 (例)変位吸収溝工法	—	—	深層混合処理工法	
沈下の低減	盛土補強工法 あるいは 表層混合処理 と 深層混合処理	—	盛土補強工法 あるいは 表層混合処理 と 深層混合処理	すべり抵抗の 増加	盛土補強工法 あるいは 表層混合処理 と 深層混合処理	盛土補強工法あるいは 表層混合処理  深層混合処理 (低改良as =10~20%程度)	

出典；「道路土工 軟弱地盤対策工指針（平成24年度版）」

2) 各事象に対する地盤改良工法

軟弱な地盤における一般的な地盤改良対策工としては、各事象（①圧密沈下②盛土安定③液状化）に対しての数々の改良工法が使用されている。以降にその概要を示す。

a) 圧密沈下

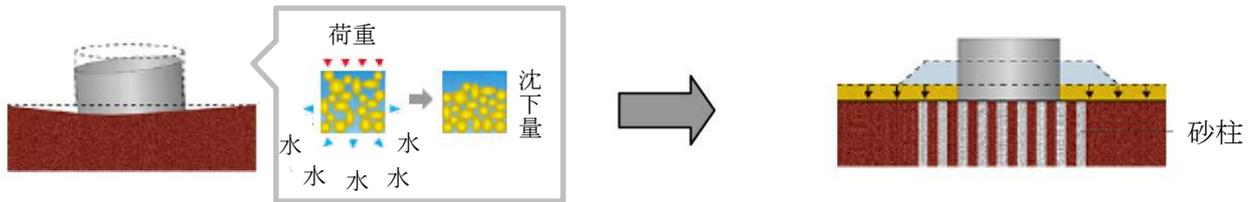


図 2.1.3 圧密現象と対策例〈サンドドレーン工法〉

出典；不動産テトラ HP 資料を元に調査団作成

表 2.1.3 圧密に対する地盤改良工法

圧密促進工法	圧密排水締め固め工法	固化工法	プレロード工法
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ サンドドレーン工法</li> <li>・ パックドレーン工法</li> <li>・ ペーパードレーン工法</li> <li>・ プラスティックドレーン工法</li> <li>・ PDF 工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ SAVE コンポーザ工法</li> <li>・ サンドコンパクションパイプ工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 浅層混合処理工法</li> <li>・ 深層混合処理工法</li> <li>・ 薬液注入工法</li> <li>・ 事前混合処理工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 载荷盛土工法</li> <li>・</li> </ul>

出典；不動産テトラ HP 資料を元に調査団作成

b) 軟弱地盤の盛土に対する安定対策工法

軟弱地盤上に高盛土の道路等を造成した場合には、下図に示すように地盤のせん断強度が不足（支持力不足）により滑りが発生する。そのため、固化処理等の地盤改良を行い、強度を上げる必要がある。

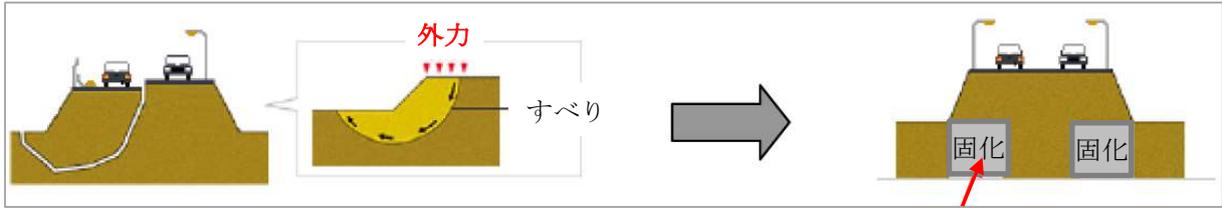


図 2.1.4 軟弱地盤上の盛り土道路の滑り発生と地盤改良対策（固化処理工法）

出典；不動産テトラ HP 資料を元に調査団作成

表 2.1.4 盛土安定の地盤改良工法

支持力増加	滑り安定	横抵抗増加
<ul style="list-style-type: none"> <li>・圧密排水締固工法</li> <li>・固化処理工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・圧密排水締固工法</li> <li>・固化処理工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・圧密排水締固工法</li> <li>・固化処理工法</li> </ul>

出典；不動産テトラ HP 資料を元に調査団作成

c) 液状化対策工法

液状化現象は、地震などの振動により緩い砂質地盤で、地下水が高い場合に砂が流動化し地盤の強度が無くなり、建物の沈下や転倒などの現象を引き起こす現象である。

液状化の対策工法としては、表 2.1.5 液状化対策工法に示すように、原地盤の砂を締め固める工法やセメント固化処理等の工法が広く使用されている。

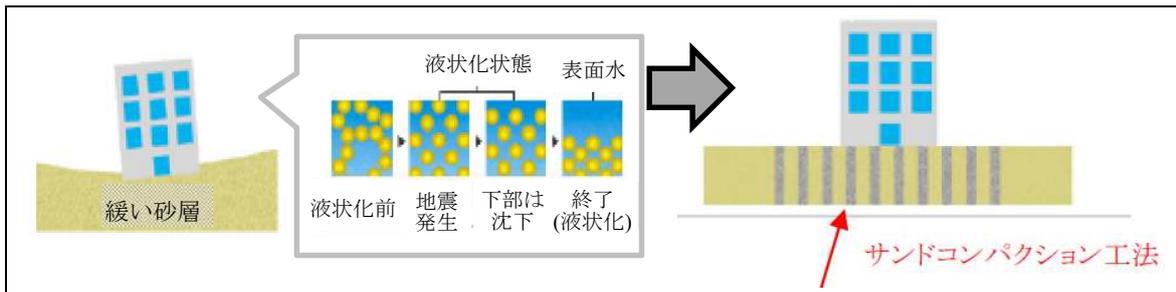


図 2.1.5 液状化対策工法（サンドコンパクション工法）

出典；不動産テトラ HP 資料を元に調査団作成

表 2.1.5 液状化対策工法

置換工法	締固工法	固化工法	間隙水圧消散工法
砕石等による置換工法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ サンドコンパクションパイル工法</li> <li>・ バイプロロット工法</li> <li>・ 動圧密工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 深層混合処理工法</li> <li>・ 浅層混合処理工法</li> <li>・ 薬液注入工法</li> <li>・ 事前混合処理工法</li> <li>・ 生石灰パイル工法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ バーチカルドレーン工法（グラベル）</li> <li>・ 水平ドレーン工法</li> </ul>

出典；不動産テトラ HP 資料を元に調査団作成

(3) 従来の代表的な軟弱地盤対策工法のミャンマー導入に当たっての課題

従来の我が国の代表的な軟弱地盤対策工法は前述したように、特殊な大型重機を導入し地盤強度を上げるための圧密促進工法（表 2.1.2 参照）のように、他工法との組み合わせによる工法（バーチカルドレーン+載荷盛土工法）や、セメント系改良による固化処理工法が主流である。しかしながら、これらの工法はミャンマーの広大なデルタ地帯のエーヤワディ管区への導入においては、経済性や、特殊重機の購入、アクセスの問題、特殊作業員の確保などの面から直接導入することは難しい状況である（表 2.1.6 参照）。

そのため、ミャンマーへの軟弱地盤対策を中心とした地盤改良工法の導入にあたっては、表 2.1.6 に示す課題・問題点を踏まえ、ミャンマーで求められる工法の提供が必要である。

表 2.1.6 ミャンマー（エーヤワディ管区）への導入を考えた場合の従来の代表的な軟弱地盤改良工法の課題・問題点

対象	従来の工法(表2.1.3)	概要	課題	問題点	ミャンマーで求められる工法
I 圧密沈下対策	圧密沈下促進工法	サンドドレーン工法等	①大型特殊重機の導入 ②特殊施工技術	A・特殊重機がない。 ・大型重機を搬入するアクセス路未整備(橋梁、道路、軟弱地盤上の仮設道路) ・地盤改良を行う技術を持った特殊作業員がいない。	1) 特殊な重機を使わずに実施可能な工法 2) 人力のみでも施工可能な工法 3) 安価な材料(砂等)を用いた工法 4) 超軟弱な地盤でも施工可能な工法 5) 経済的な工法 6) 維持管理の少ない工法 7) 本設構造物に使用可能な工法 8) 緬国人独自で施工管理が簡単な工法 9) 雇用促進につながる工法 10) 緬国で生産・施工が可能な工法
	圧密排水締固工法	サンドコンパクションバイエル工法	③振動対策		
	プレロード工法	載荷盛土工法	④大量の土砂搬入 ⑤長期間の載荷継続		
	固化工法	深層混合処理工法、浅層混合処理工法、薬液注入工法	⑥セメント系の改良に伴う環境面への配慮 ⑦特殊重機の導入	B・特殊セメントの確保や、環境面への配慮	
II 盛土安定処理対策	(1) 支持力増加 密排水締固工法	サンドコンパクションバイエル工法	①大型特殊重機の導入 ②特殊施工技術 ③振動対策	A・特殊重機がない。 ・大型重機を搬入するアクセス路未整備(橋梁、道路、軟弱地盤上の仮設道路) ・地盤改良を行う技術を持った特殊作業員がいない。	
	固化处理工法	深層混合処理工法、浅層混合処理工法、薬液注入工法	⑥セメント系の改良に伴う環境面への配慮 ⑦特殊重機の導入	B・特殊セメントの確保や、環境面への配慮	
	(2) 滑り安定 圧密排水締固工法	サンドコンパクションバイエル工法	①大型特殊重機の導入 ②特殊施工技術 ③振動対策	A・特殊重機がない。 ・大型重機を搬入するアクセス路未整備(橋梁、道路、軟弱地盤上の仮設道路) ・地盤改良を行う技術を持った特殊作業員がいない。	
	固化处理工法	深層混合処理工法、浅層混合処理工法、薬液注入工法	⑥セメント系の改良に伴う環境面への配慮 ⑦特殊重機の導入	B・特殊セメントの確保や、環境面への配慮	
III 液状化対策	(1) 置換工法	碎石等による置換工法	⑧大量の碎石の供給	・軟弱地盤上での碎石の食込 ・碎石単価が高い	
	(2) 締固工法	サンドコンパクションバイエル工法	①大型特殊重機の導入 ②特殊施工技術 ③振動対策	A・特殊重機がない。 ・大型重機を搬入するアクセス路未整備(橋梁、道路、軟弱地盤上の仮設道路) ・地盤改良を行う技術を持った特殊作業員がいない。	
	(3) 固化工法	深層混合処理工法	⑥セメント系の改良に伴う環境面への配慮 ⑦特殊重機の導入	B・特殊セメントの確保や、環境面への配慮	
	(4) 間隙水圧消散工法	パーティカルドレーン工法(グラベル)	①大型特殊重機の導入 ②特殊施工技術	A・特殊重機がない。 ・大型重機を搬入するアクセス路未整備(橋梁、道路、軟弱地盤上の仮設道路) ・地盤改良を行う技術を持った特殊作業員がいない。	
		水平ドレーン工法	⑨特殊機器と管理が必要	C.上記Aに加えさらに特殊な気圧管理が必要となる。	

出典；調査団作成

## 2.1.2 提案企業の技術

### (1) D・BOX 工法の概要

D・BOX 工法とは、透水性を有する繊維素材により形成された D・BOX（地盤補強用内部拘束式箱形形状の袋）を利用した地盤補強及び振動低減効果を浅層改良により実現する工法で、セメント系固化材等を使用することなく、中詰に砕石や砂、場合によっては発生土等を使用する事により施工ができる工法である。基本的な土のうの原理は名古屋工業大学名誉教授の松岡先生による区画拘束原理（土粒子を包み込む事により、袋の張力を付加応力として内部の土粒子間に摩擦力を発生させ土粒子を固化させる理論）を応用し、更に内部拘束具を D・BOX 内部に設ける事により、下面の地盤強度に関係なく D・BOX 自体を固化させる仕組みを持つ。また環境負荷も極めて低く、施工性及び汎用性にも優れ、重機が使用できないような環境下でも施工可能である。NETIS に登録も次のようにされており、埼玉県から平成 22 年度：彩の国産業技術大賞（特別賞）を受賞している。

主な登録等： ■NETIS：2011 年 2 月登録 登録番号：KT-100098-A

■埼玉県新技術、新製品紹介 2010 年 6 月紹介 登録番号：H22-1081

■福岡市 新技術（新製品・新工法）\*役所内部データ 2013 年 12 月登録

主な賞： ■埼玉県：彩の国産業技術大賞（特別賞）

その他： D・BOX の特許として日本、アメリカ、EU、ロシア、中国他 43 ヶ国で特許取得。

また PTC の国際優先権を有す（優先日 2007 年 8 月～）。

### (2) D・BOX の技術

当該企業の D・BOX は、袋の内部のトラスバンドにより中詰材内部の圧力を利用し、一本のトラスバンドで吊上げが可能な製品である。セメント系固化剤を使用することなく、袋の張力により D・BOX 内部の土粒子間に摩擦力を発生させ固化させるものである。コンクリート基礎に比べ図 2.1.7 に示すように超軟弱地盤においても柔軟な構造の、たわみ性基礎であり均等に接地圧が作用することや袋の形状を内部のトラスバンドの拘束により保つことにより D・BOX 自身の持つせん断強度を発揮する。さらに、D・BOX 下面の間隙水圧を吸収し、直下の局部圧密により地盤の強度を増加させるとともに荷重が均等に地盤に分布する。このようなことから、D・BOX 自身が大きなせん断強度を持ち、地盤と同一化することにより、大きな地盤支持力を得ることが可能な工法である。

内部拘束具による内部からの土粒子拘束(内部拘束効果)

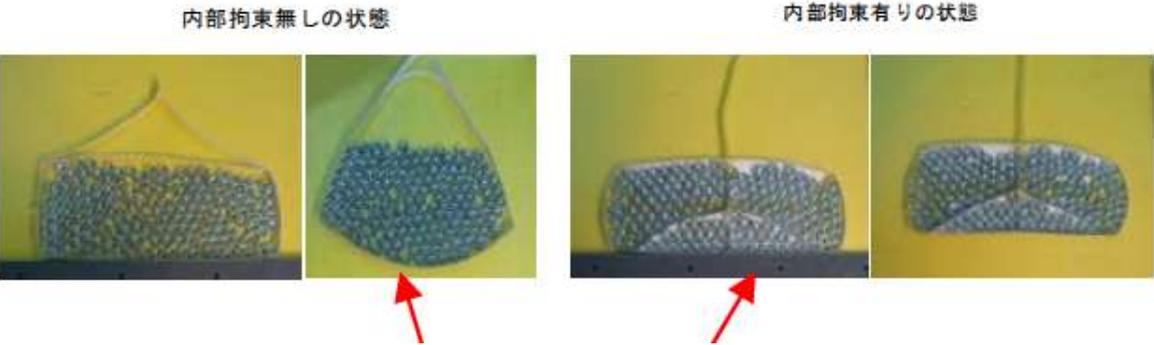
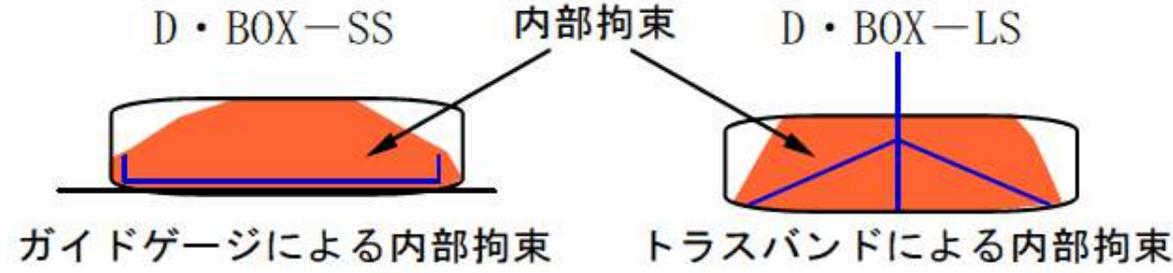


図 2.1.6 D・BOX 製品の特長 (従来の土のうと D・BOX の違い)  
出典 ; D・BOX カタログ



軟弱な地盤において D・BOX はたわみ性基礎であり、コンクリート基礎に比べ均等に接地圧が作用し大きな地盤支持力を確保することが可能である。

### D・BOX沈下抑制のメカニズム1 せん断抵抗

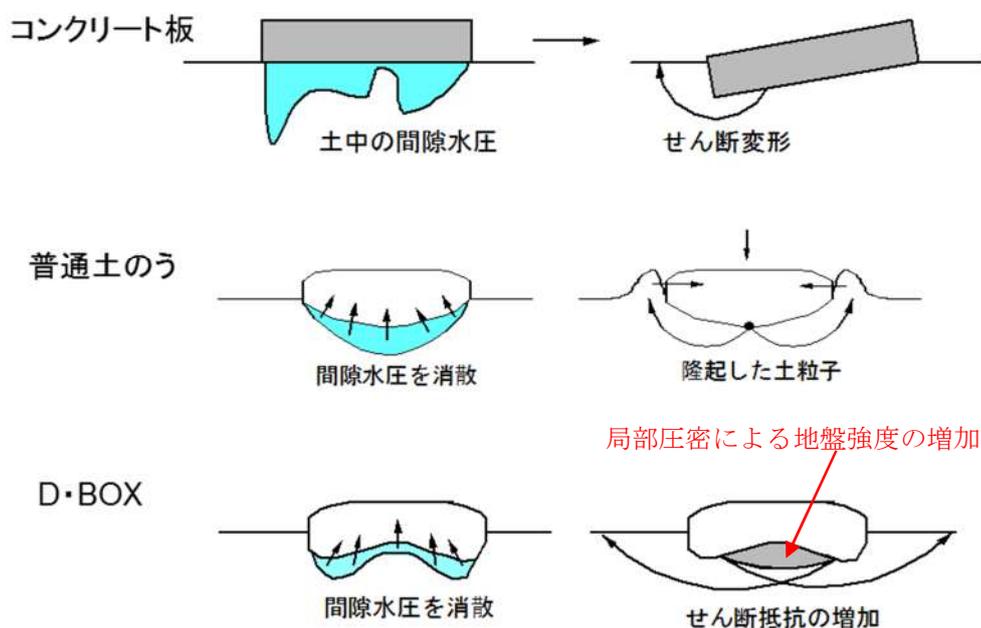


図 2.1.7 D・BOX 工法が大きな地盤支持力を確保できる理由

出典；メトリー技術研究所資料より調査団作成

<p>D・BOX の施工イメージ (バックホウによる吊上げ状況 (軟弱地盤の路盤))</p>		<p>沼地に D・BOX を敷設し道路及び駐車場として活用した例 (埼玉県)</p>	

図 2.1.8 製品・技術の特徴

出典；メトリー技術研究所資料

また、振動エネルギーを内部砕石の摩擦熱エネルギーに変換し振動減衰効果も合わせ持っている。ミャンマーで実施する際のキーポイントとなる D・BOX の特徴は以下の通りである。

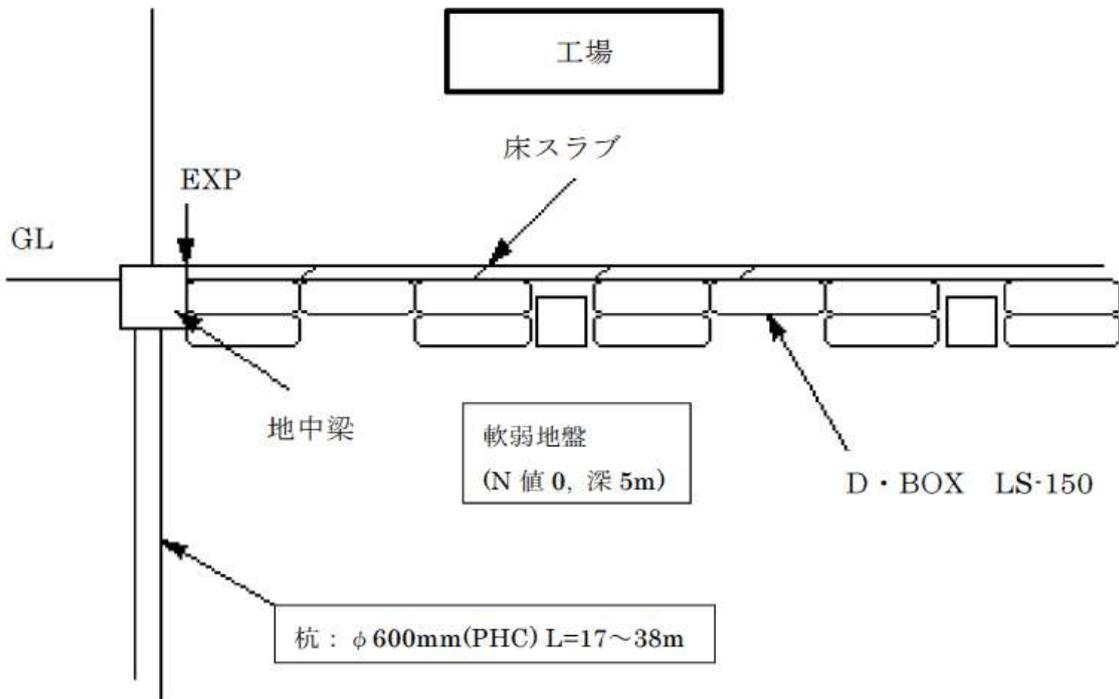
- ① 沼地部の超軟弱地盤の地盤補強として日本での駐車場の施工実績（埼玉県深谷市）より対応可能である。
- ② 常時荷重最大 115kN/m<sup>2</sup> が作用する工場の軟弱地盤上の基礎としての使用実績がある。
- ③ 水没状態の軟弱地盤における実施例より、5m 相当の盛り土荷重にも十分対応できる。
- ④ 重機が無くても、技術指導により現地住民による人力のみの労働者により敷設が可能である。
- ⑤ 中詰材は砂・砕石が望ましいが、場合によっては、現地発生土の利用により、地盤補強に利用可能である。
- ⑥ 中詰材に砕石を利用することにより、排水効果の高い舗装路盤として利用可能である。
- ⑦ 軟弱地盤対策のセメント混合処理等が不要であり、環境に配慮した現地での施工が可能である。
- ⑧ 施工性が良く、100m<sup>2</sup>/日以上以上の施工が可能である。

T 社関連自動車部品製造工場での D・BOX 使用例

対象基盤は含水比の高い粘性土の軟弱な地盤であり、床面積 1,700m<sup>2</sup> (26m×66m) の内、大部分を製造機械等が占めるため、1 階スラブ下には大量の支持杭が使われる経済な計画であった。そのため、建物外周部とスラブ部をエキスパンションし、建物自体は杭で、スラブ部分（製造機械等の載荷部分 115kN/m<sup>2</sup>）は D・BOX で荷重を分担する計画に変更した。当初計画に比べ杭本数が 1/3 となり、また最も重量のかかる 1 階スラブ部を建物から切り離れた事により、建物自体の構造が軽量化された。その結果 40%程施工費を安価にすることを可能とした。完成後 7 か月が経過しているが、沈下、振動に対する苦情はない。



製造機械下部では、常時最大 115kN/m<sup>2</sup> の荷重が作用している



製造マシンの下部で 115kN/m<sup>2</sup> の荷重がかかる

図 2.1.9 国内での D・BOX の使用実績（常時荷重が作用する場合）

メトリー技術研究所資料

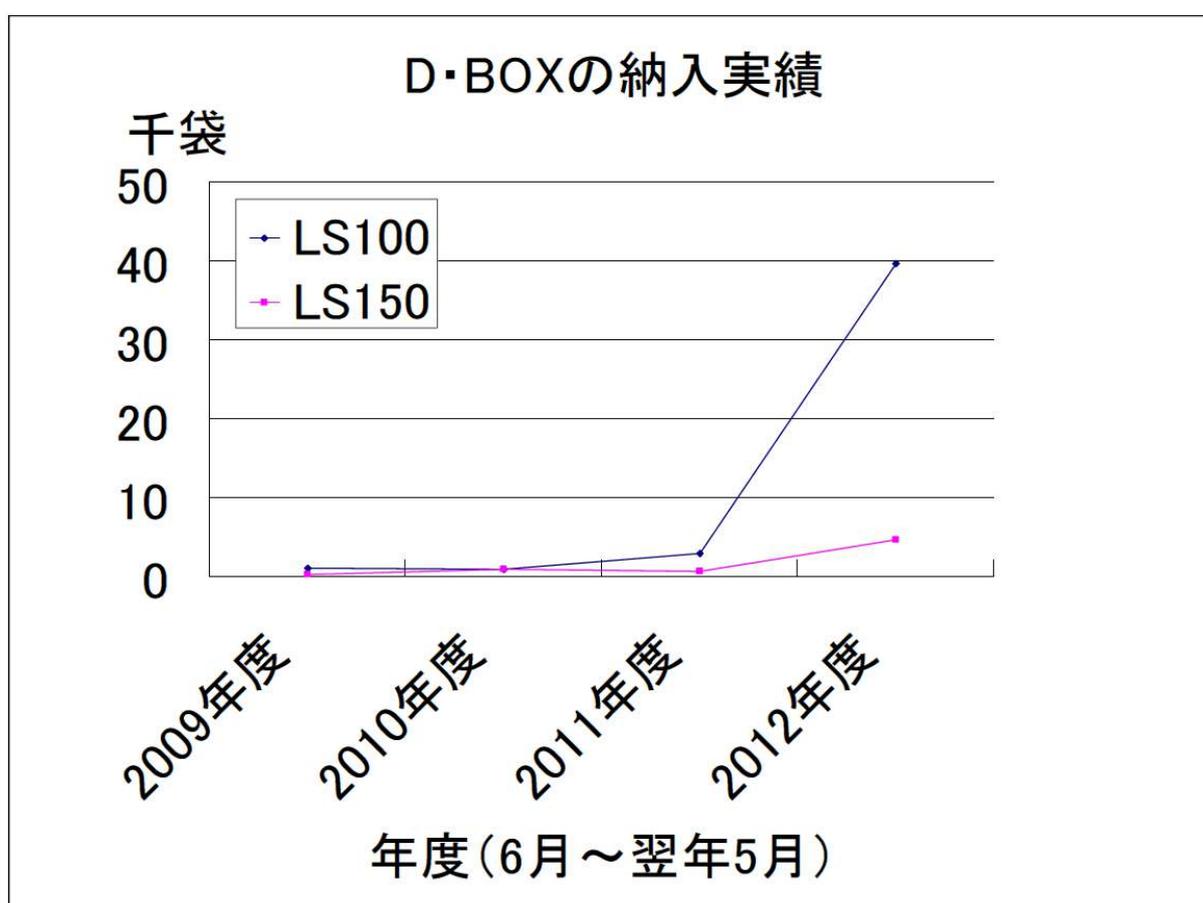
### (3) 納入実績

D・BOX工法の有効性およびその実用化に当たっては、国内では直近1年間のD・BOXの販売実績は、LS100が40,000袋、LS150が4,750袋あわせて約45,000袋の売り上げがあり、表2.1.7 D・BOXの納入実績に示すように急激な伸びを記録している。D・BOXの有効性については、セメント材料のような毒性もなく、袋の材料であるポリプロピレンの紫外線対策のみ注意（地中に埋設や、シートによるカバー等の対応）すればよく、国内外の実績を積み上げ、さらに安価なD・BOXの製作が可能になれば、使用用途も、公共事業のみでなく民間需要へと広がることにより、大きな需要が見込まれる。

表 2.1.7 D・BOXの納入実績（年度別）

#### D・BOXの納入実績(袋)

	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度 6月～
LS100	1,049	916	3,000	39,650	11,805
LS150	268	942	686	4,727	2,761



出典；メトリー技術研究所資料

表 2.1.8 D・BOX の納入実績（工種別/期間：2006/11/6～2013/06）

工種の種類	合計（件）
①建築物	63
②墓地・社寺	16
③道路（改良、仮設）	28
④宅地造成、整備	16
⑤河川堤防	3
⑥橋梁（仮設他）	8
⑦擁壁（地盤補強）	1
⑧共同溝（地盤補強）	1
⑨振動軽減（交通他）	6
⑩農地（圃場）整備	1
⑪その他（含自衛隊）	13
合 計	156

注1：工事金額200万円以上の工事のみを記載

注2：200万円未満の施工

- ・墓石の地盤補強：1000件以上
  - ・液状化被害の住宅沈下修正工事300件以上
- 出典；メトリー技術研究所株式会社資料

表 2.1.9 D・BOX の納入実績（顧客種別/期間：2006/11/6～2013/06）

顧客機関	合計（件）
国	9
県	17
市町村	23
鉄道	1
自衛隊	2
民間	104
合 計	156

出典；メトリー技術研究所株式会社資料

#### (4) 製品・技術のスペック

製品のスペックは以下のとおりである。

表 2.1.10 製品・技術のスペック

(品名： D・BOX-LS100・LS150)

製品名	D・BOX-LS100	D・BOX-LS150
施工寸法	W1,000 x D1,000 x H250	W1,500 x D1,500 x H450
中詰め材の容量	0.25 m <sup>3</sup>	1.0 m <sup>3</sup>

本体物性値： (5cm あたり)	縦	横	本体材質	中詰め材
(1) 引張強度 (N)	1,869	1,858	ポリプロピレン (紫 外線防止材入)	砕石 C40-0、 砂、粘性土 等
(2) 伸度 (%)	18	18		

出典；メトリー技術研究所資料より調査団作成

### 2.1.3 国内外の同業他社との比較、類似製品との比較

#### (1) 競合他社製品と比べた比較優位性

##### 1) 地盤支持力の増加

超軟弱地盤 (N 値<1) における道路の路床材改良や基礎構造体 D・BOX 工法は、従来の超軟弱地盤対策工法では対応出来なかった N 値 0 (人も歩けない超軟弱地盤) でも、D・BOX の持つ柔軟な形状特性と透水効果によりせん断抵抗 (地耐力) が増大し盛土、仮設道路、路床への利用が可能となりせん断強度を発揮する。国内における試験施工での地耐力は基礎の支持力公式 (テルツァッキー) の 3 倍以上の値が確認されている (簡易キャスポール試験等\*1による確認)。

##### 2) 人力による施工

緊急用道路の普及作業において、4 名程度の作業員と小型バックホウ 1 台で、一日あたり約 100m<sup>2</sup> の設置が可能である。重機が無い場合でもケニアでの実施例があり、人力のみの施工も可能である。

##### 3) 環境負荷

通常路床材の軟弱地盤対策としては、日本では六価クロムの有害物を排除したセメント系固化剤を使用し地盤改良を行っているが、本工法は砂または、採石を中詰め材として使用し D・BOX を設置 (1 層~2 層：地盤の強度により異なる) することで路体の補強が可能となる。そのた

\*1国土交通省近畿技術事務所が開発した衝撃加速度法による簡易支持力試験。詳細は NETIS 登録番号 KK-980055-V を参照。

め、六価クロム、アルカリ成分などの有害物質が無く、稲作への影響を最小限にとどめることが可能である。また、セメント系固化剤の使用に比べ CO<sub>2</sub> の削減効果（60～90%）が期待される。

## (2) 類似製品（土のう工法）との比較

D・BOX の用途は、前述した軟弱地盤に対する各事象（①圧密沈下②盛土安定③液状化）に対して効果が発揮できることや、特殊重機や大型重機が不要であり、作業効率も良い。

国内での、D・BOX 工法の 1m<sup>2</sup>あたりの地盤改良工費（直接工事費）は、約 7,000 円/m<sup>2</sup>（LS150 中詰砕石、袋代、人件費）程度であり、超軟弱地盤で、施工条件が悪く大型重機等の進入が難しい場所や、規模が小さい場所、環境面に配慮が必要な条件下で、有利な工法である

類似製品としては、土のう工法や、ジオテキスタイル工法（シート工法）が挙げられるが、超軟弱地盤での使用については、それ自体の滑りの安定性や、上に載る重機の作業足場などを確保する必要があり、D・BOX のように単独で使用可能な工法は見当たらない。

## 2.2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ

### 2.2.1 提案企業の事業展開方針

#### (1) 経営戦略

D・BOX は、特殊な機械や材料を必要とせずに、軟弱地盤の補強や交通振動等を低減する効果をもっており、先進国は勿論のこと開発途上国においても経済性、環境面や雇用の拡大面でも非常に有効な工法である。また、開発当初より PTC 国際優先権を取得し 43 カ国に特許出願をしており、海外においても D・BOX の効果を実証し軟弱地盤等における様々な問題を解決しつつ、各国の実情に相応しい製品開発を行い、世界規模で社会に貢献することが可能となる。

#### (2) 自社の経営戦略における海外事業の位置付け

軟弱な地盤が多く地震国である世界一厳しい環境下にある日本での施工実績とノウハウの積重ねにより商品開発を行っている。その技術を海外事業において実証し、多様な情報を広く収集し、各地域に合った基準/価格での製品開発を行い、新商品の供給を積極的に海外市場へ展開していく。

#### (3) 海外事業展開を検討中の国・地域・都市及び当該国等を選定した根拠

ミャンマー以外に、韓国、ニュージーランド、インドネシア等からの引き合いがあるが、次の理由によりミャンマーを選定した。

- ・ 対象国の中で施工環境が最も厳しい国であり、製品の特性及び性能評価が明確となる。
- ・ 地盤が軟弱なため緊急道路の盛土高が低く、高潮、洪水等の被害により多くの人命が失われているが、十分な対策が取られていないため早急な対策が必要である。
- ・ 広大なデルタ地帯があり、今後の洪水対策やすべり対策としての需要が見込まれる。

#### (4) 本工法の3つの基本コンセプトと5つの効果

今回のプロジェクトの基本コンセプトと効果は次のとおりである。

##### 【D・BOX：基本コンセプト】

- ① 現地発生土の有効活用（近隣の海砂、現地発生土の活用と環境への配慮）
- ② 現地住民の雇用の創出（簡易な機械のみを使用した急速施工による軟弱地盤対策と雇用の創出）
- ③ 現地生産によるD・BOXの普及（自国生産による安価なD・BOXの普及と将来の海外輸出）

##### 【D・BOX：5つの効果】

- ① 超軟弱地盤対策（地盤支持力増加、沈下抑制、液状化対策）
- ② 振動対策（交通振動対策、地震対策、機械・重機振動対策）
- ③ 排水対策〔地下水対策、粉泥対策、雨水対策〕
- ④ リサイクル対策（コンクリートガラ、ヘドロのストック、再利用）
- ⑤ 斜面・擁壁としての利用（排水性の良い土留効果）

### 2.2.2 これまでの準備状況

#### (1) 国内での取り組み状況

D・BOX工法は、国内において45,000袋（2012年）の販売実績があり、2006年からメトリーとPCKKは、中部国際空港の軟弱地盤上にて沈下対策の共同実験を行い、さらに2012年には群馬大学にてD・BOXの液状化模型実験により、沈下対策や液状化対策としての効果を確認している。

#### (2) 事前調査と適地選定

ミャンマーのヤンゴンを中心に公共事業省、港湾公社、JICA 専門家、日本大使館および現地の日系企業数社にて、D・BOX工法の紹介を行い、超軟弱地盤での活用効果と現地での実証事業に相応しい提供場所についての調査を2013年5月中旬に実施した。適地については、デルタ地帯であり、高潮被害を受けているヤンゴンから約100km南西のピャーポン県の公共事業省を訪問し適地を紹介された。ピャーポンからボガレイへの道は、沈下と法面崩壊が頻繁に発生している区域であり、2012年8月の補修対応方法の確認と26km地点の法面にクラックが入っている現場を候補地として推薦された（その後、2013年10月に現地を再訪した際に、常に干満の影響を受け、雨季には斜面の崩壊が激しいKyon Sein 橋近辺の護岸補修を依頼され、条件の厳しい箇所では試験施工を行うこととした）。

#### (3) ミャンマーのヤンゴンに出資会社を設立（前建）

本JVの株式会社前田技研工業（前建）は、他社との共同出資によりミャンマーにて研修生の受入窓口業務を中心とした会社を設立している。2014年の4月から3名のミャンマー人の研修生の受入を行い、D・BOXを含む建設、建築関係の研修を日本で3年程度行う予定である。

(4) 特許及び商標登記

実証実験に先立ち、D・BOXに関する知的財産権を保護する目的で、2013年9月に関連の特許1件、商標2件をミャンマー国内で登記した。(ミャンマー外で権利化されたもののみ登記可能とのことであったため、日本国内で権利化された特許・商標を登記した)

表 2.2.1 特許及び商標の登記

 <p>Patent registration document for 'SHAPE-RETENTION-TYPE HOISTING RECTANGULAR PARALLELEPIPED BAG'. The document includes the inventor's name, Mr. Futoshi Nomoto, and the registration date of September 3, 2013.</p>	<p>警告広告： (特許 5160838 分) 登記日： 2013年9月3日</p>
 <p>Trademark registration document for 'Metry'. The document includes the trademark name, the registration date of September 3, 2013, and a description of the goods.</p>	<p>警告広告： (商標 5145099 分) 登記日： 2013年9月3日</p>
 <p>Trademark registration document for 'D・Box'. The document includes the trademark name, the registration date of September 3, 2013, and a description of the goods.</p>	<p>警告広告： (商標 52891167 分) 登記日： 2013年9月3日</p>

出典；ミャンマー NEWS WEEK 誌

## 2.3 提案企業の海外進出による日本国内地域経済への貢献

メトリーの所在地である埼玉県では国際ビジネスサポートセンターを設け、中小企業の産業振興として国際化を支援するとともに、中小企業の革新的で優れた技術・製品に対し「彩の国産業技術大賞」による表彰を行っており、メトリーは平成22年度に地盤補強と振動低減効果を同時に実現する製品「D・BOX」で受賞している。また、2012年11月の日曜ゴールデンタイムのTBSテレビ「夢の扉」に地盤補強材、液状化対策、振動対策工法としてD・BOXが紹介されたことから、全国の建設会社からの要請により各地方（九州、関西、名古屋、北海道）にD・BOX協会を立ち上げ、地盤改良の新工法として地域経済への活性化に貢献している。

さらに、今後は、本プロジェクトの成功によりミャンマー以外の、諸外国の軟弱地盤対策としての要請も飛躍的に増加し、国内研修生や海外での技術指導、新技術開発など日本国内の各地域での雇用の創出が可能となる。

一方、熊本県の中小企業支援計画では海外販路開拓を前提とした活動を支援し、国際競争力の強化や海外からの受注獲得を目指しており、D・BOX協会の熊本会員である前建は、ヤンゴンで外国人研修生の受入窓口の現地法人を2012年12月に設立している。熊本本社で3名のミャンマー人研修生を受入れ、D・BOXを含めた建設技術を取得させ海外進出の足場を固める計画をしている。研修生は将来、建築/土木の技術やD・BOX工法技術を取得しミャンマーに戻り、D・BOXを用いて軟弱地盤に対応したインフラ整備等に貢献することが可能となる。また、研修生の受入によりD・BOX工法の積極的展開による受注アップやグローバル化による国内地元企業の需要の増大が期待できる。

## 2.4 想定する事業の仕組み

### 2.4.1 想定する事業の仕組みの概要

本件で想定している基本的な事業の仕組みは図 2.4.1 基本的な事業の仕組みに示す通りである。

#### 【ユーザー（市場）】

D・BOXの最終的なユーザーは、軟弱地盤上に各種インフラ整備等を行う事業者である。具体的にはミャンマー国の公共事業の実施主体（鉄道公社（Myanmar Railways, Ministry of Rail Transportation : RW）、PW、社会福祉救済復興省救済復興局（Relief and Resettlement Department, Ministry of Social Welfare, Relief and Resettlement : RRD）、地方自治体等）や民間開発事業者（工業団地開発事業者等）となる。軟弱地盤対策技術としてD・BOXが採用されるためには、エンドユーザーにその有効性を十分に理解してもらう必要がある。

#### 【D・BOXの購入者】

実際にD・BOXを購入し、D・BOXを利用した軟弱地盤対策工事を実施するのは建設工事会社となる。工事会社に対してはD・BOXの有効性を十分に理解してもらうと同時にその取扱い方

法（施工方法等）についても理解してもらう必要がある。公共工事の場合は直営での工事が主体であり 2013 年 12 月時点では工事実施まで含めて公共事業省となる場合もある。

【D・BOX の販売者】

メトリー技術研究所が D・BOX を供給する。供給方法は①日本から現地施工業者に輸出販売する、②日本から現地代理店に輸出販売、現地代理店より施工業者へ供給、③現地工場で生産し、施工業者若しくは代理店に販売、等の方法により供給する。

【現地技術認証】

ミャンマー国の公共事業で新たな技術を採用してもらう場合、ミャンマー国内でその技術が認められている必要がある。そのため、MES から D・BOX による地盤補強技術について認証を受けることで公共事業等への展開を可能とする。

また、設計・施工マニュアル（ガイドライン）についても整備を進める。

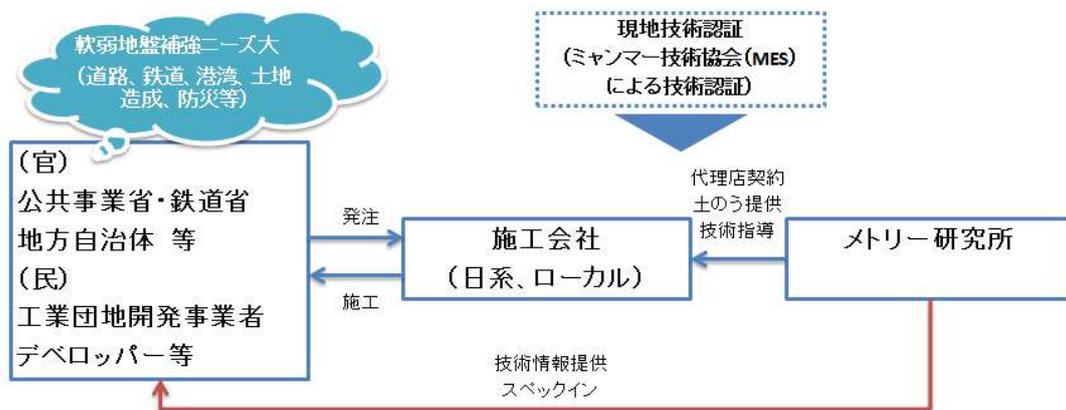


図 2.4.1 基本的な事業の仕組み

出典；調査団作成

## 2.4.2 段階的な事業展開

以下のステップにより事業を進めていくことを考えている。

### (1) 【STEP 0】 D・BOX の紹介とデモンストレーション

- ・ D・BOX は日本よりローカルパートナー向けに輸出、日本から技術者を派遣し技術指導（施工、袋の製造）、ユーザーへの D・BOX の紹介等を行う。

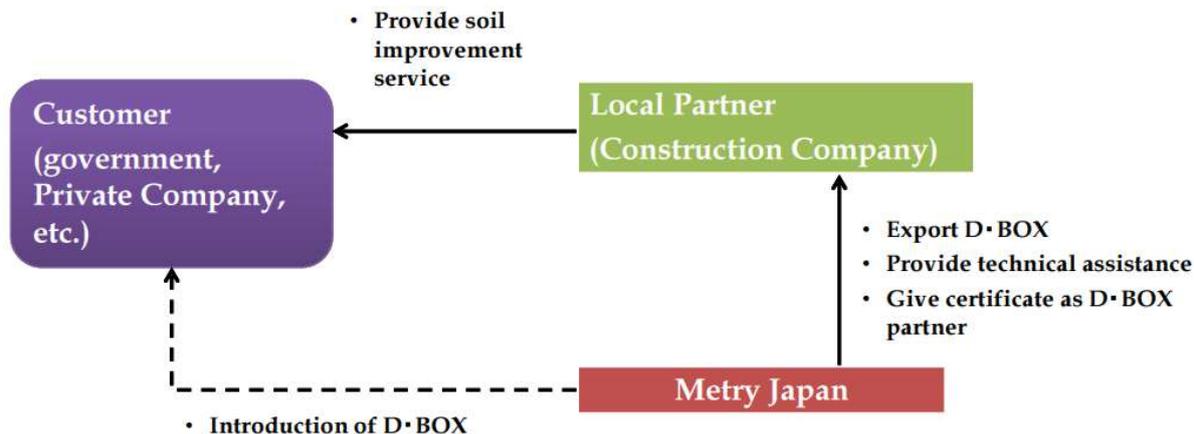


図 2.4.2 事業展開 STEP 0

出典；調査団作成

### (2) 【STEP 1】 現地生産体制の構築と販路の確保

- ・ 現地工場での生産（2,000 袋以上）により、生産コストの低減を図る。
- ・ 現地工場より施工業者へ D・BOX を供給する。
- ・ 日本から技術者を派遣し技術指導、ユーザーへの D・BOX の紹介等を行う。

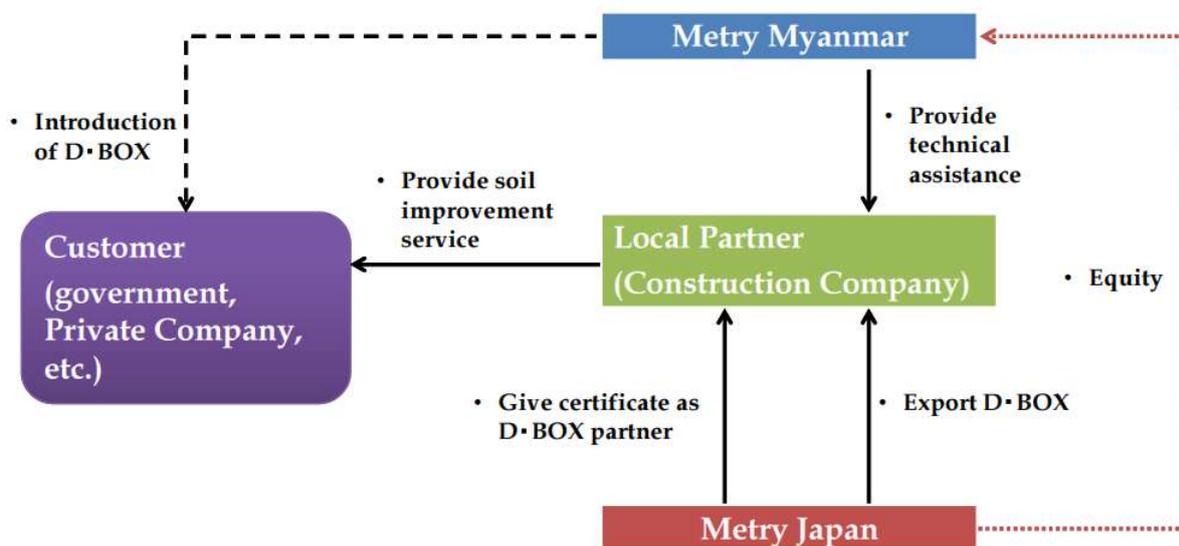


図 2.4.3 事業展開 STEP 1

出典；調査団作成

(3) 【STEP 2】 現地法人の設立

- ・ 現地法人を設立、現地工場の品質管理、施工業者への技術指導、ユーザーへの D・BOX の紹介等を行う。
- ・ D・BOX 施工技術等を移転するため、日本で現地施工業者等からの研修員を受け入れる。

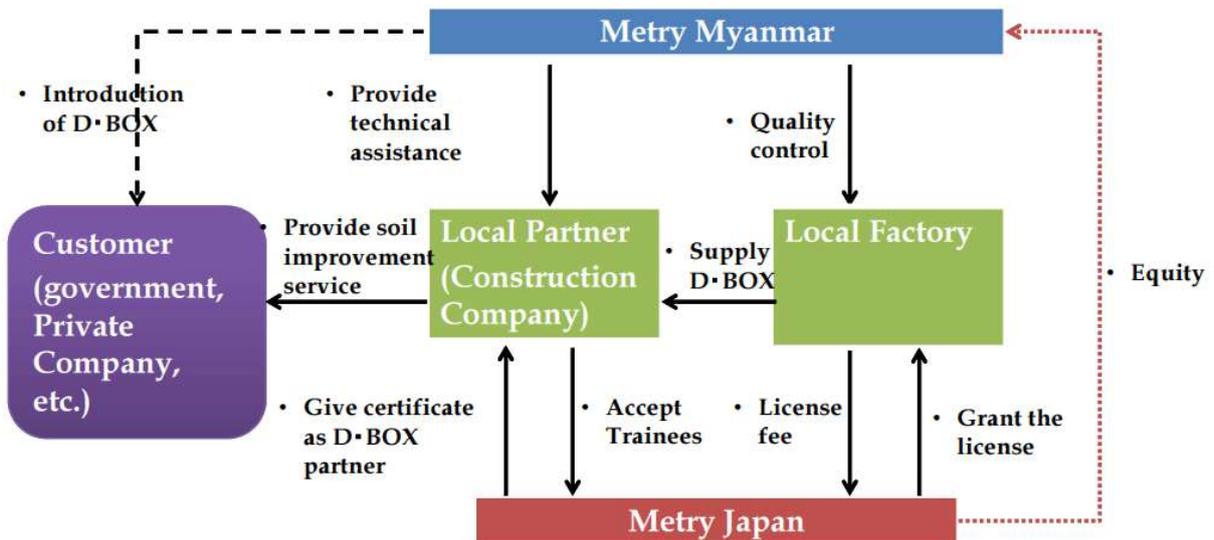


図 2.4.4 事業展開 STEP 2

出典；調査団作成

(4) 【STEP 3】 販路の拡大と生産コストの削減

- ・ 現地法人により全ての活動が行える体制を整える。
- ・ 販路の拡大とともに他国への輸出を行うことで生産コストを削減し、より低価格での D・BOX 供給体制を構築する。

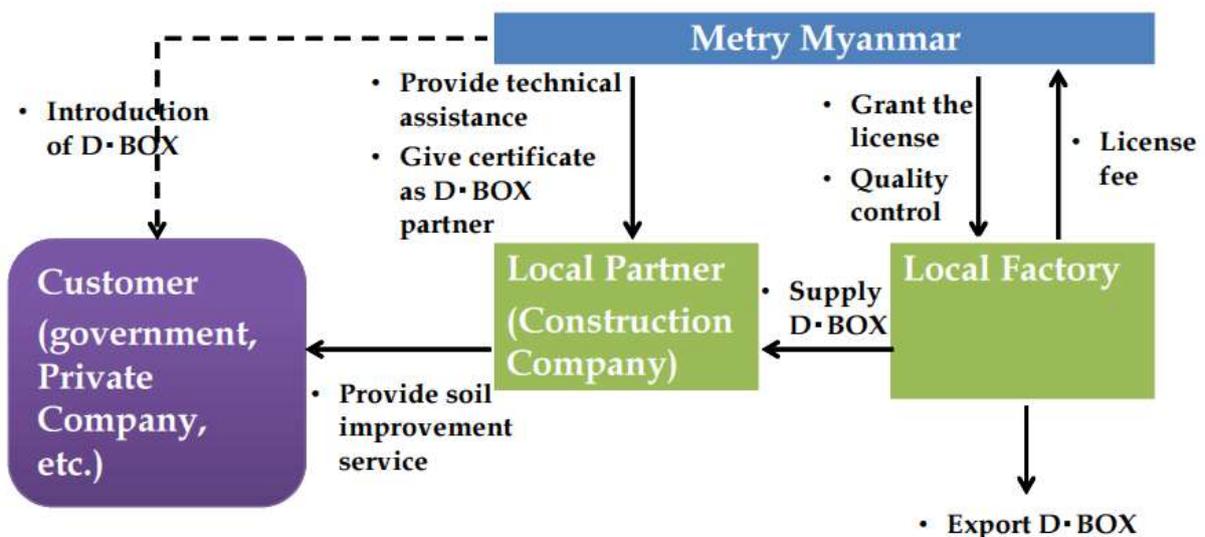


図 2.4.5 事業展開 STEP 3

出典；調査団作成

(5) 【Future Stage】 農村地域での雇用創出と地域に根付いたインフラ整備への貢献

- ・ 現地工場にて半製品（一部縫製工程が残った状態）まで生産、これらを工事施工箇所近傍まで搬送、現地住民による家内縫製作業（家内工場規模）により D・BOX を完成させる。
- ・ これにより、現地住民の雇用機会創出（収入を得られる）、自分達でインフラを整備したという意識の醸成により地域に根付いたインフラ整備となる。

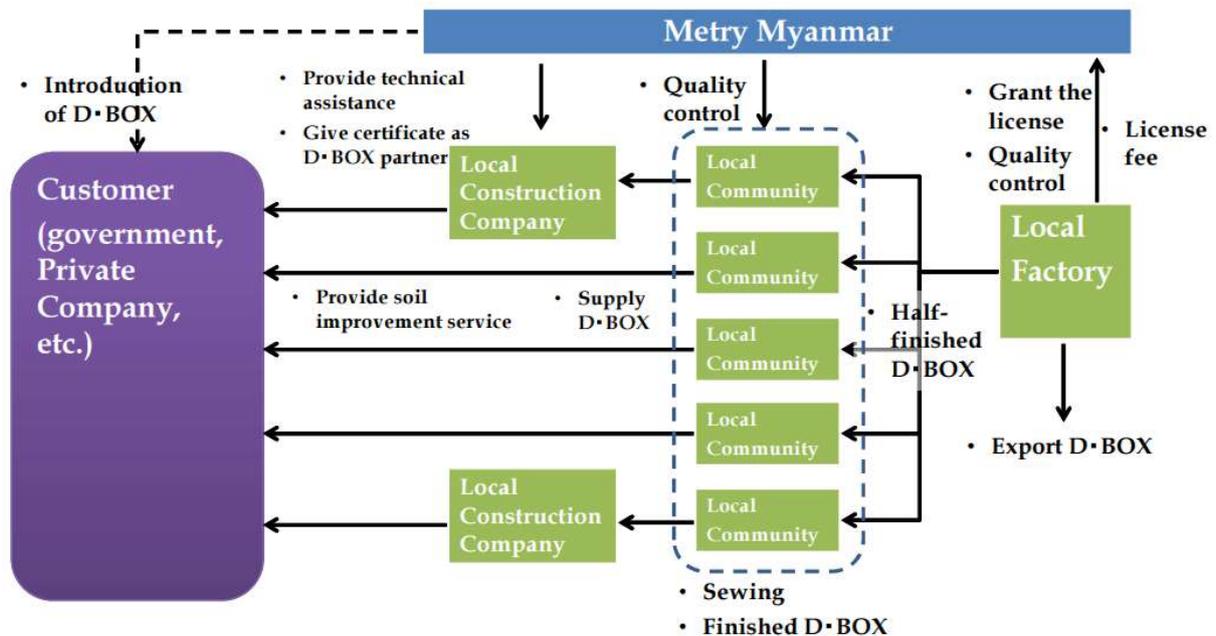


図 2.4.6 事業展開 Future Stage  
出典；調査団作成

### 2.4.3 投資計画、資金計画の検討

次年度についてはODA事業の活用（「民間提案型普及・実証事業」、第5章参照）により、実証事業の実施、更なる市場開拓、現地パートナーとの連携深度化、現地生産化等を行い、事業展開の基盤を構築する。その後（若しくは並行して）現地法人を設立する。軌道に乗るまでの期間はメトリーより営業兼技術支援を行う邦人社員を常駐させ、本製品の普及・展開・技術指導を図る。

開業資金は1,500万円程度を見込んでおり（会社設立のために必要となる）、資金調達については自己資金により賄うことを考えている（更なる資金が必要な場合、銀行より弊社の売上・利益の安定性に高い評価を得ており、海外事業展開についても理解・支援を得られていることから海外開設に伴う投資についての資金調達は可能）。開業費用については約100万円程度を見込んでいる。

以降の事業計画については表2.4.2に示すとおりであり、概ね現地法人設立後4年目での単年度黒字を目指す。1～3年目については開業資金により事業を継続する。

表 2.4.1 開業資金

	単位	初年度
<b>開業資金</b>	<b>円</b>	<b>15,000,000</b>
自己資金	円	15,000,000
借入金	円	0
	円	
<b>開業費用</b>	<b>円</b>	<b>1,000,000</b>
事務所賃貸契約	円	100,000
オフィス用品	円	200,000
会社設立費用	円	350,000
弁護士費用等	円	200,000
その他	円	150,000

表 2.4.2 D・BOX 事業計画

項目	単位	実証フェーズ	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
<b>売上</b>	<b>売上高</b>	<b>円/年</b>	<b>17,600,000</b>	<b>33,000,000</b>	<b>47,500,000</b>	<b>95,000,000</b>	<b>108,000,000</b>
	<b>D・BOX販売</b>	<b>円/年</b>	<b>17,600,000</b>	<b>33,000,000</b>	<b>47,500,000</b>	<b>95,000,000</b>	<b>108,000,000</b>
	販売体数(現地生産)	体/年	8,000	15,000	25,000	50,000	60,000
	販売価格(現地生産)	円/体	2,200	2,200	1,900	1,900	1,800
	<b>代理店手数料</b>	<b>円/年</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	販売体数	体/年					
	手数料	円/体					
<b>経費</b>	<b>経費合計</b>	<b>円/年</b>	<b>26,320,000</b>	<b>39,600,000</b>	<b>47,800,000</b>	<b>84,220,000</b>	<b>89,100,000</b>
	<b>D・BOX原価</b>	<b>円/年</b>	<b>14,400,000</b>	<b>27,000,000</b>	<b>35,000,000</b>	<b>70,000,000</b>	<b>72,000,000</b>
	生産体数(現地生産)	体/年	8,000	15,000	25,000	50,000	60,000
	原価(現地生産)	円/体	1,800	1,800	1,400	1,400	1,200
	<b>人件費</b>	<b>円/年</b>	<b>4,840,000</b>	<b>4,680,000</b>	<b>4,280,000</b>	<b>4,620,000</b>	<b>6,060,000</b>
	<b>日本人</b>	<b>円/年</b>	<b>4,000,000</b>	<b>3,000,000</b>	<b>2,000,000</b>	<b>1,500,000</b>	<b>1,500,000</b>
	単価	円/人・月	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000
	月数	月	8	6	4	3	3
	人数	人	1	1	1	1	1
	<b>ローカル(事務)</b>		<b>240,000</b>	<b>480,000</b>	<b>480,000</b>	<b>720,000</b>	<b>960,000</b>
	単価	円/人・月	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
	月数	月	12	12	12	12	12
	人数	人	1	2	2	3	4
	<b>ローカル(技術)</b>		<b>600,000</b>	<b>1,200,000</b>	<b>1,800,000</b>	<b>2,400,000</b>	<b>3,600,000</b>
	単価	円/人・月	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000
	月数	月	12	12	12	12	12
	人数	人	1	2	3	4	6
	<b>家賃等</b>	<b>円/年</b>	<b>1,200,000</b>	<b>1,200,000</b>	<b>1,200,000</b>	<b>1,200,000</b>	<b>1,200,000</b>
	単価	円/月	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
	月数	月	12	12	12	12	12
	<b>水道・光熱費</b>	<b>円/年</b>	<b>240,000</b>	<b>240,000</b>	<b>240,000</b>	<b>480,000</b>	<b>480,000</b>
	単価	円/月	20,000	20,000	20,000	40,000	40,000
	月数	月	12	12	12	12	12
	<b>広告宣伝・販促費</b>	<b>円/年</b>	<b>1,200,000</b>	<b>1,200,000</b>	<b>1,200,000</b>	<b>1,200,000</b>	<b>1,200,000</b>
	単価	円/月	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
	月数	月	12	12	12	12	12
	<b>その他営業諸経費</b>	<b>円/年</b>	<b>3,600,000</b>	<b>3,600,000</b>	<b>3,600,000</b>	<b>3,600,000</b>	<b>3,600,000</b>
	単価	円/月	300,000	300,000	300,000	300,000	300,000
	月数	月	12	12	12	12	12
<b>利益</b>			<b>-8,720,000</b>	<b>-6,600,000</b>	<b>-300,000</b>	<b>10,780,000</b>	<b>18,900,000</b>

※D・BOX原価には材料費、生産委託費等を含む。

出典；調査団作成

## 2.4.4 D・BOX の供給方法と供給コスト

### (1) 供給方法

#### 1) 工場の抽出

D・BOX の供給方法については、今回の実証実験では日本から製品を輸出して実施した。一方、今後の製品供給方法としてはコスト競争力を高めるため、本調査の中で現地生産可能な工場の条件より抽出した結果、次に示す工場での生産の可能性があることが分かった。今後、スペック、価格等の詳細について協議を進め、現地生産による供給体制を構築する予定である。なお、現時点での調査の結果では、ミャンマーで D・BOX を生産可能な工場は、当該工場 1 社のみである。

製品の供給方法としては、現地代理店を通じて施工業者へ販売する方法、また工場から直接施工業者へ販売する方法を考えている。

#### 2) 工場の概要

工場はヤンゴン市内の東側、South Dagon Industrial Zone の Nga moe yake River 沿いにあり、ヤンゴン市内からは道路距離で約 20km である。ボガレイまで直線距離で約 100km 程度ある。

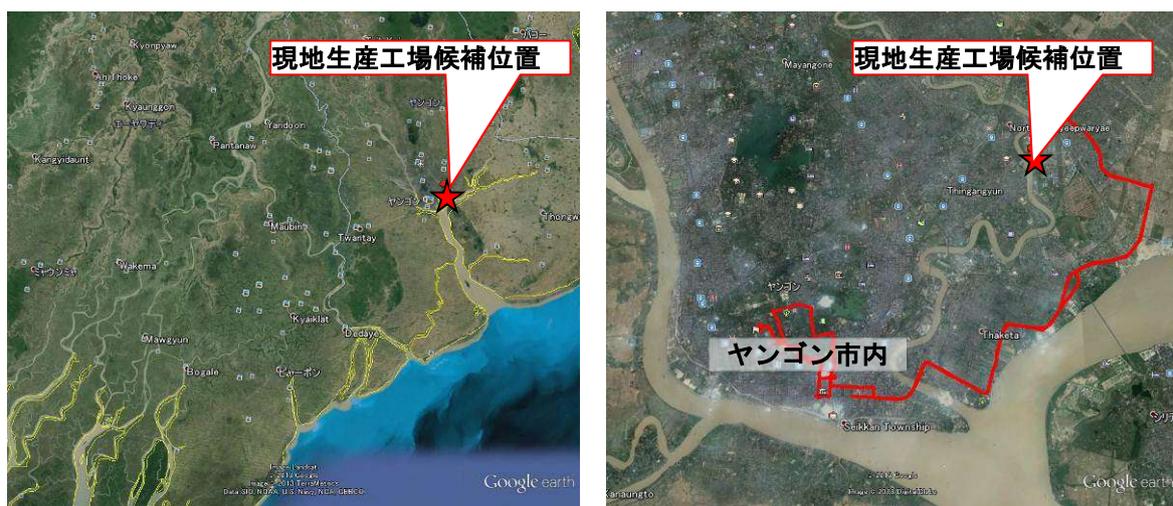


図 2.4.7 現地生産工場（候補）位置図

出典；Google Earth 上に調査団加筆。右図のうち赤線は現地調査時の実際の走行ルートを表す。



図 2.4.8 現地生産工場（候補）外観

出典；調査団撮影 2013 年 12 月

### 3) 供給コスト

現地生産工場との面談において、生産コストの条件を協議。D・BOXの仕様を設定した。この際、現在本工場及びミャンマー国内で入手の難しい材料については代替品を選定。また用途を考慮し現行基準の強度を引き下げる事により（日本では1,250kN/m<sup>2</sup>程度の袋の引張強度を設定しているが、用途によりこれを500kN/m<sup>2</sup>程度の基準に抑える）、ミャンマーにおける用途及び強度と価格における適正化を考慮した。今回の設定において先方から提示されている金額は、D・BOX-LS150の規格を2千袋生産した場合、1,800円/袋。2万袋生産した場合で1,400円/袋程度の金額が示された。最終的に年間6万袋ベースの稼働が実現すれば運送コスト、保管等の必要経費を考慮しても1,200円/袋程度の生産コストが実現できると考える。

表 2.4.3 現地生産時の供給コスト（案）

生産袋数 (LS150)		2,000 袋～	20,000 袋～	60,000 袋～
原価 〔材料費、加工費、輸送費、在庫管理費〕		1,800 円/袋	1,400 円/袋	1,200 円/袋
販売価格	(メトリー⇒代理店)	2,200 円/袋	1,900 円/袋	1,800 円/袋
	(代理店⇒施工業者)	2,500 円/袋	2,300 円/袋	2,300 円/袋
	(施工業者工事費)	2,700 円/袋	2,500 円/袋	2,500 円/袋

※原価には原材料費用、加工費用、輸送費用、在庫管理費用等を含む。

出典；調査団作成

### 2.4.5 市場分析

#### (1) 政府予算規模から見た市場規模

政府予算の動向については、財政赤字が当面続き、予算の効率的な運用と恒常的な赤字状態の解消は大きな課題であるものの、国際通貨基金（International Monetary Fund：IMF）の指導によりGDPの5%以内に管理され、国債は国内で消化されている。そうした状況下で、外資の増加やガス開発などによる税収の増加により歳入・歳出ともに今後も順調に増加する見込みであり、2018年には、政府予算は2013年の倍の3兆円規模になると予想されている。それに伴い、建設投資は飛躍的に増加すると見込まれる（図 2.4.9 ミャンマーの財政収支の予想〔単位 10 億チャット〕）。

また、ミャンマー政府は、軍事予算の割合を23.5%から14.5%に削減し、社会インフラや運輸インフラに対する支出割合を高めていくとしている。

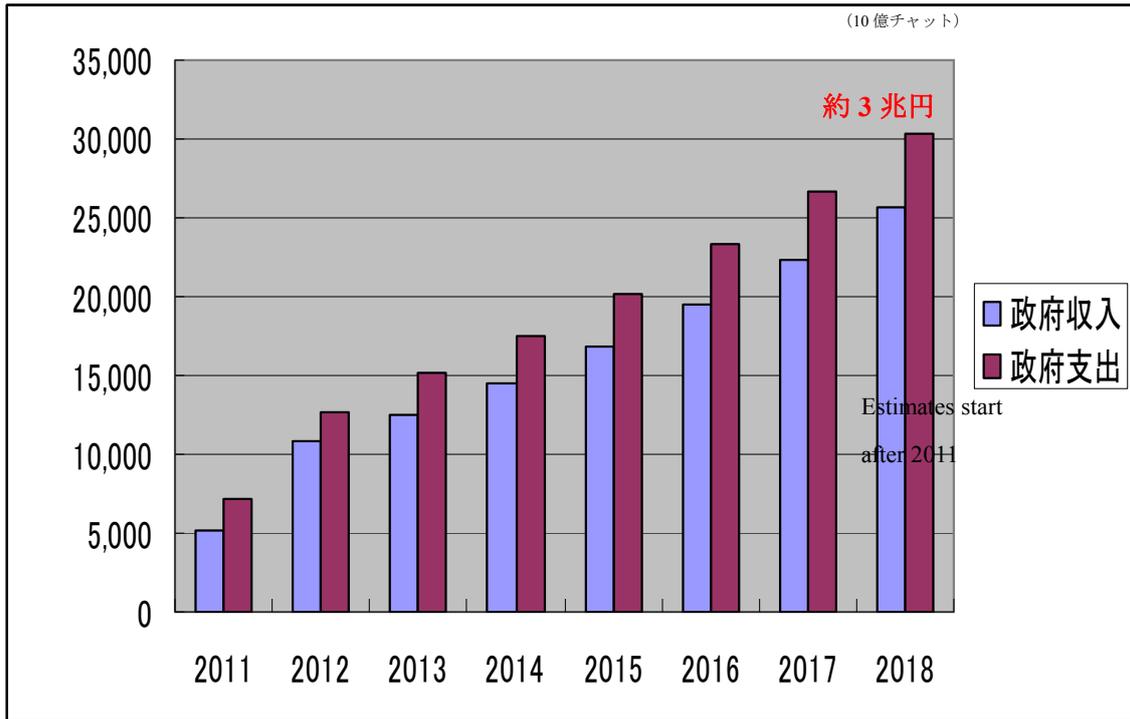


図 2.4.9 ミャンマーの財政収支の予想 [単位 10 億チャット]

出典 ; IMF、World Economic Outlook Database, October 2013

わが国での建設投資額の約 0.3%の 2 兆円（国家予算の約 2%）が地盤改良対策費として使用されており、ミャンマーにおいて国家予算の 1%程度（我が国の半分程度の比率）が軟弱地盤対策費として考えた場合には、約 300 億円/年の地盤改良対策費が必要になると見込まれる。

## (2) インフラ整備計画から見た市場規模

### 1) 道路

軟弱地盤対策及び D・BOX の需要に関する調査をするにあたり、現地政府関係機関（PW、RW、運輸省港湾局、RRD、YCDC）、現地民間団体・企業（MES、ミャンマー建設協会、各民間企業）、日系企業関係団体（JETRO ヤンゴン、JETRO バンコク、各民間企業）などを対象に、軟弱地盤対策として、D・BOX の使用が見込まれる用途や場所などについてインタビュー・アンケート調査を実施した。

なお、アンケート調査では需要に関するアンケート表を第 1 回&第 3 回 D・BOX セミナー（於ヤンゴン）及び第二回 D・BOX セミナー（於ネピドー）にて配布した（解答総計 147 件）。

道路整備においてデルタ地域を多く有するミャンマー内においては、D・BOX 供給コストが安価になり、現在の維持管理との比較によりその効果と経済性が明確になれば、相当の需要が見込めると考えられる。また、使用箇所（地域）についても広範囲の需要が見込まれると考えられる。

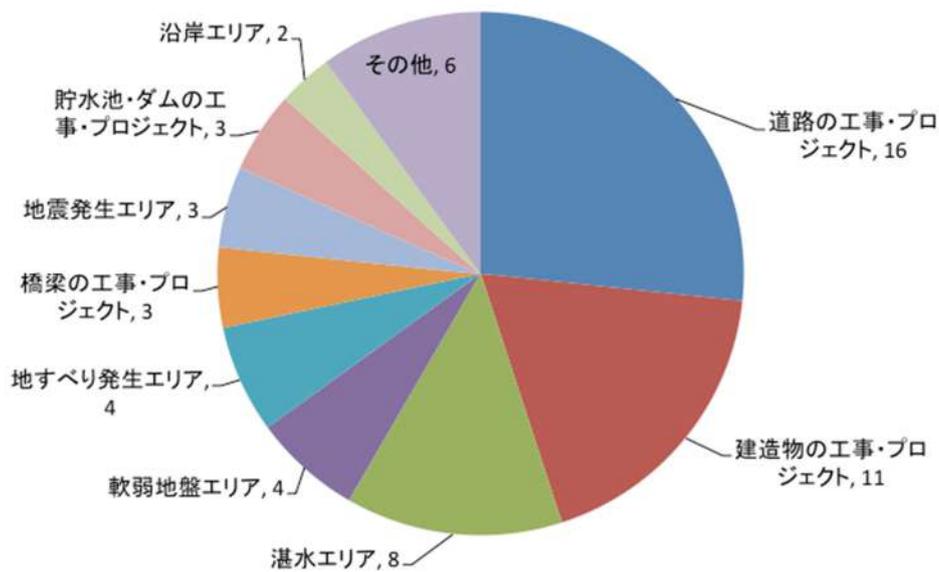


図 2.4.10 D・BOX を採用したい箇所への回答  
出典；セミナーでのアンケートを元に調査団作成

表 2.4.4 D・BOX を採用したい箇所への回答

場所	主な問題				
	地盤沈下	振動問題	湿地	地すべり	その他
Delta Area, Ayeyarwady	✓	✓	✓	✓	
Roadside area, Ayeyarwady				✓	
Magway	✓				
Shan State near Inle Lake	✓		✓	✓	
Tanintharyi Division				✓	
Yangon	✓		✓	✓	
NayPyiTaw	✓		✓		
South Dagon				✓	
South Dagon Industrial Zone	✓	✓	✓	✓	
Building Construction site			✓		
Waterflow Area (River, Stream, Channel etc.)	✓	✓	✓	✓	
KUN Hydropower Project				✓	
HinTharTa Township			✓		
Paddy field	✓				
KUN HPP in Phyu				✓	
Embankment at Bago and Ineawady Region					✓

出典；セミナーでのアンケートを元に調査団作成

デルタ地域が広がっているミャンマー南西部のエーヤワディ管区における現在の道路ネットワークを図 2.4.11 に示す。

当該地区において、特に、現在アスファルト舗装されていない路線は、整備優先順位が高く、上記路線中の砂利道及び土道の延長＝564km については、何らかの軟弱地盤対策工の必要性があると想定される。

【D・BOX の概算需要：盛土高 3m、法面勾配 1：1.5 として基礎部に D・BOX を設置した場合】

564km (延長) × 5m (道路幅員-PW 基準による DV クラス) : 平均高 3m : 底面部  $B=16m + \alpha$   
= 18m)

D・BOX LS150 必要数  $n=564,000m \times 18/1.5/1.5 \times 0.05=225,600$  袋) 全体延長の 5%

※-1 程度を橋梁とのすりつけ部、避難用道路として盛土高を 3m 程度嵩上げしたと仮定  
を需要として見込まれる。

また、今後将来的な道路整備を実施していく中で、その他の路線に対する改修計画に使用されていくものと想定される。

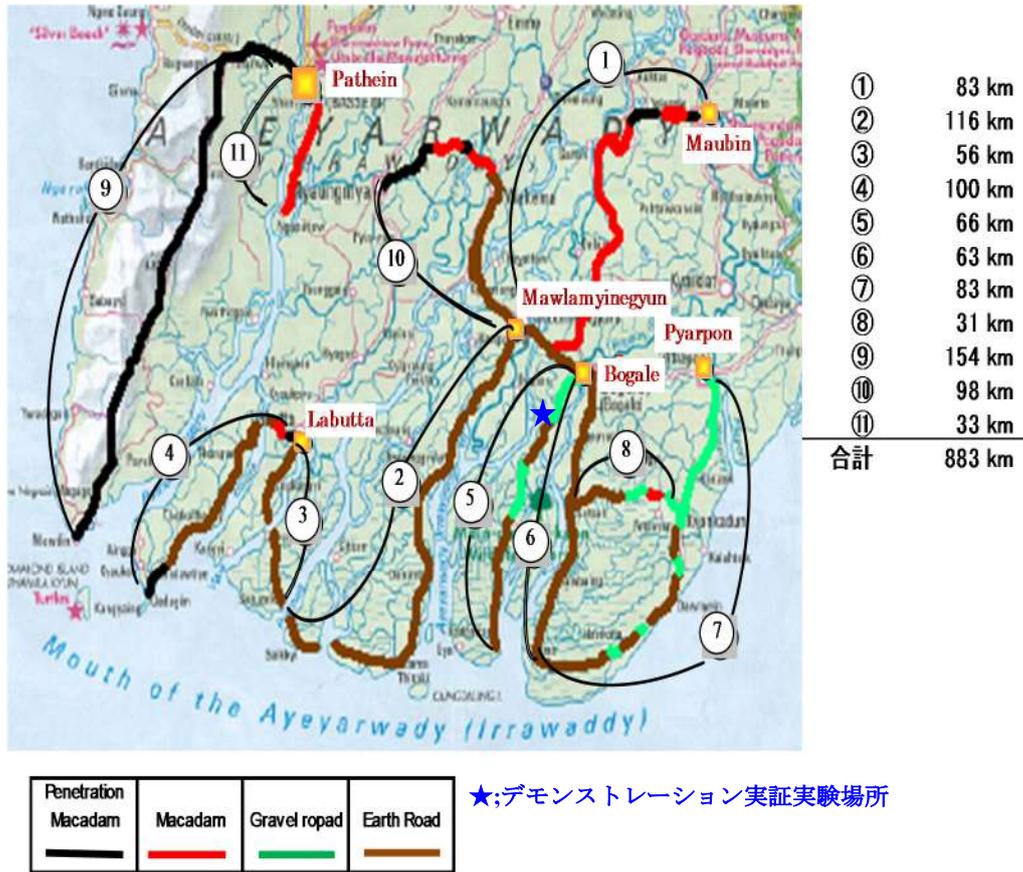


表 4-3 エーヤワディ・デルタ地域道路の現況舗装の種類

PW 名	和名	仕上り程度	平均可能走行速度	解説
Bitumen ■	浸透式 マカダム	舗装	60-70km/h	PW では通常のアスコン舗装と浸透式マカダムの双方を総称してアスファルト舗装と呼称しているが、本地域ではすべて浸透式マカダムである。
Crushed rock (Macadam) ■	マカダム	上層路盤厚 15cm	40km/h	こぶし大から 20cm ぐらいまでの碎石を手で敷き並べ、目潰し碎石を散布した後、転圧して仕上げる。(一部地域で目潰しに土砂を散布していたが手抜き工事とのこと。)イギリス式マカダムから見ると簡略化されている。
Gravel (Metal) ■	碎石 撒きだし	下層路盤厚数 cm	20km/h	最大 5cm 程度の碎石(砂利もある)を撒きだし転圧したもの。本来の下層路盤層と異なり、厚さが薄いため、すぐに下層の路床に混じり、土道のようにになっている箇所が多い。
Earth ■	土道	路床	30km/h (乾季のみ)	両側の土を掘削し盛り上げたままの道路。区間により土質は、粘土質、シルト、砂質シルトとさまざま、乾季には、車両の走行で大量の埃が舞い上がるが、雨期には泥濁化すると予測される。

図 2.4.11 エーヤワディ地域の道路状況

出典；ミャンマー連邦共和国災害多発地域における道路技術改善プロジェクト詳細計画策定調査

H24 年 4 月 JICA

表 2.4.5 エーヤワディ管区内の道路整備計画と橋梁の整備

表 4-5 11 路線の状況(延長は KM 表示)

No.	Road Section	bitumen	Crushed Rock	Gravel	Earth	Total	Managed by
1	Maubin-Yelagale-Shwedaungmaw -Kyaikpi-Mawlamyinegyun	6.6	65.0	-	11.2	82.8	RCSU(4)
2	Mawlamyinegyun-Hlaingbone- Thitpoak -Kwinpouk-Pyinzalu	-	-	-	115.8	115.8	RCSU(4)
3	Labutta-Tingangyi-Pyinzalu	0.8	-	1.6	77.0	56.4	Labutta district
4	Labutta-Thongwa-Oaktwin-Hteiksun	16.6	4.6	-	78.6	99.8	RCSU(2)
5	Bogale-Kyeinchaung-Katonkani	-	-	13.6	52.4	66.0	RCSU(16)
6	Bogale-Setsan-Htawpine-Ama	-	0.8	-	61.0	61.8	Maubin District
7	Pyapon-Kyaonkadun-Dawyein-Ama	6.6	-	34.9	41.1	82.6	Pyapon District
8	Kyaonkadun-Setsan	-	-	7.4	23.2	30.6	Pyapon District
9	Pathein-Thalaikhwa-Mawtinsum	153.6	-	-	-	153.6	Pathein +Labutta
10	Bogale-Mawlamyinegyun- Wakema-Myaungmya	14.4	31.8	17.0	42.4	105.6	Pyapon+ Myaungmya
11	Pathein-Ngapudaw	-	16.0	17.6	-	33.6	Pathein District
	Total	198.6	118.2	92.1	479.7	888.6	

上記道路区間に存在する橋梁を表に示す。

表 4-6 上記 11 区間の橋梁数

No	道路区間	計画数	完成済み	工事中	未着工	管轄
1	Maubin-Yelagale-Shwedaungmaw -Kyaikpi-Mawlamyinegyun	2	2	-	-	RCSU(4)
2	Mawlamyinegyun-Hlaingbone- Thitpoak -Kwinpouk-Pyinzalu	47	27	15	5	RCSU(4)
3	Labutta-Tingangyi-Pyinzalu	12	9	1	2	Labutta district
4	Labutta-Thongwa-Oaktwin-Hteiksun	19	9	10	-	RCSU(2)
5	Bogale-Kyeinchaung-Katonkani	37	31	6	-	RCSU(16)
6	Bogale-Setsan-Htawpine-Ama	16	11	5	-	Maubin District
7	Pyapon-Kyaonkadun-Dawyein-Ama	-	-	-	-	Pyapon District
8	Kyaonkadun-Setsan	1	1	-	-	Pyapon District
9	Pathein-Thalaikhwa-Mawtinsum	369	368	1	-	Pathein +Labutta
10	Bogale-Mawlamyinegyun- Wakema-Myaungmya	10	5	5	-	Pyapon+ Myaungmya
11	Pathein-Ngapudaw	6	3	3	-	Pathein District
	Total	519	466	46	7	

出典；ミャンマー連邦共和国災害多発地域における道路技術改善プロジェクト詳細計画策定調査

H24 年 4 月 JICA

※橋梁部のすり付け部両側（50m×2）100m の盛土に使用すると仮定し、橋梁数 519×100m÷888.6km=0.058⇒5%とした。

## 2) 鉄道、港湾、工業団地、その他

ミャンマー域内の交通網は、概して南北を中心とした交通体系となっており、東西方向は河川により分断されている。また、北部山岳地帯、国境地位でも交通手段が限られている。

1988年以降、少数民族との和解や国家統一のために必要な道路、鉄道の地方延伸に重点が置かれるようになり、また、市場開放政策の推進のため、港湾や空港の整備も重点的に実施されている。さらに、ミャンマー政府は国家の経済発展の牽引役として成長地域と経済回廊に注目しており、当該地域において経済特区（Special Economic Zone：SEZ）が重点的に設けられ政府主導の工業団地が整備されつつある。

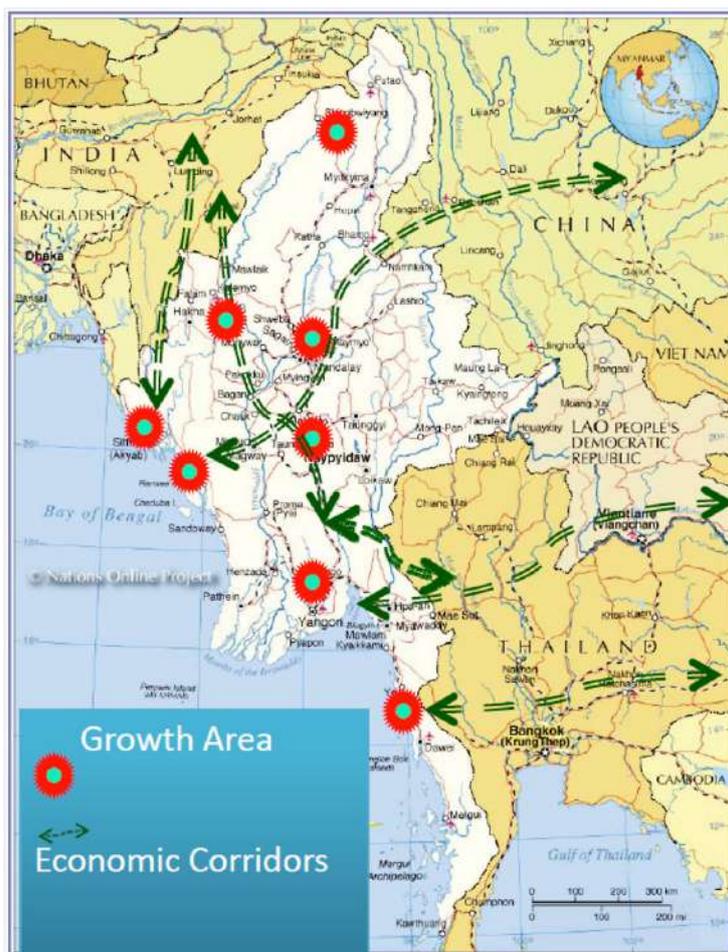


図 2.4.12 成長地域と経済回廊の配置計画

出典；国土交通省ホームページ

### 【鉄道プロジェクト】

エーヤワディ管区内を通る鉄道は、図 2.4.14 ミャンマーで計画中の鉄道プロジェクト（軟弱地盤におけるプロジェクト）に示す④のヤンゴン～パテイン間の建設中の鉄道であり、軟弱地盤での沈下対策、工事用道路対策、排水対策、沈下対策、橋梁部とのすり付け部の対策等の課題を抱えている。

次の写真は RW より本業務にて D・BOX の紹介を行った際に依頼されたパイロットプロジェクトの候補地の軟弱地盤の状況写真である。



図 2.4.13 パテイン～ヤンゴン間の鉄道建設中の軟弱地盤状況  
 (鉄道公社より D・BOX のパイロットプロジェクトとしての依頼あり)  
 出典；鉄道公社

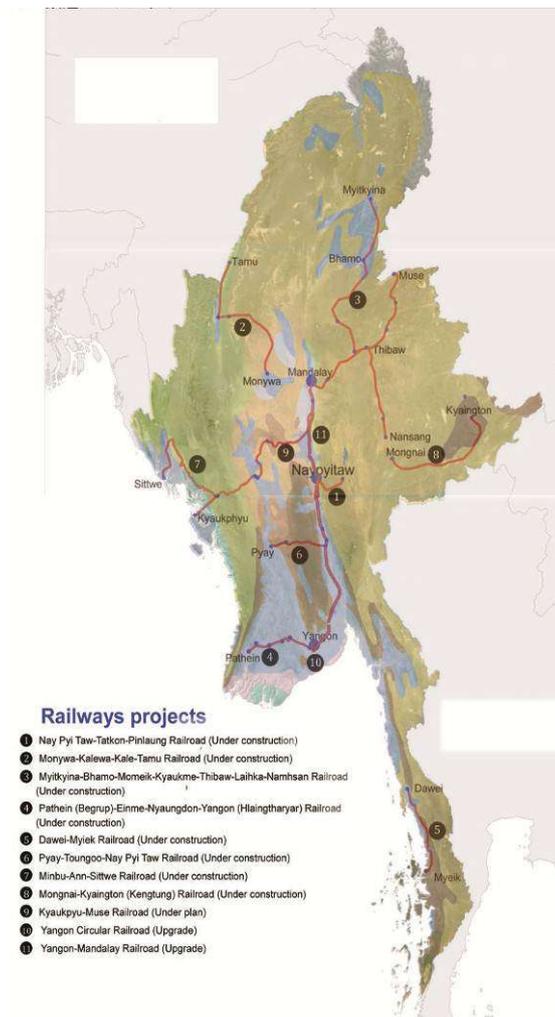


図 2.4.14 ミャンマーで計画中の鉄道プロジェクト (軟弱地盤におけるプロジェクト)  
 出典；JETRO ミャンマーインフラマップ等を元に調査団作成

### 【架橋・トンネルプロジェクト】

エーヤワディ管区での大型架橋プロジェクトは、図 2.4.15 ミャンマーで計画中の架橋・トンネルプロジェクト（軟弱地盤におけるプロジェクト）に示すように、数箇所の計画がある。これらの橋梁部と道路とのすり付け部は高盛土により沈下対策が必要となる。

しかしながら、原地盤の下層部の粘性土のみならず、盛土材料本体の沈下や法面の崩壊などによる対策が別途必要となる。

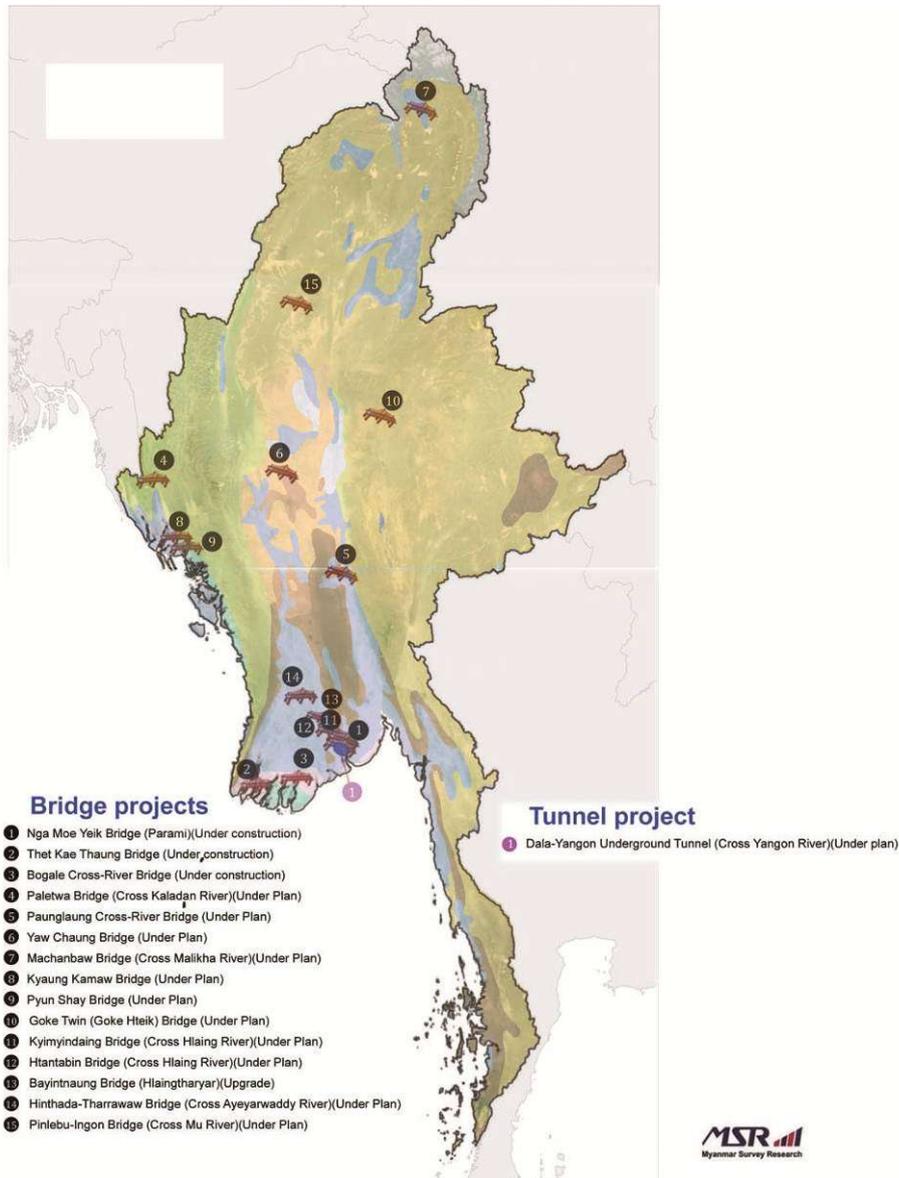


図 2.4.15 ミャンマーで計画中の架橋・トンネルプロジェクト（軟弱地盤におけるプロジェクト）

出典；JETRO ミャンマーインフラマップ等を元に調査団作成

【深海港・空港・経済特区（SEZ）・スポーツ施設プロジェクト】

エーヤワディ管区内での深海港での軟弱地盤対策や埋立地での沈下対策として、パテインの深海港が建設中である。

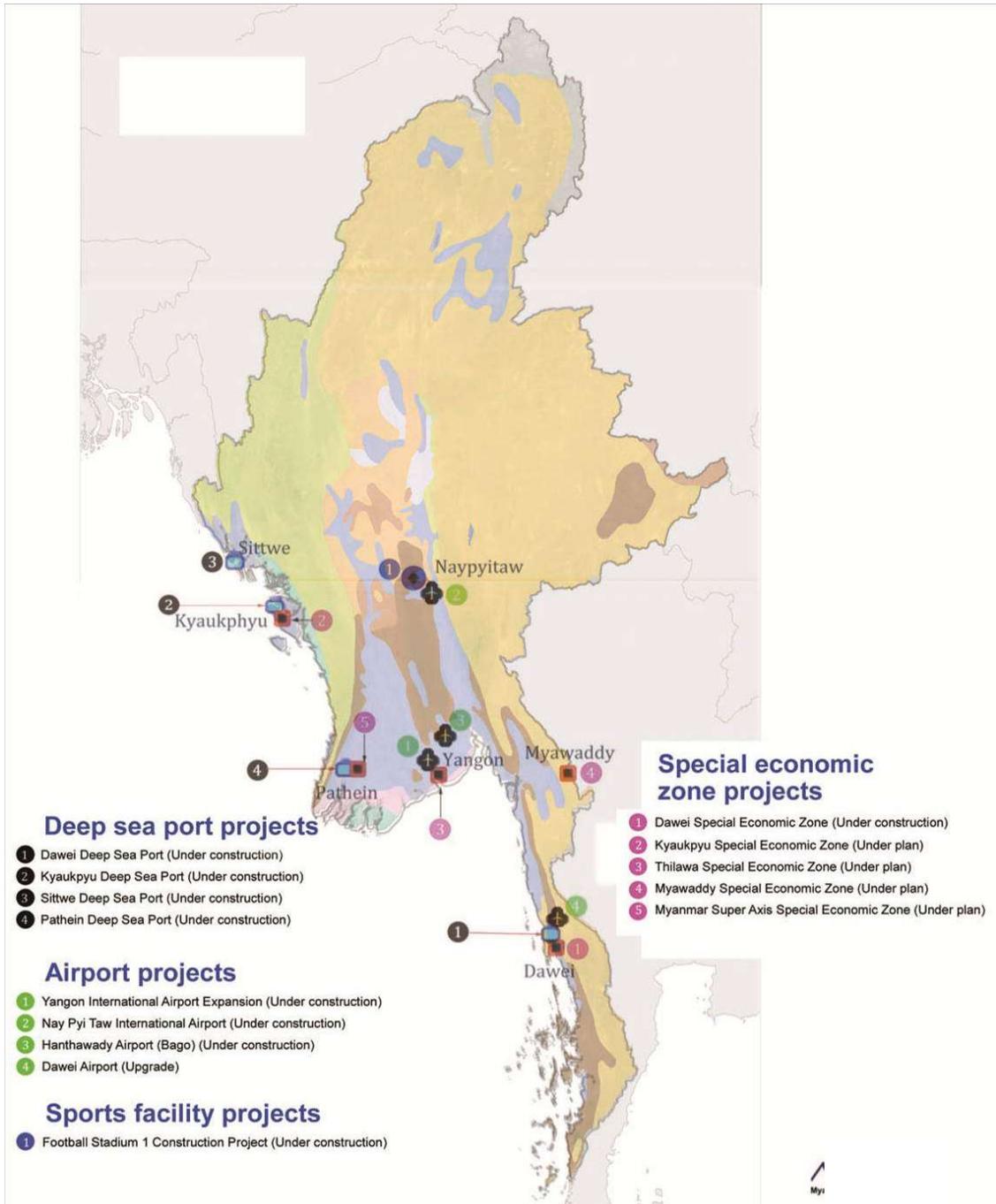


図 2.4.16 ミャンマーで計画中の深海港・空港・経済特区（SEZ）プロジェクト  
出典；JETRO ミャンマーインフラマップ等を元に調査団作成

【工業団地プロジェクト】

ヤンゴン近郊での建設中の 21 の工業団地プロジェクトにおいて、具体的な軟弱地盤対策についての情報は無いが、雨季における軟弱地盤上の工事用重機のアクセスの必要性、排水対策等で、すぐにでも使用したい旨の要望が民間の建設会社から D・BOX 説明会において出ている。

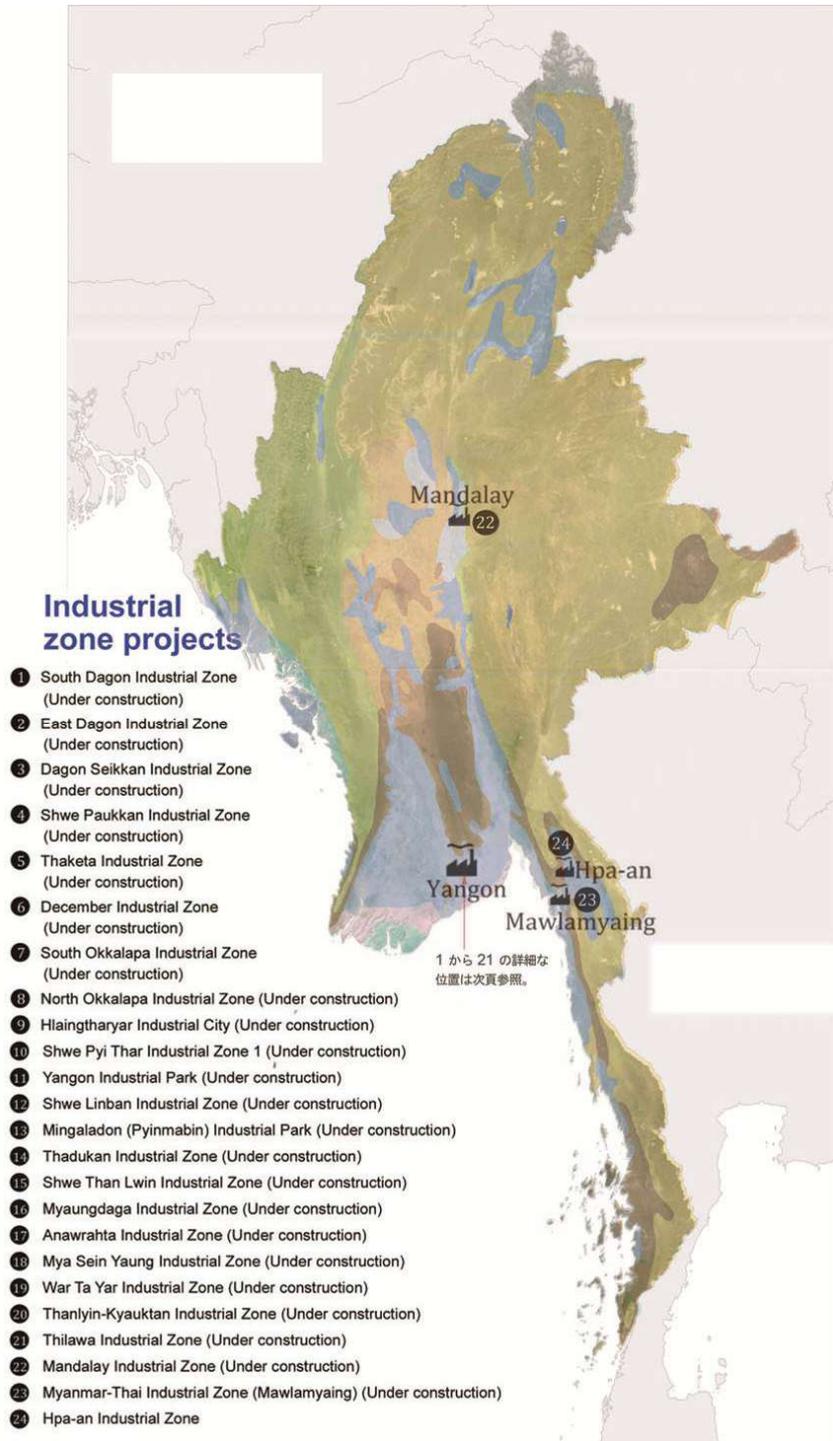


図 2.4.17 ミャンマーで計画中の工業団地プロジェクト（軟弱地盤におけるプロジェクト）  
出典；JETRO ミャンマーインフラマップ等を元に調査団作成

鉄道、架橋・トンネル、深海港・空港・SEZ、工業団地のプロジェクトのうち、軟弱地盤地域において進められている各種プロジェクトの規模についてまとめた結果は表 2.4.6 の通りであり、今後の D・BOX に対する将来需要となる可能性がある。特に④のパティン - ヤンゴン間の建設中の鉄道については、12 月のヒアリング時に D・BOX を軟弱地盤対策のパイロットプロジェクトとして橋梁部のすり付け 100m や、軟弱地盤エリア 100m をすぐにでも試験施工してほしいとの依頼が来ている。

依頼のあったパイロットプロジェクトを実施し、その成果を認められた場合には軟弱地盤地域において進められている各種プロジェクト{鉄道、架橋・トンネル、深海港・空港・経済特別区(SEZ)、工業団地}に示す軟弱地盤上の鉄道[総延長 2,339 マイル⇒約 3,700km]の枕木基礎部への使用や、その他の噴泥箇所、湧水箇所などでの需要が見込まれる。

表 2.4.6 軟弱地盤地域において進められている各種プロジェクト（鉄道、架橋・トンネル、深海港・空港・SEZ、工業団地）の規模

分野	案件名	状況	規模 (マイル)
鉄道	① ネピドー - ピンラウン	建設中	120
	② モンユワ - タム	建設中	125
	③ ミッチーナ - ナムサン	建設中	474.5
	④ パティン - ヤンゴン	建設中	89
	⑤ ダウエイ - メイ	建設中	132.5
	⑥ ピイ - ネピドー	建設中	120
	⑦ ミンブー - シットウェー	建設中	257
	⑧ モンネー - チャイトオン	建設中	226
	⑨ チャウピュー - ムセ (マンダレー - メイツティ ーラ除く)	計画中	440 (非軟弱地盤 60 マイルは除く)
	⑩ ヤンゴン環状線	改修	29.5
	⑩ ヤンゴン - マンダレー (マンダレー - メイツティ ーラ除く)	改修	325.5 (非軟弱地盤 60 マイルは除く)
		計	2339

分野	案件名	状況	規模 (フィート)
架橋	① ンガモエイ	建設中	全長 600、幅 28
	② タッケダウン	建設中	全長 2,840、幅 28
	③ ボガレイ	建設中	全長 3,766、幅 28
	④ パレワ	計画中	全長 180、幅 na
	⑤ パウンラウン	計画中	全長 480、幅 24
	⑥ ヨウチャン	計画中	全長 720、幅 24
	⑦ マチャンボウ	計画中	全長 720、幅 11
	⑧ チャウンカマウ	計画中	全長 2,324、幅 na
	⑨ ピュンシャイ	計画中	全長 1,080、幅 na
	⑩ ゴットウイン	計画中	全長 2,260、幅 na
	⑪ チーミンダウイン	計画中	全長 2,000、幅 na
	⑫ ターンタビン	計画中	全長 2,000、幅 na
	⑬ ベインナウン	建設中	全長 2,000、幅 na
	⑭ ヒンタダ - タラワウ	改修	全長 1,000、幅 na
	⑮ ピンレブー - インゴン	計画中	全長 500、幅 na
トンネル	⑯ ダラ - ヤンゴン地下トンネル	計画中	全長 na、幅 na

分野	案件名	状況	規模（平方マイル）
深海港	① ダウエイ	建設中	3.139
	② チャウピュー	建設中	0.012
	③ シットウエー	建設中	0.039
	④ パティン	建設中	na
		計	3.19

分野	案件名	状況	規模（平方マイル）
空港	① ヤンゴン（拡張）	建設中	na
	② ネピドー	建設中	0.159
	③ ハンタワディー	建設中	0.066
	④ ダウエイ	改修	na
		計	0.225

分野	案件名	状況	規模（平方マイル）
SEZ	① ダウエイ	建設中	97
	② チャウピュー	計画中	97
	③ ティラワ	計画中	7.81
	④ ミャワディ	計画中	1.56
	⑤ ミャンマースーパーアクシス	計画中	11.72
		計	215.09

分野	案件名	状況	規模（平方マイル）
工業団地	① 南ダゴン	建設中	1.159
	② 東ダゴン	建設中	1.041
	③ ダゴンセイッカン	建設中	1.889
	④ シュエパウカン	建設中	0.148
	⑤ タケタ	建設中	0.313
	⑥ ディセンバー	建設中	0.547
	⑦ 南オッカラパ	建設中	0.055
	⑧ 北オッカラパ	建設中	0.173
	⑨ ラインターヤー	建設中	2.538
	⑩ シュエピター	建設中	1.828
	⑪ ヤンゴン工業団地プロジェクト	建設中	1.547
	⑫ シュエリンバン	建設中	1.719
	⑬ ミンガラドン	建設中	0.288
	⑭ タドゥカン	建設中	0.749
	⑮ シュエタンルウィン	建設中	0.645
	⑯ ミャウンダガ	建設中	1.588
	⑰ アノーヤター	建設中	1.216
	⑱ ミャセイイヤウン	建設中	0.452
	⑲ ワータヤー	建設中	1.719
	⑳ タンリン	建設中	4.749
	㉑ ティラワ	建設中	0.195
	㉒ ミャンマー - タイ工業団地 （モウラミヤイン）	建設中	0.253
	㉓ パアン	建設中	1.52
		計	26.331

出典；JETRO ミャンマーインフラマップ等を基に調査団作成

### (3) 現地ヒアリング調査等からみた市場

#### 1) 日系進出企業

JETRO ヤンゴン事務所及びJETRO バンコク事務所を中心日系企業の進出ニーズに関するヒアリングを実施した結果、以下のような情報が得られた。

ミャンマー国内における日系企業の進出に関するニーズについては、まず、工業団地について、ヤンゴン周辺にある18ヶ所のうち国営が9ヶ所、民営が9ヶ所あるが、その多くが水田の状態であり工場建設はこれからである。日本の官民で開発の進むティラワ工業団地では、第一期に比べて第二期・第三期の地盤のN値が低く軟弱地盤対策が必要と聞く。また、道路建設にあたっては、日本のODA案件の内、日本企業の受注率は三割程度であるが、仕様の中にスペックインすることによりD・BOXの需要が拡大できる可能性がある。さらに、建物については、ミャンマー国内において建築基準は存在しないが、ヤンゴン市内において市長の許可で建設できる制限が8階建てのため、その規模のオフィスビルやホテルといった建物について日系企業の関心が高く、建物と基礎杭との沈下による段差が問題となっている。そのため、今後の新築の建物においてもこれらを解決する地盤改良が必要とのことである。

なお、周辺諸国での需要という観点から、バングラデシュではミャンマー同様にデルタ地帯のため軟弱地盤対策を必要としているが、セメントの原料となる石灰岩の入手が困難なことからD・BOXの需要が期待出来るとの助言を受けた。

#### 2) 公共事業省 (PW) 道路関連

ミャンマーにおける道路整備及び道路維持管理は前述したようにPWにより実施されている。しかしながら現段階における道路整備においては、軟弱地盤における対策はこうじられていないと考えられる。軟弱地盤における道路整備も無対策により実施されており、沈下が発生した段階で維持管理を実施するという手法をとっている。

本案件において試験施工が実施されたエーヤワディ管区についても、多くの軟弱地盤上に道路整備が実施されているが、特別な対策工は実施されていない。

しかしながら、ミャンマーにおいても軟弱地盤対策工に対する考え方は変化してきており、何らかの対策の必要性については意識が高まってきている。セミナーにおけるアンケート結果を見ても、その意識の変化は分かる。

現時点においては、ミャンマー内におけるガイドライン・基準などの整備が整っていないが、今後の政府内におけるガイドラインなどの整備に伴い、先に記述した軟弱地盤対策工の需要に連動した大きくニーズは高まって行くことが想定される。

具体的なニーズとしては、エーヤワディ管区の未舗装道路部の沈下対策、法面对策および橋梁部高盛土すり付け部の沈下対策等があり、本業務で実施したボガレイ(Bogalay)からカトンカニ(Katonkani)の5号線の9マイル地点のキョセイン橋(Kyon Sein)のすり付け部の基礎部にD・BOXを使用し、沈下対策工法として試験施工することがPWより要望されており、2014年7月に独自の試験を実施予定である。

エーヤワディ管区の11路線の総延長は、888.6km、橋梁も519あることから（これらの、沈下対策、斜面崩壊対策（滑り対策）などの対応が必要であり、さらに、数年後には、高潮時に緊急避難道路として現在の道路高よりも数メートル高い地盤の道路が必要になると想定される。

### 3) 鉄道公社、運輸省港湾局、社会福祉救済復興省救済復興局およびヤンゴン市開発委員会

現地政府機関とのヒアリングでは、現在計画されている具体的な個別案件について、特に軟弱地盤対策が必要箇所への相談があった。

RWによれば、マンダレーから首都ネピドーを通りヤンゴン手前のバゴーまでの区間につき改修プロジェクトがあり、雨季の湿地地帯における対策が急務であること、また、ヤンゴンから西のパティンに向かう建設プロジェクトについては、乾季でも湿地地帯である区間があり、対策が見つからずに困っていることが指摘された。

運輸省港湾局によれば、港湾建設における防波堤建設において特に軟弱地盤対策の検討が必要であり、また、ヤンゴンにある船舶修理用ドック周辺の軟弱地盤対策も急務となっている。また、チャオピューにおいて湿地エリアで新たな港湾建設計画があり、今後、国際入札にかかる予定。

RRDからは、45ヶ所にサイクロンシェルターを建設予定であり、一件あたりの予算が300万円程度であることから、コストを下げるためにD・BOXを基礎部に使用したいというコメントを得ている（その他 シェルター用の高台造成し原地盤より5m嵩上げしたが、滑りと沈下により嵩上げできないとの情報がある：大使館談）。

なお、YCDCによれば、新規や既存の道路を含め市内に多くの開発計画があるが、湿地帯が多く軟弱地盤対策が急務であり、現地生産によるコスト低減と現地雇用の創出に期待しているとの期待があった。

### 4) ミャンマー工学会

MESの総裁との面談によれば、ミャンマー国内は軟弱地盤が多く、特に本調査において実証試験を予定するエーヤワディ管区は黒い粘土質土壌（Black Cotton Clay）となっており砕石の入手が困難なため、軟弱地盤対策は困難を極めている。特に道路や鉄道では、周辺の高含水比の軟弱粘土を両脇から掘削して盛土しており、雨季には、斜面の崩壊と滑りが発生するとともに、道路部本体も圧密による沈下が生じている状況である。また道路と橋の接続部分は1シーズンもすると道路側が沈下して大きな段差が生じている。

また、ミャンマー建設協会の会員企業各社へのヒアリングによれば、仮設道路の設置、工場の建設といった点で具体的な現場での軟弱地盤対策について喫緊の必要性が指摘され、その場で見積り依頼の依頼があるなど、すでに具体的な相談があるほど切迫したニーズが確認できた。

### (4) D・BOXの需要見込み

軟弱地盤地域において進められている各種プロジェクト（道路、鉄道、架橋・トンネル、深海港・空港・SEZ、工業団地）の一部として道路および鉄道の軟弱地盤対策の一部にD・BOXが使

用されると考え将来需要を想定した（表 2.4.7 D・BOX の将来需要量見込み（道路、鉄道関係）参照）。

将来予測の概算需要として、来年度以降に鉄道と道路において、パイロット事業を実施し、改良効果と実績を明確に示すことにより、鉄道、道路の軟弱地盤対策に対象エリアの5～10%に使用されると仮定した場合の必要量は、D・BOX LS150 約49万袋となり、今後のミャンマーの発展に伴う、プロジェクト実施期間を10年間程度とし、現時法人を立ち上げ、パイロット事業完了後の2016年度以降の事業計画では、その他の民間需要も含め、年間約6万袋程度の需要を見込むものとする。

表 2.4.7 D・BOX の将来需要量見込み（道路、鉄道関係）

分野	案件	距離 (マイル)	距離 (m)	対象 距離 (m)	1m 当り D・BOX (LS150) 使用数量	D・BOX (LS150) 使用数量 (袋)	需要量想定 の考え方	備考
道路	エーヤ ワディ 道路改 良	—	564,000	28,200	8.00	225,600	幅 15m とし、総 延長の 5% に LS150 を使用と仮 定	道路技術改 善プロジェ クト詳細計 画策定調査 H24 年 4 月 JICA
鉄道	パティ ンヤ ンゴン 間	89	143,201	14,320	1.33	19,046	総延長の 10% に LS150 を使用。1m 当り 1.33 袋を使用 すると仮定。	調査団収集 資料
鉄道	ヤンゴ ン市 (Toe Gaynng Ga Lay)	—	6,000	3,000	1.33	3,990	総延長の 50% に LS150 を使用、1m 当り 1.33 袋を使用 すると仮定。	調査団収集 資料
鉄道	その他 (軟弱地 盤)	2,250	3,620,250	181,013	1.33	240,747	エーヤワディ地区 の鉄道の 5% に使 用すると仮定。 1m 当り 1.33 袋を 使用すると仮定。	調査団収集 資料
合計						489,382		

出典；PW、RW へのインタビューを元に調査団作成

## 2.5 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール

### 2.5.1 想定する事業実施体制

想定する事業実施体制は図 2.5.1 に示すように計画しており、D・BOX の現地法人はメトリーが中心となって設立する。現地のパートナーとして、①現地生産工場、②現地代理店、③現地施工業者の選定を行うものとする。

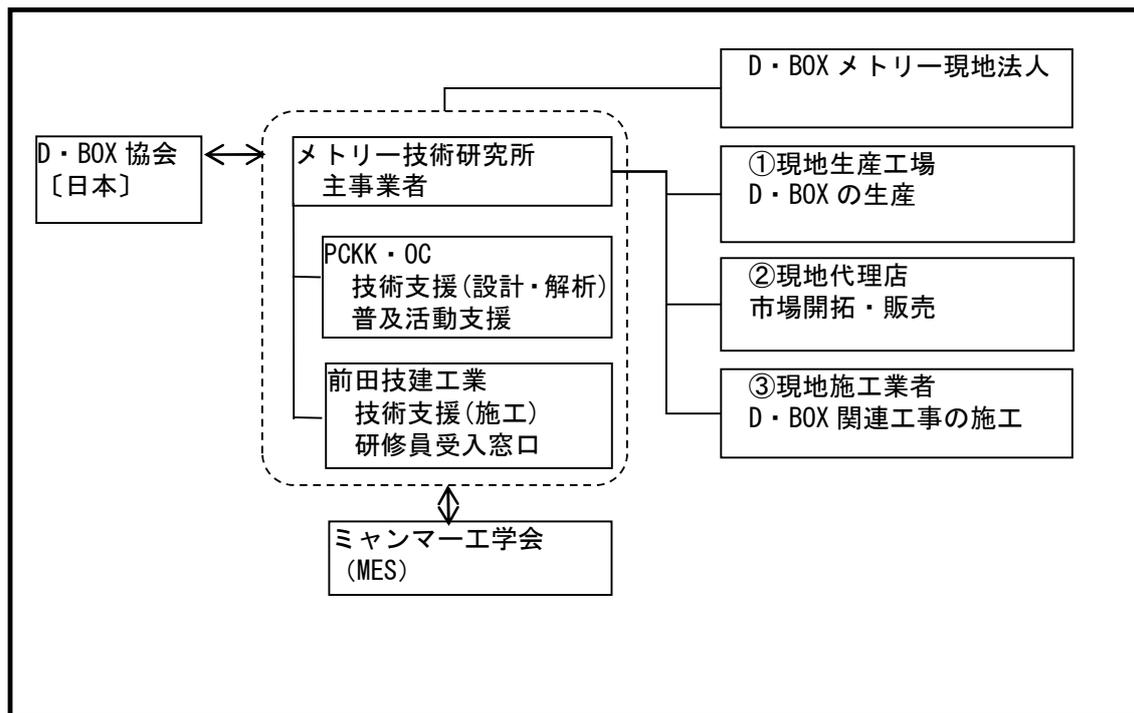


図 2.5.1 想定する事業実施体制

### 2.5.2 現地パートナーの確保の見通し

#### (1) 現地生産工場

現在 D・BOX の生産工場として検討しているのは、ヤンゴン市にあるサウスダゴン工業地区にある Tefel Packing Industries というマレーシア企業が経営する縫製工場で、資本金 7 億円、従業員数 600 名程の工場である。今回のミャンマー滞在において 2013 年 11 月 1 日、社長の Cheng Kin Ming 氏、及び品質管理主任の Ni Ni Win Maung 氏と面談。製造製品並びに工場見学を実施した。

	<p>Tefel 社の外観</p>
	<p>サーキュラーの稼働状況</p>
	<p>平織機の稼働状況</p>

図 2.5.2 工場写真

出典；調査団撮影

主な設備としては原材料の加工、着色、訪糸を行う専用ラインが2本、各種裁断機、縫製のサーキュラー（小型2台、大型1台）と平織用の大型縫製機も3台稼働していた他、補強バンド等を縫製する各種機械も稼働していた。その他工場内では、製造、検品から梱包出荷までのラインは完全にコントロールされており、各工程において品質基準に合わせた管理が実施されていた。

	製品の検品状況
	梱包の様子

図 2.5.3 現地縫製工場の視察

出典；調査団撮影

本工場で生産される製品は完全に輸出専用であり、主な取引先は日本と EU となっており、製品の生産レベル及び、設備の質は極めて高い水準にあり、D・BOX を生産するにあたっての技術レベルは全て満たしている工場であった。なお、現在ミャンマー国内において、大型のフレコンを生産できる工場はこの工場 1 社しか無い状況であり、D・BOX の現地生産工場として考えている。既に工場と生産についての打合せを始めており 2,000 袋以上の需要が確保できれば現地生産は可能であると考えられる。

供給方法については、段階別の選択肢があると考えている。第 1 段階は、日本のスペックで日本から D・BOX を直接輸出して、エンドユーザーに供給する。第 2 段階はミャンマー国内で生産した製品を直接供給する方法である。この場合、2 点に共通する課題としては、現地での販売方法が挙げられる。現状での基本路線としては、ミャンマー内に代理店を設ける方法を検討している。なお、ミャンマー内で直接生産する場合は、現地生産工場の責務として、製品の仕様にあった品質管理や、数量管理、および運搬管理を満足することが要求される。

## (2) 現地販売代理店

現地代理店については、D・BOX の理論と軟弱地盤に対する知識を持った組織であり、販売資格として、D・BOX の技術を正しく理解した管理者（資格制度を考えている）が常駐し、軟弱地盤対策を中心とした市場開拓や販売を手がける組織を対象とする。なお、取扱数量に応じた D・BOX の販売手数料を設定する予定である。具体的な販売代理店の候補者は検討中である。

### (3) 現地施工業者

現地の施工会社としては、D・BOXの施工技術を取得した技術者（資格制度を考えている）が在社しており、メトリーからの資格を取得した技術者が監督できる施工会社を選定する。具体的には、これまでにD・BOXの施工実績がある前田技建工業、Chiyoda & Public Works Co., Ltd.等を考えている。

## 2.5.3 普及、販売に向けたスケジュール

今後のミャンマーにおいての市場の確保の成否は、鉄道公社および公共事業省等でD・BOXを用いた軟弱地盤対策工の採用の有無により決定される。

そのため、軟弱地盤対策が必要な工事個所について、D・BOXを用いた具体的なパイロット事業の実施、D・BOXの技術の理解促進、MESによる技術認証、従来工法との比較によるD・BOX工法のメリットの明示（コスト比較も含む）が必要となる。具体的なスケジュールとしては、表2.5.1 普及に向けたスケジュール（案）に示すように、パイロットプロジェクトを2014年に実施し、2015年までに設計施工マニュアル（ガイドライン）の作成、現地法人の設立、現地生産体制の構築および技術認証の取得に向けた取り組みを行う必要がある。2016年からは、公共および民間を対象とした本格稼働を行う予定である。

表 2.5.1 普及に向けたスケジュール（案）

項目	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
【STEP 0】 案件化調査(本調査)	■				
【STEP 1】 ODA案件(中小企業向け実証・普及事業)		■	■		
現地生産・供給体制の構築		■	■		
パイロットプロジェクトの実施		■	■		
現地パートナーの拡大		■	■		
技術認証に向けた取り組み		■	■		
設計・施工マニュアルの作成		■	■		
【STEP 2】 現地法人の設立			■		
【STEP 3】 販路の拡大と生産コストの削減				■	■
【Future Stage】 地域事業への展開					▶

## 2.6 リスクへの対応

### 2.6.1 想定していたリスクへの対応結果

本調査実施時に想定したリスクとその対応結果は以下のとおりである。

表 2.6.1 想定していたリスクと対応結果

想定していたリスク	対応結果
法務・知的財産権等 本技術をミャンマーで開示した	・ ミャンマーにおいて2013年9月に商標登録、特許申請を行った。

<p>場合、製品を入手すれば簡単にコピーを作られる可能性が高い。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ なお、特許に対する遵守の考え方が希薄と想定されることから、早い段階で現地生産に移行することが必要である。また、MES 等からの商品に対しての認定を受け、認定シールが無いものは公共事業等では使用できないなどの対策が必要である。</li> </ul>
<p>施工方法 ミャンマーの土木作業員、監督者の技術レベルが不明であり、試験施工の実施における段取り、作業効率、施工品質について不安であった。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 現地においては施工時に調査団メンバーが立ち会い、確実な施工が実施できるよう指導を行い、施工不良により本来の D・BOX の機能が発揮できないリスクを回避した。</li> <li>・ なお、厳しい環境内の実証実験であったことや業務の段取りが悪く、重機、資材の供給も不十分な状況であったことから、施工日数は、当初の予定の 3 日間から 10 日間と大幅に遅れた。なお、上記の教訓を踏まえ、今後の D・BOX を用いた施工についての施工マニュアル等のガイドラインを作成するための参考とする。</li> </ul>
<p>D・BOX 試験施工実施場所の提供許可 D・BOX の実証実験の施工場所については、管内の所長レベルでの口頭での約束をもらっていたが、Public Works Ministry of construction の Managing Director(総裁)から事前に許可をもらう必要があった。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ D・BOX の紹介プレゼンをミャンマーに入国後すぐに、ネピドーの PW 本部で副総裁の下で実施したことにより、高い評価を受け総裁 (MD) から実証実験の許可書を頂いた。</li> <li>・ 日本の価格では高いため、ミャンマーでの流通が可能となる安価な供給が望まれている。(現地生産により対応可能)</li> </ul>
<p>ODA のカウンターパートとなりえる関係機関、組織、協力実施上必要となる専門家の要件と成果について検討が必要である。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ D・BOX のエーヤワディ管区での実証実験、3 回のセミナーを行い、その成果を示すことにより、D・BOX の使用を希望する機関として、PW、RW、RRD 等からのパイロット事業としての候補地の依頼があった。</li> <li>・ 技術面では、今後の現場での指導、ビデオによる教育、日本での研修などのカリキュラムを提案し実施していくことが必要である。</li> </ul>

## 2.6.2 新たに顕在化したリスク及びその対応方法等

### (1) 現地生産とした場合の模倣品対策

ミャンマーにおいて商標登録、特許申請を 2013 年 9 月に行っているが、現地にて、歌や映画の CD の違法コピーなどが堂々と露天で販売されていることや、デパートにて高級ブランドの財布やバッグのコピーが販売されているのが実情である。D・BOX 工法は、比較的簡易に導入できる技術・製品である点が優れている。しかし同時に、模倣可能な技術・製品であるとも言える。

そのため、模倣品対策の手段を自社で行う必要がある。D・BOXのような新規製品については、初期から市場を制し、また宣伝などにより実績を重ね、模倣品の発生を防ぐことが将来的に継続する模倣品対策になるものと考えられる。さらに、事業展開の段階に合わせた模倣品対策の手段を講じる必要がある。

現地工場にてD・BOXの製造を開始する場合には、模倣が比較的簡易に可能であると考えられるため、現地製造工場との連携を強固にする必要が生じてくる。

ライセンス形式でD・BOXの現地製造を開始する際には、生産数量に対するライセンスにすることが考えられるが、その際には申告内容の監査などを定期的実施し、申告数量とライセンス付与数量に齟齬が生じないように留意することが必要である。また、齟齬が生じた際の対処・補償等について、ライセンス契約内に明記しておくことが求められる。

或いは、D・BOX製品単独でのライセンスではなく、施工までの一括ライセンスにすることによって、生産数量から施工使用数量までの一連の製品数量が正しいことを随時確認可能なパッケージライセンスにすることも考えられる。

将来的に現地代理店と代理店契約を締結する際には、模倣品に対する協力を仰ぎ、製造工程から市場流通までの一連の流れの中で連携した模倣品対策を行う必要がある。

## (2) 権利関係

ミャンマーは知的財産権に関する法整備が未だ完了しておらず、知的財産権法が存在しない。ただし、知的財産権を登記法に基づいて権利化することがビジネス上の慣例化しており、メトリー社も今回の実証実験に先立ち、同社の知的財産権を保護するべくミャンマーにおいてD・BOX技術・製品に関する知的財産権の登記を済ませた（2013年9月3日）。尚、2021年までに知的財産権法が制定されることがWTOのTRIPS協定で決まっており、ミャンマー国内でも知的財産法制定に向け2013年12月の国会で審議される予定となっている。知的財産権法が制定された際には、現行の登記法で登記した知的財産権の移行期間が設けられると予測されるため、進出に際しては関連情報の収集を継続する必要がある。



図 2.6.1 特許・商標の登記に関する警告広告

出典；ミャンマー NEWSWEEK 誌（2013年9月3日）

### (3) 不良施工

D・BOX を用いて施工不良が起こった場合の責任所在として、施工上のミス、生産段階の袋の強度不足、設計ミス、紫外線の劣化による耐用年数不足などについて、ミャンマーのメトリーの現地法人が中心となって原因究明を行う必要がある。設計、施工ミスについては、再教育の実施を行うとともに、D・BOX を使用した工事に対しての工事用保険への加入等の可能性について検討する必要がある。

### (4) 会社設立の際の資本金の調達

ミャンマーに設立する会社を、日本のメトリー社の支店とする場合には外国投資法ではなく会社法を適用する必要がある。その場合には資本金 15,000USD が最低資本金（ミャンマー弁護士へのヒアリング）となるため、出資者をメトリー1社のみでなく数社を対象とし効率的な会社経営を行うよう体制を組む必要があるものと想定される。

### (5) 安全基準の認定

公共工事で使用する場合には、MES 等からの設計、品質についての安全基準等についての認定が必要である。D・BOX の使用に際しての MES の認定書に必要なデータ等についてレター (Dec 11, 2013) により MES に確認中である。

### (6) 施工内容

#### 1) 中詰材の調達

現地発生土の高含水率の粘土は鋭敏な性質をもっており、中詰材としての利用は不適切であることが判明した。現地発生土の利用は難しいが、近隣で取れる海砂の利用は可能であり、コストも 5300kyat/m<sup>3</sup> (590 円/m<sup>3</sup>) 程度であり利用可能である。砕石は輸送費が高く 23,300kyat/m<sup>3</sup> と高価であり、用途により材料を選定する必要がある。

#### 2) 紫外線対策

ミャンマーの紫外線量は日本の数倍以上といわれており、D・BOX の紫外線に対する強度低減が懸念される。そのため、ミャンマーにおいて劣化試験を実施する必要がある。

## 第3章 製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性 検証活動（実証・パイロット調査）

### 3.1 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の概要

D・BOXの紹介とミャンマーでの超軟弱地盤対策等の利用可能性について、これまでの日本の実施例やインドネシアでの試験施工例を①プロモーションビデオにより紹介し、ミャンマーのエーヤワディ管区デルタ地帯の超軟弱地盤での②デモンストレーションを兼ねた実証実験を行い、③セミナーにて成果を発表するとともに、D・BOXのミャンマーでの適用場所、用途についてアンケートを実施した。その結果より今後のミャンマーでのODA案件化のパイロットプロジェクトや、民間需要の調査を行った（図 3.1.1 参照）。

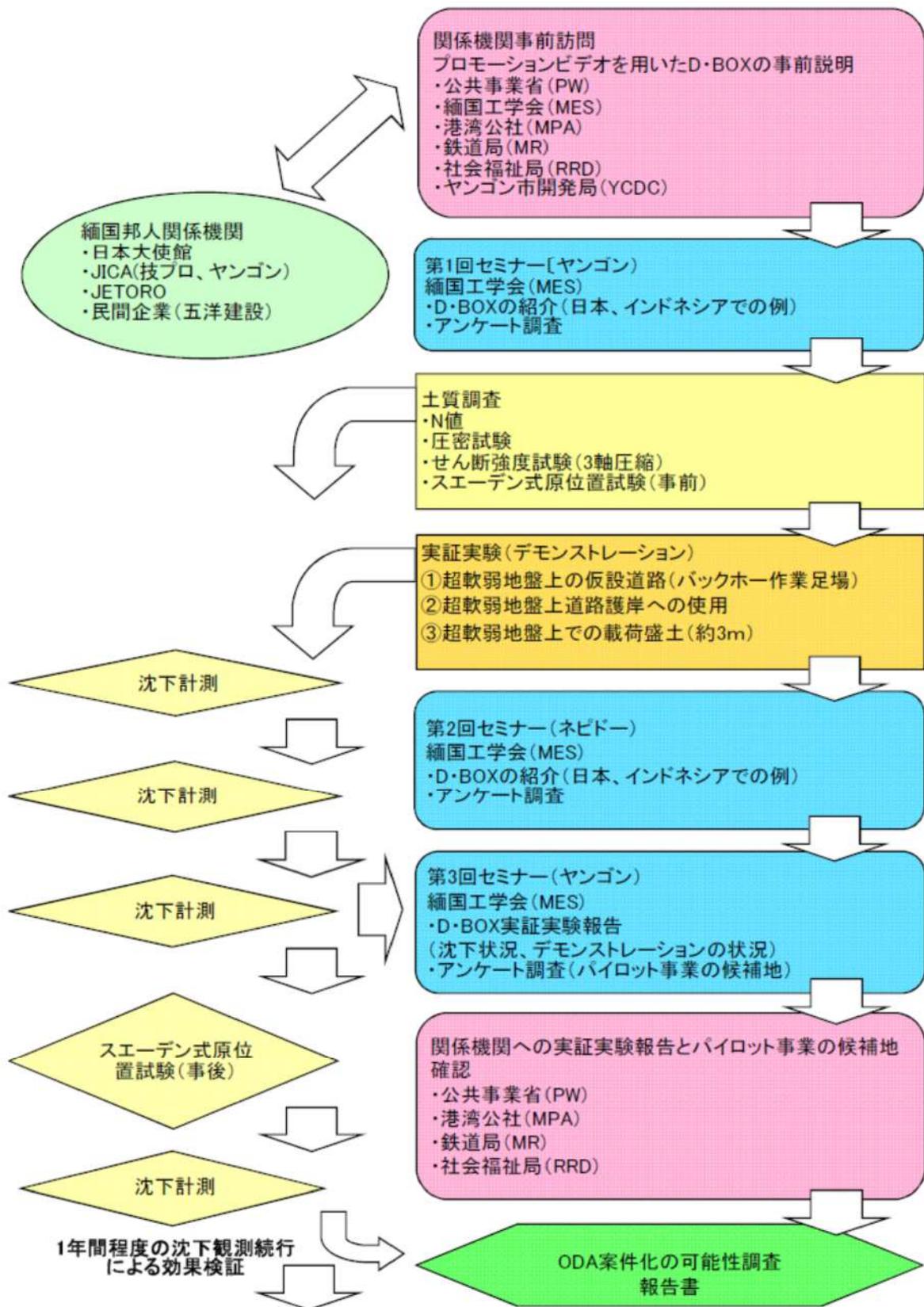


図 3.1.1 現地適合性検証活動の作業フロー

出典；調査団作成

### 3.1.1 プロモーションビデオを用いた製品の紹介

MES で実施する 2 回のヤンゴンでのセミナーおよび首都のネピドーでの関係官庁を招待したホテルでのセミナーに先立ち、D・BOX のプロモーションビデオによる紹介を中心に各関係機関にて説明し、セミナーへの参加案内をお願いした。

D・BOX の製品紹介では、これまでの日本およびインドネシア カリマンタン島の軟弱地盤における場所での仮設道路での実証実験、PCKK がメトリー、群馬大と実施した D・BOX を用いた液状化現象に対する模型実験による効果検証などについて取りまとめた約 10 分間のプロモーションビデオを製作した。説明言語は、日本語、英語に加え、緬語による翻訳も行った。



図 3.1.2 プロモーションビデオを使用した D・BOX の紹介

出典；調査団撮影

### 3.1.2 デモンストレーション実証実験の実施

ヤンゴンから南西約 150km のボガレイ (Bogalay) 近郊のデルタ地帯エーヤワディ管区 5 号線の Kyon Sein 橋付近 (図 3.1.3 参照) の軟弱地盤にて、図 3.1.4 に示す D・BOX を用いた 3 項目のデモンストレーションを兼ねた実証実験を行った。

〔実施時期：2013 年 11 月 1 日～2013 年 11 月 13 日〕

#### 【3 項目の実証実験】

- ① 軟弱地盤上の仮設道路 (バックホウ 27t の作業足場)
- ② 軟弱地盤上の道路護岸 (slope protection)
- ③ 軟弱地盤上の高盛土の載荷試験

なお、事前に土質調査 (-9.5m) を実施し (11 月 2 日) 当該地盤の強度特性と沈下等検討材料資料を得るとともに沈下観測を実施した。また、12 月中旬には載荷盛土による原地盤強度増加を確認するため、スウェーデン試験を実施した (実施イメージを図 3.1.4 に示す)。



図 3.1.3 デモンストレーション実証実験場所  
出典 ; ミャンマー地図

【実証実験の目的】

これらのデモンストレーションの実施に当たっては、次の 3 項目の可能性を確認することが目的である。

- (a)超軟弱地盤での現地材料での地盤支持力の確保の可能性 : (現地発生土 or 海砂)
- (b)特殊な重機を使用せずに、現地人による施工の可能性 : [施工技術の指導により実践で確認]
- (c)現地生産による安価な D・BOX の供給の可能性 : (現地での生産の可能性とコスト確認)

# D・BOXのデモンストレーション (2013/11/6~13, ボガレイ)

## ① 軟弱地盤上の仮設道路(インドネシア カリマンタン島での実施例)



## ② 堤防の護岸部での使用例(日本の堤防の基礎部への使用)



## ③ 軟弱地盤基礎にD・BOX(砂詰材)を使用した場合の載荷盛土試験と土質調査

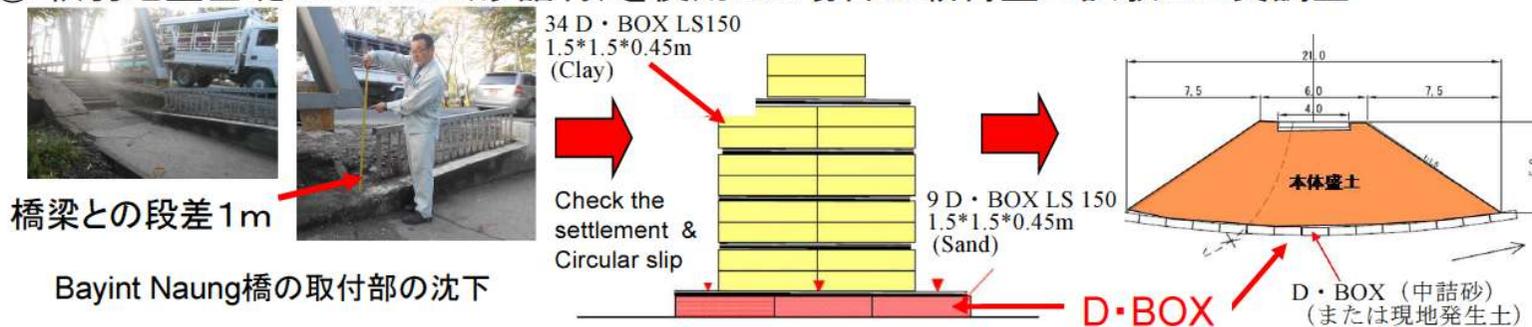


図 3.1.4 実証実験 3 項目の実施イメージ

出典 ; 調査団作成

### 3.1.3 各デモンストレーションの概要

#### (1) スローププロテクション〔潮位差の激しい道路護岸への適用〕

対象箇所は、水路が直角に当たる場所であり、これまで何度も雨季に護岸が崩壊している。沈下と滑りを抑制することを目的として、軟弱な基礎部に中詰に砂を使用した D・BOX (LS150) を設置し、その上部に LS100 を 8 段 (高さ約 2m) 設置した。

今調査期間中に効果を確認したが、乾季の短期間の沈下観測と状況確認ではその効果の確認が不十分であるとの PW の要望を受け、D・BOX を存置し来年雨季 (6 月～9 月) の状況も検証し、沈下測定と現状確認をした上で、さらにその効果を確認する。

なお、現在の状況は沈下も収束しつつあり安定している状態である。施工状況および沈下観測点をそれぞれ図 3.1.5 および図 3.1.6 に示す。

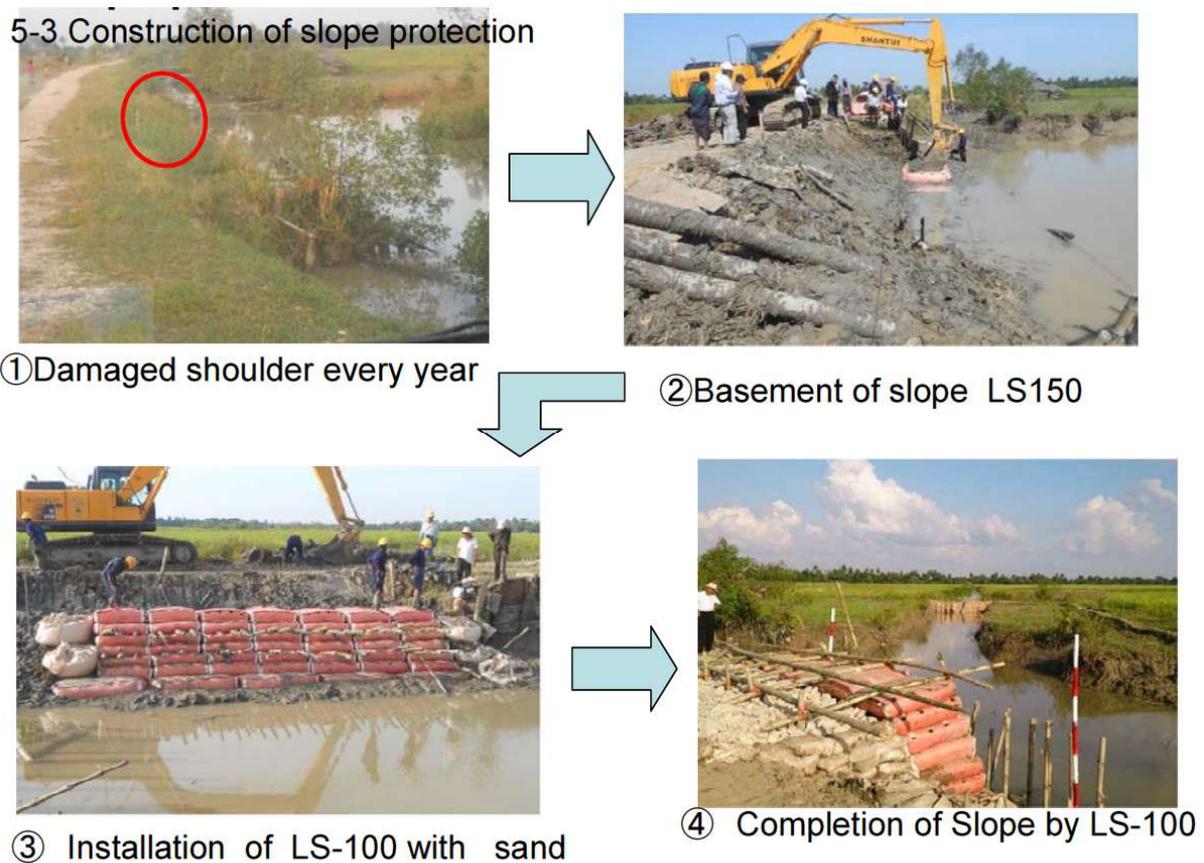


図 3.1.5 道路護岸 Slope Protection の実証

出典；調査団撮影

Survey points and covered with a sheet



Point of settlement



D·BOX is covered with blue sheet in order to protect from ultraviolet rays.

図 3.1.6 Slope Protection 沈下観測点と紫外線防止用シートによるカバー  
出典；調査団撮影

## (2) 仮設道路〔重機の仮設作業足場〕

超軟弱地盤上での、D・BOXの仮設道路〔仮設足場〕としての効果を確認するため、N値0が5mも続く軟弱地盤上にD・BOX（LS150：砂中詰）を重機を使用せず、人力のみにて6袋設置〔4.5m×3.0m〕し、その上に荷重が均等に作用するようにベニア板にて足場を製作した。その上に運搬船からバックホウ（27t）を揚陸させ、載荷試験の作業足場とした。作業足場は2013年から11月9日～12日の4日間使用し、沈下量は7cm～29cmであったが、作業開始日に約70%沈下し、それ以降は安定した状態であった。なお、作業終了後に、D・BOXの中詰砂を撤去水洗いし、D・BOXを再利用可能な状態としている。

## Temporary Road (stage) for a Back-hoe

### 4-1 Demonstration of temporary stage for a back-hoe

① Back hoe(27t) was requested to land on the very soft ground site from the river



② 6 D-BOX were Installed for temporary stage of Back-hoe by man power only



③ Back-hoe was able to land on the soft clay at Kyon Sein bridge using D-BOX



図 3.1.7 仮設足場の設置状況 (27tバックホウの作業足場)

出典；調査団撮影

### (3) Loading Test (載荷試験)

超軟弱地盤上に D・BOX (LS150：中詰砂) を 1 層 (t=40cm 程度) で設置し、載荷盛土 (約 3m) に対しての滑り破壊対策、沈下抑制対策としての効果を検証するため、河川際の超軟弱地盤上に載荷盛土を行った。載荷盛土としては、現地で水路掘削時に発生するヘドロを D・BOX (LS150：約 1.0m<sup>3</sup>) の中詰材として利用した (重量 16.7KN/m<sup>3</sup>)。なお、満潮と干潮位差は約 2m である。

この試験では、原地盤の滑り破壊と圧密沈下の D・BOX の抑制効果を確認するため、2013 年 11 月 12 日の設置完了日から 9 ポイントの沈下観測を継続している (PW からの要望を踏まえ、1 年間沈下計測を継続予定である)。沈下状況は、最初の一日目で 65%~80%の沈下であり、2 週間目以降はほぼ落ち着いている。さらに、PW の要望を受け、モンスーン時期の状況も踏まえ、1 年間の沈下観測を続け、D・BOX の安定性について検証する。



図 3.1.8 軟弱地盤上の D・BOX 基礎への载荷盛土試験  
出典；調査団撮影

### 3.1.4 セミナーの開催

D・BOX の紹介と土嚢理論、およびミャンマーでの D・BOX の適用可能性について 3 回のセミナーを行った。セミナーの開催はヤンゴンで 2 回、ネピドーで 1 回の開催とし、ヤンゴンは MES にて 2 回実施し、関係機関、会員、学生に呼びかけを行い、幅広い分野の参加者を募り、ネピドーでは、収容人数に制限があることから、軟弱地盤対策に関係の深いと思われる関係機関のみを招待したセミナーとした。セミナーにおいて D・BOX の用途や活用場所についてのアンケートも実施し、ミャンマーでの必要性や今後の ODA 案件化の可能性を探った。

セミナーの参加者構成と概要を図 3.1.9 および図 3.2.17 に示す。

アンケートの回収結果では、D・BOX に対する評価が非常に高く、ミャンマーのデルタ地帯等の軟弱地盤への活用を求める内容が多数を占めた。

## 全体セミナー参加者(141人)

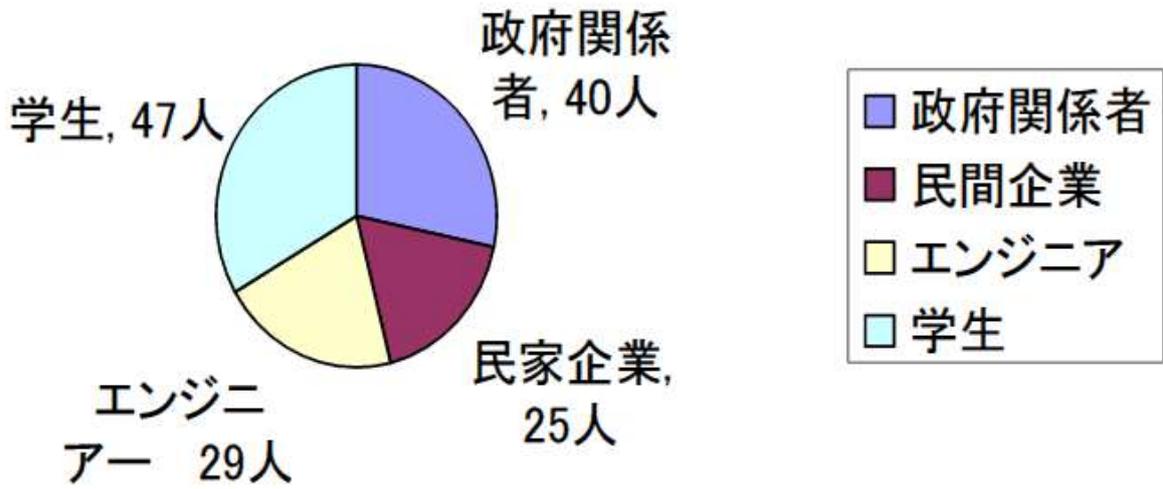


図 3.1.9 D・BOX セミナー参加者の構成  
出典；セミナー時アンケートを元に調査団作成



図 3.1.10 セミナーの様子  
出典；調査団撮影

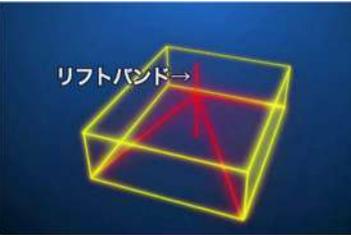
### 3.2 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の結果

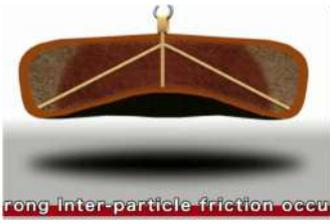
#### 3.2.1 説明用ビデオの作成

D・BOX の紹介を行うための 10 分程度のプロモーションビデオの製作を日本語版、英語版を製作した。さらに、ミャンマー語にも翻訳し、セミナー時に翻訳版を配布することにより、D・BOX に対する理解は深まっている。

ビデオの内容は、表 3.2.1 および表 3.2.2 に示すように、実際の活用事例による液状化対策効、軟弱地盤対策等について紹介している。また、D・BOX の液状化に対する効果として、2013 年 8 月にメトリーと PCKK が群馬大学で実施した液状化模型共同実験結果での、D・BOX の沈下抑制効果を映像で示している。

表 3.2.1 D・BOX のプロモーションビデオの作成（日本語版、英語版）その 1

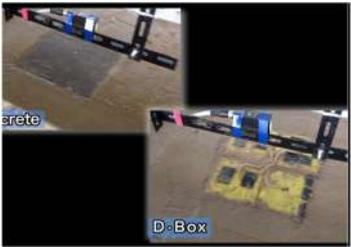
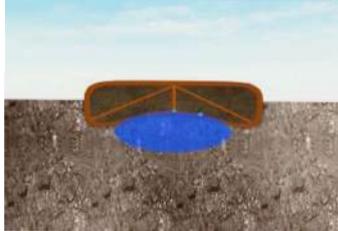
項目	詳細	映像イメージ
D・BOX の紹介	D・BOX のプロモーションビデオとして、日本語版、英語版の 2 種類を用意した。事前のプレゼン、セミナーにて紹介（ミャンマー語訳も用意し通訳が説明した）	
LS シリーズの紹介	D・BOX には、SS（小型サイズ）と LS（大型サイズ）があり、今回の対象である LS シリーズを紹介した。	
内部拘束トラスの説明	普通の土のうとの違いを説明し、内部のトラスバンドに中詰め材を拘束することにより、軟弱地盤上においても形を維持することが可能である。	
D・BOX の中詰め材投入	D・BOX の中詰め作業(中詰め材投入後にマジックテープにより蓋とする)	

内部拘束の効果	内部拘束の効果により形状維持と内詰材料の締め付けが発生し、形状が保持される。	
インドネシア カリマンタン島のジャングルでの仮設道路の試験施工の紹介	バリックパパンから船で1時間、ジープで2時間行った奥地でプランテーションを実施しているが、道路の状態が悪く改善策を模索している。	
沼を掘削して盛土する。	D・BOX は設置厚が 25cm しかないため、軟弱土を盛土し、高さ調整を行った。	

出典；調査団作成

表 3.2.2 D・BOX のプロモーションビデオの作成（日本語版、英語版）その 2

D・BOX を製作し盛土したところに D・BOX を設置する。	別途現地にて、型枠を設置し、D・BOX の中詰の指導をおこなった。	
D・BOX を製作後、すぐに軟弱地盤の上に直接設置	約 50m 離れた場所から D・BOX LS100（中詰：碎石）を運び、敷設（1層）した。 作業は約 4 時間で 30 袋の敷設と碎石の表層敷設を完成させた。	
バックホー35t の反力で押し込むが、これ以上は押し込み無い（計算では約 120kn/m <sup>2</sup> ）の地耐力となる。	設置 3 時間後の 1 層の D・BOX LS100 の地盤反力は約 12t/m <sup>2</sup> 程度を確認	

<p>この道路の沈下計測 沈下は 3cm 程度</p>	<p>2013 年 7 月 18 日に施工し、 2013 年 10 月中旬のダンプ通行 状況（板の上を走行している場 合は沈下はほとんど発生しな い）</p>	
<p>室内実験装置による D・BOX の液状化試験</p>	<p>左側の家が D・BOX 基礎、右側 は、コンクリート基礎である。 コンクリート基礎は砂の液状化 に伴い沈下している。</p>	
<p>D・BOX とコンクリ ート基礎との比較</p>	<p>コンクリート基礎は完全に砂の 中に埋没しているが、D・BOX は周辺の水を吸収し沈下してい ない。</p>	
<p>D・BOX の特徴</p>	<p>内部に間隙水圧が入りこみ水の みを吸収し、周辺の水分も吸収 し液状化を抑制する。</p>	
<p>超軟弱地盤上での駐車 場の建設</p>	<p>人も立てないような場所に D・ BOX を設置し、駐車場とした。</p>	

出典；調査団作成

### 3.2.2 製品・技術の紹介

MES で実施する 2 回のヤンゴンでのセミナーおよび首都のネピドーでの関係官庁を招待したホテルでのセミナーに先立ち、D・BOX のプロモーションビデオによる紹介を中心に各関係機関にて説明し、セミナーへの参加案内をお願いした。

3 回のセミナーによる D・BOX の製品の紹介および基礎となる土嚢理論紹介、D・BOX の活用方法、ミャンマーでの活用場所のアンケート調査も行った。

2回目以降は、実証実験の状況や結果も含め、面会での実際の映像と沈下状況の説明もセミナーにて実施した。

さらに、第3回目の最終セミナーでは、実証実験の沈下計測結果および超軟弱地盤でのD・BOXによる地耐力の増加や、実物のD・BOXを持ち込み、実際に手に触れてもらい使い易さを説明した。

さらに、使用の可能性が高い、政府関連機関へのアンケートを送り、今後のパイロット事業としての可能な場所の提供や協力体制について、個別の訪問によりヒアリングをおこなった。各関係機関へのプレゼンの概要は表 3.2.3 に示すとおりである。



図 3.2.1 セミナーでのD・BOX本体の紹介  
出典；調査団撮影

表 3.2.3 D・BOX の紹介で訪問した関係機関

日付	ヒアリング先	面談概要
2013/10/18	Public Works, Ministry of Construction	D・BOXの紹介、セミナー案内、施工工事について
2013/10/21	在MM日本大使館	デマケ、撤去工事の件
2013/10/21	JICA ミャンマー事務所	デマケ、D・BOX無償供与の件
2013/10/22	現場メモ	施工現場現場視察状況
2013/10/24	現場メモ	施工現場現場視察状況
2013/10/25	Public Works, Ministry of Construction	施工に関する確認
2013/10/28	JETRO バンコク事務所	緬国知財法に関する動向
2013/10/28	在MM日本大使館	デマケ、施工場所の確認
2013/10/28	Myanmar Engineering Society	セミナー打ち合わせ
2013/10/28	Myanma Port Authority	D・BOXの紹介、セミナー案内、需要調査
2013/10/28	JICA ミャンマー事務所	デマケ、施工場所の確認
2013/10/29	Myanma Railways	D・BOXの紹介、セミナー案内、需要調査
2013/10/29	Public Works, Ministry of Construction	デマケ、セミナー案内、需要調査
2013/10/30	Relief and Resettlement Dept., Ministry of Social Welfare, Relief and Resettlement	D・BOXの紹介、セミナー案内、需要調査
2013/10/31	JETRO ヤンゴン事務所	D・BOXの紹介、需要調査
2013/10/31	Esq. Khine Khine U	会社設立法、特許法について
2013/10/31	建設協会	D・BOXの紹介、需要調査
2013/10/31	Yangon City Development Committee	D・BOXの紹介、需要調査
2013/11/1	TEFEL PACKING INDUSTRIES (縫製工場)	工場視察
2013/11/3	現場メモ	施工現場現場視察状況
2013/11/5	D・BOX Seminar	セミナー議事録(質問事項等)
2013/11/12	D・BOX Seminar	セミナー議事録(質問事項等)
2013/11/14	五洋建設	D・BOXの紹介、需要調査
2013/12/2	Chiyoda & Public Works Co., Ltd.	施工状況の確認、沈下状況確認
2013/12/2	Civil Solution Consultant Co., Ltd.	アンケート内容確認、依頼内容確認
2013/12/2	Public Works, Ministry of Construction	施工資材に関する打ち合わせ、需要調査
2013/12/4	Esq. Khine Khine U	会社設立法、特許法について
2013/12/4	Myanmar Engineering Society	セミナー打ち合わせ
2013/12/4	JICA技プロ鉄道	需要調査
2013/12/6	TEFEL PACKING INDUSTRIES (縫製工場)	生産価格調整
2013/12/7	D・BOX Seminar	セミナー議事録(質問事項等)
2013/12/10	Relief and Resettlement Dept., Ministry of Social Welfare, Relief and Resettlement	需要調査
2013/12/10	Public Works, Ministry of Construction	需要調査
2013/12/10	Myanma Railways	需要調査
2013/12/11	在MM日本大使館	表敬訪問、撤去工事の件
2013/12/11	技プロ 鉄道 現場メモ	現場確認

出典；調査団作成

### 3.2.3 デモンストレーションの実施

#### (1) デモンストレーションの目的と実施場所

##### 1) 目的

今回の D・BOX のデモンストレーションを兼ねた実証実験は、3.1 で前述したように、ミャンマーでの D・BOX の普及の可能性を確認するため、次の 3 項目を確認することを目的としている。

- (a)超軟弱地盤での現地材料での地盤支持力の確保の可能性：(現地発生土 or 現地近辺の海砂)
- (b)特殊な重機を使用せずに、現地人による施工の可能性：(施工技術の指導により実践で確認)
- (c)現地生産による安価な D・BOX の製作供給の可能性：(現地での生産の可能性とコスト確認)

さらに、実証実験の目的は、図 3.1.1 に前述したとおりであり、セミナー等にて実際のミャンマーのエーヤワディ管区の超軟弱地盤における D・BOX の効果を実際に紹介するとともに、今後の ODA 案件化のパイロット事業としての候補地や対象となる関係機関の協力体制についてのアンケートを実施した。

デモンストレーション後のアンケート結果および関係機関へのヒアリング結果より、来年度以降に ODA 案件化の対象として D・BOX を使用したパイロット事業の場所や協力体制についての回答が PW、RW、RRD 等から提出されている。

##### 2) 実施場所

デモンストレーションの実証実験場所は、当初予定していたピャボンとボガレイ間道路のクラックの入った法面の補強から、超軟弱地盤でたびたび高潮被害に見舞われ道路法面の護岸も常に崩壊している場所で行うことを PW のエーヤワディ管区担当責任者 (U Kyaw Shane : Deputy Chief Engineer) から 10 月下旬の現場確認時に強く要望された。それにより、超軟弱地盤で、頻りに洪水等に見舞われ、重機等のアクセスが不便な地区に、当初予定していた条件より更に厳しい条件下で D・BOX を使用することとした。

当該地はヤンゴンから南西に約 150km 離れたボガレイ(Bogalay)の町の波止場から、幅約 500m のボガレイ河を渡り、さらに 15km 南下した PW 管轄のエーヤワディ管区 5 号線のキョセイ橋 (Kyon Sein) 付近である (図 3.2.2、図 3.2.3 および図 3.2.4 参照)。

なお、当該地は、2008 年のサイクロン ナルギスにより多数の死者を出した地域であり、道路の高さは両側水路の満潮位からは 0.4m 程度しかない状態である。地元の方へのヒアリング結果によれば、サイクロン時には、地盤面から 2m 程度水位が上昇し、橋の上のみが村人の避難場所であったとのことである。



図 3.2.2 ボガレイ河の渡河用栈橋  
出典；調査団撮影



2013年12月3日撮影 満潮時



2013年12月8日撮影 干潮時

図 3.2.3 Kyon Sein 橋付近での載荷試験および仮設作業足場  
出典；調査団撮影

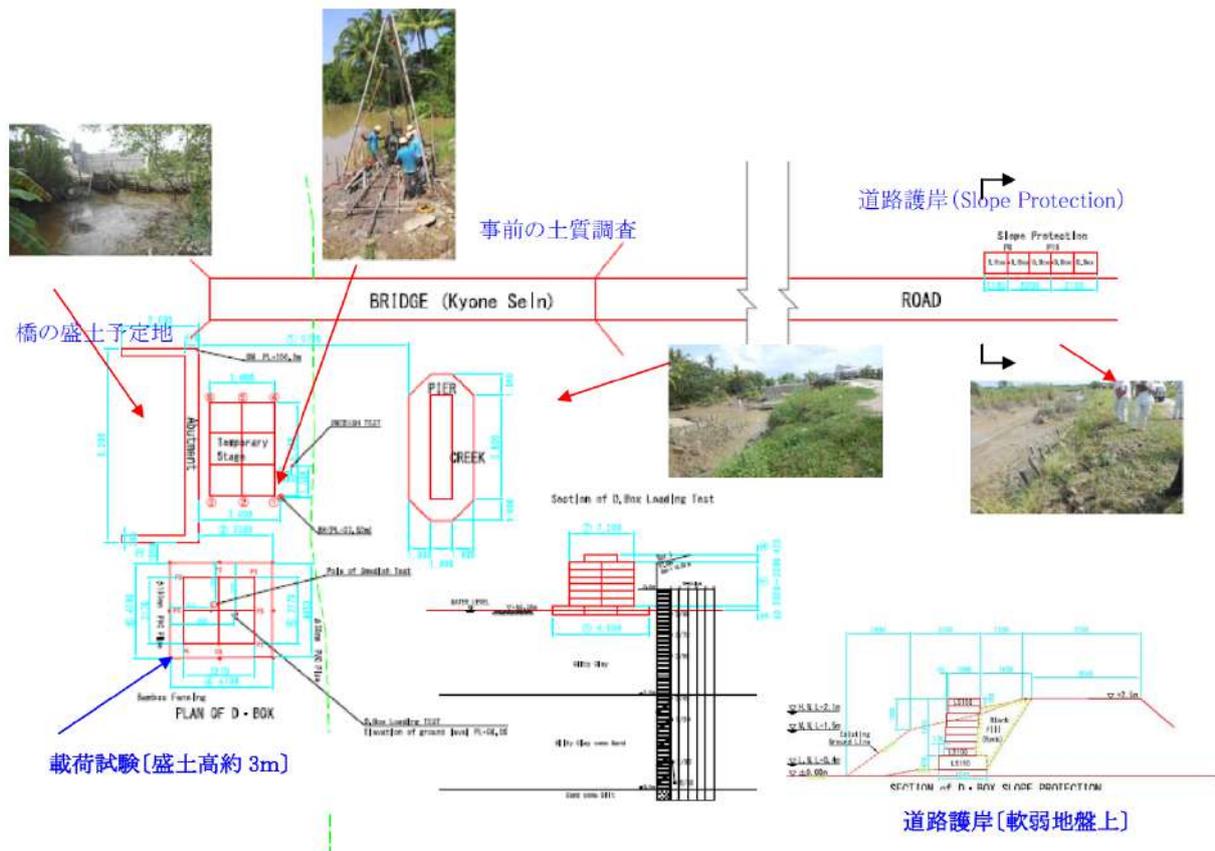


図 3.2.4 実証実験の平面および断面形状 (Kyon Sein 橋付近)  
出典；調査団作成

## (2) スローププロテクション (道路護岸)

### 1) 施工

道路護岸の施工は、D・BOXの製作を含めて2013年11月6日(水)から13日にかけて施工を行った。当初はD・BOX護岸の背後の埋立材に砕石等の良質な材料を入れる予定であったが、非常に軟弱で粘性が高い発生土しか手に入らないため、基部にD・BOX LS150を実施し、法勾配を1:05程度としてD・BOXの積み上げを行った。しかしながら、傾斜堤防構造としたため、基部のD・BOXに偏心荷重が作用し、D・BOXの軟弱地盤に対する効果が期待できなかったことから、図3.2.5に示すようにD・BOXを垂直に立ち上げ法勾配無しの方法でD・BOXを設置し透水性を確保するため背後には砕石を投入した。再設置に要した時間は44袋の施工で2日弱であった。なお、護岸天端2箇所沈下測定ピンを設置し、沈下計測を継続している。

Elevation of Bamboo Mesh

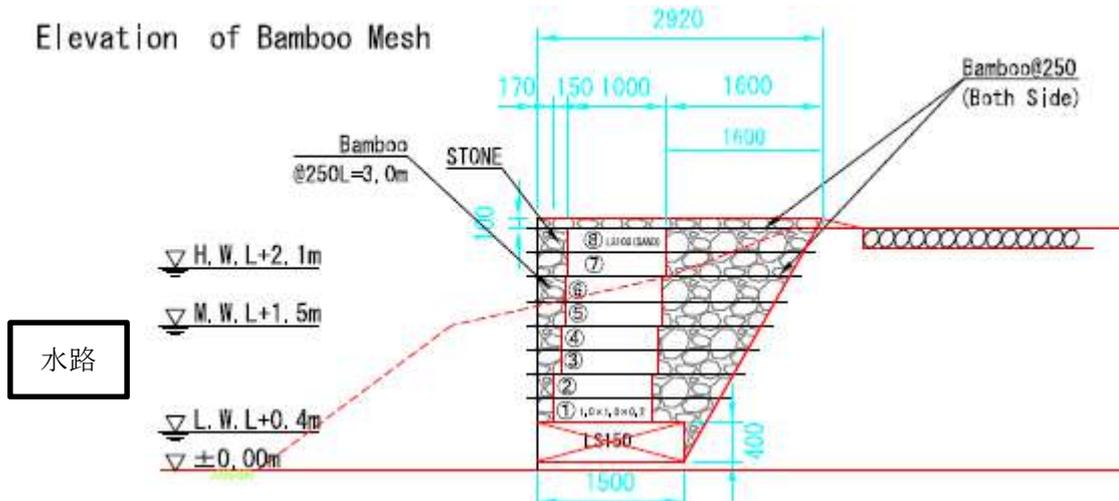


図 3.2.5 超軟弱地盤上に D・BOX を利用した Slope Protection(道路護岸)の完成断面  
出典；調査団作成

	<p>D・BOX 1 段目設置</p>
	<p>D・BOX 上段部設置</p>
	<p>D・BOX 完成断面と沈下計測ピン (2箇所) 紫外線を防ぐために、その後、シートを敷設</p>

図 3.2.6 D・BOX 完成断面

出典；調査団撮影

## 2) 沈下測定

道路護岸の安定性の確認を行うため、D・BOXでのSlope Protection設置後、表3.2.4に示す間隔で沈下観測を実施しており12月18日の沈下計測結果を見ると、沈下はほぼ収束している。しかしながら、PWからの要望もありPWが一切の管理責任を取るとの条件でD・BOXを存置し、雨季の状況を確認するため、引き続き、沈下観測は1年間継続予定である。

表 3.2.4 道路護岸の沈下計測間隔

完成後	沈下計測間隔	沈下計測回数	備考
① 設置日～7日間	1日	7回	2013年11月13日～19日
② 1週目～1ヶ月	1週間	4回	2013年11月26日～12月18日
③ 1ヶ月～6ヶ月	1ヶ月	5回	2014年1月18日～5月18日
④ 半年～1年	2ヶ月	3回	2014年7月18日～11月18日

出典；調査団作成

表 3.2.5 道路護岸の沈下状況 (2013.12.8)

日付	2013/11/13 (16:00)	2013/11/14 (11:45)	2013/11/15 (8:00)	2013/11/16 (8:00)	2013/11/17 (8:00)	2013/11/18 (8:30)	2013/11/19 (8:00)	2013/11/26 (15:00)	2013/12/4 (10:00)	2013/12/11	2013/12/18	合計 沈下 量(m)
P9 法面	98.083	98.063	98.054	98.052	98.049	98.051	98.050	98.048	98.039	98.040	98.039	-0.0242
P10 法面	98.150	98.133	98.125	98.123	98.121	98.121	98.121	98.119	98.115	98.115	98.115	-0.0180

出典；調査団作成

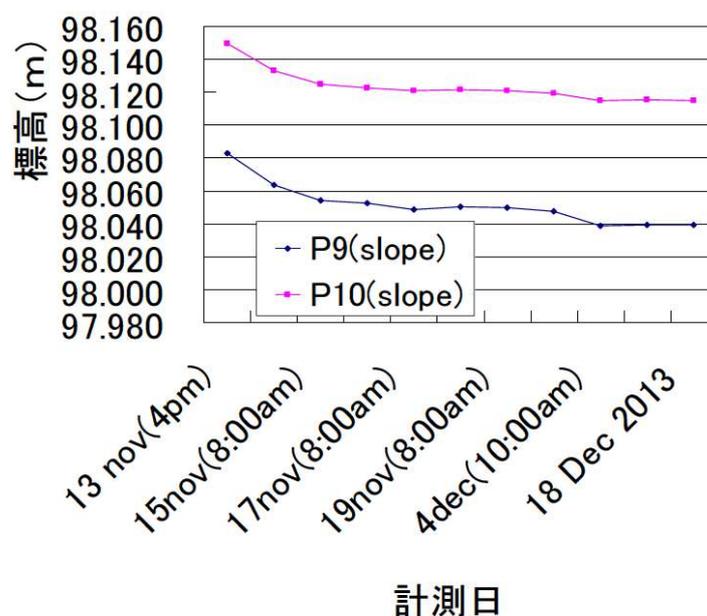


図 3.2.7 道路護岸の沈下状況

出典；調査団作成

(3) 仮設道路（バックホウ 27t の作業足場）

1) はじめに

当初の予定では、道路護岸等の施工時に D・BOX の 2 つのタイプ（中詰材を砂、現地発生土）を超軟弱地盤上に設置しバックホウ（27t）を走らせることで、D・BOX の効果を PR するデモンストレーションを予定していた。しかしながら、高盛土作業を行うに当たり、当初予定していたクレーンが無く、バックホウが運搬船で運ばれ揚陸後に、軟弱地盤上での作業が必要となった。

そのため、次の写真が示すように中詰砂の D・BOX を重機を使用せずに人力のみで、バックホウ作業足場を設置した。なお、当該地の土質試験結果は、N 値は深さ 5m まで 0 の超軟弱地盤であり、D・BOX 以外の他の従来工法では 27t のバックホウを載せ、さらに高盛土の載荷試験の足場とすることは、杭を打設するか、深さ 5m までセメント固化処理等を行う工法程度しかないと考えており、D・BOX の効果が十分に発揮することが出来たデモンストレーションであった。作業足場としての沈下計測でも 4 日間の作業において、6 箇所の計測結果では最大沈下量は 29cm（最小は 7cm）であるが、最初の 1 日で 70%沈下しその後は安定しており、2t 弱の D・BOX の設置作業を人力のみで行うことができた。なお、中詰を現地発生土とした D・BOX は、粘着力が弱く、足場の基礎として用いることは難しい状況であり、載荷試験のカウンターウエイトとしてのみ使用した。

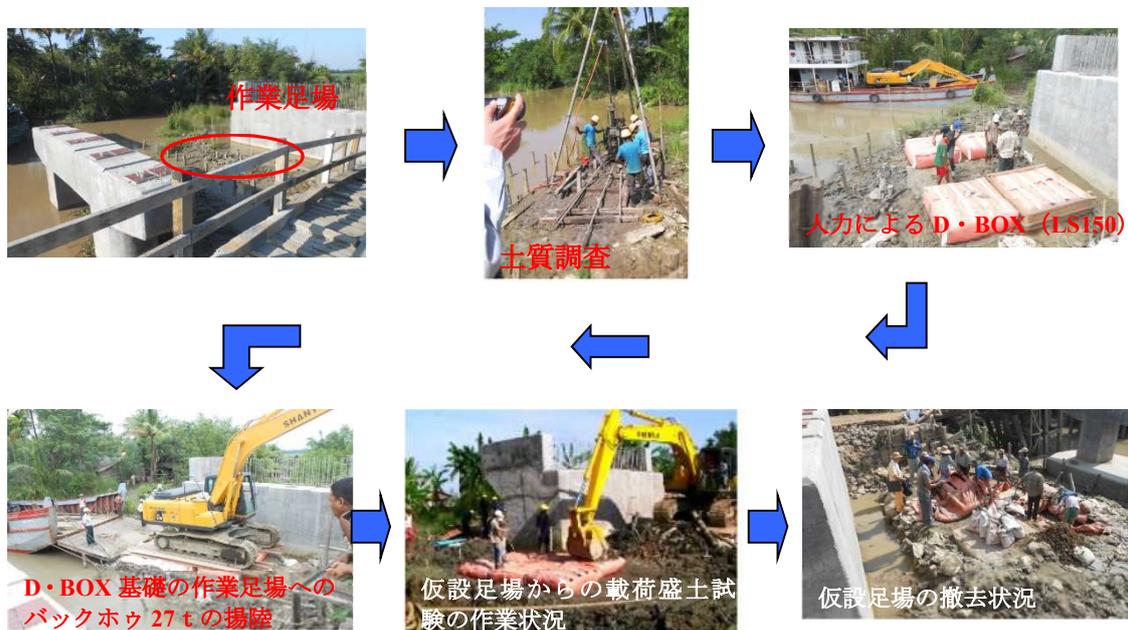


図 3.28 軟弱地盤における D・BOX を使用した、バックホウ(27t)の仮設作業足場  
(2013 年 11 月)

出典；調査団撮影



BORE HOLE No. <b>BH-P-01</b>		<b>BORING LOG</b>					Job No. <b>FKYB-2013-031</b>																	
PROJECT NAME : Soil Investigation for D-Box Project		BORING EQUIPMENT : TOHO "D1"		DATE : 02.11.2013																				
LOCATION : Bogalay-Ka Don Ka Ni Road, Bogalay Township, Ayeeyarwaddy Region		BORING METHOD : Rotary Direct Circulation		<b>CLIENT</b>																				
GROUND LEVEL : +97.590m		ORIENTATION : Vertical		<b>CHIYODA &amp; PUBLIC WORKS CO., LTD.</b>																				
COORDINATE : E 746311.000; N 1792412.000 DEPTH : 10.00m		GROUND WATER LEVEL : 0.50m																						
SCALE (m)	ELEVATION (m)	DEPTH GL - (m)	THICKNESS (m)	DIAGRAM	COLOUR	RELATIVE DENSITY (or) CONSISTENCY	SOIL NAME	SOIL DESCRIPTION	DATE & DEPTH (m)	CASING DEPTH (m) & DIAMETER (mm)	WATER DEPTH (m)	STANDARD PENETRATION TEST TEST METHOD (ASTM)					SAMPLING				SCALE (m)			
												DEPTH GL - (m)	N-Value (Blows / 30cm)	SAMPLE (Type & No.)	DEPTH GL - (m)	TCR (%)	SCR (%)	ROD (%)						
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10	87.79	9.80	9.80																					
11	87.59	10.00	0.20		gray	Loose	Silty SAND	Loose, gray, wet to moist, fine grained, Silty SAND	02.11.13	Ø115														
12																								
13																								
14																								
15																								

図 3.2.10 ボーリング調査結果

出典；調査団作成

3) 施工性仮設足場の施工方法は、人力により、対象地盤の整地作業 D・BOX の型枠設置、D・BOX 製作（人力による砂運搬：LS150 1m<sup>3</sup> 中詰砂：一袋の製作時間 約 20 分/8 名）を行い、6 袋の D・BOX を完成させるのに約 2 時間を要している。なお、バックホウがある場合には、4 人×約 5 分で製作が可能である。

#### 4) 沈下測定

沈下測定は、仮設足場にバックホウが載った 11 月 9 日（土）～作業完了日の 11 月 12 日（火）の 4 日間の足場のベニヤ板の 6 点の高さを測定した（建設中の橋台端部の高さを EL+100.0m と仮定）。

沈下の測定結果は、表 3.2.6 および図 3.2.12 に示すように最大 29cm の沈下が生じたが 3 日以降は沈下が収まっている。

BM EL+100. 0m



図 3.2.11 沈下測定計測点

出典；調査団作成

表 3.2.6 仮設足場の沈下状況

Settlement of the temporary stage for Back-hoe

point	9 nov	10 nov(am)	10 nov(pm)	11 nov(pm)	12 nov(am)	Settlement Total(m)
1	97.588	97.583	97.345	97.340	97.302	0.286
2	97.699	97.696	97.587	97.584	97.569	0.130
3	97.592	97.602	97.473	97.477	97.450	0.142
4	97.797	97.757	97.585	97.538	97.508	0.289
5	97.831	97.805	97.776	97.772	97.757	0.073
6	97.879	97.827	97.822	97.750	97.750	0.129

出典；調査団作成

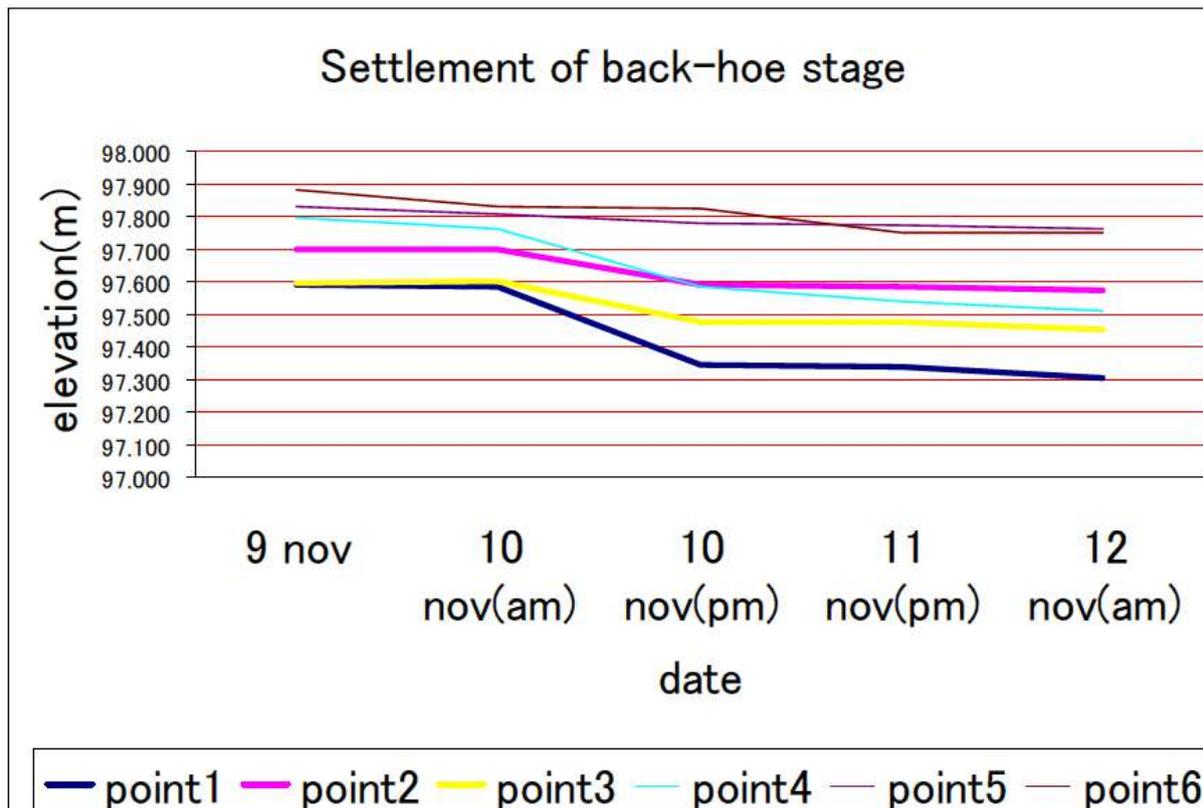


図 3.2.12 3日目の沈下状況

出典；調査団作成

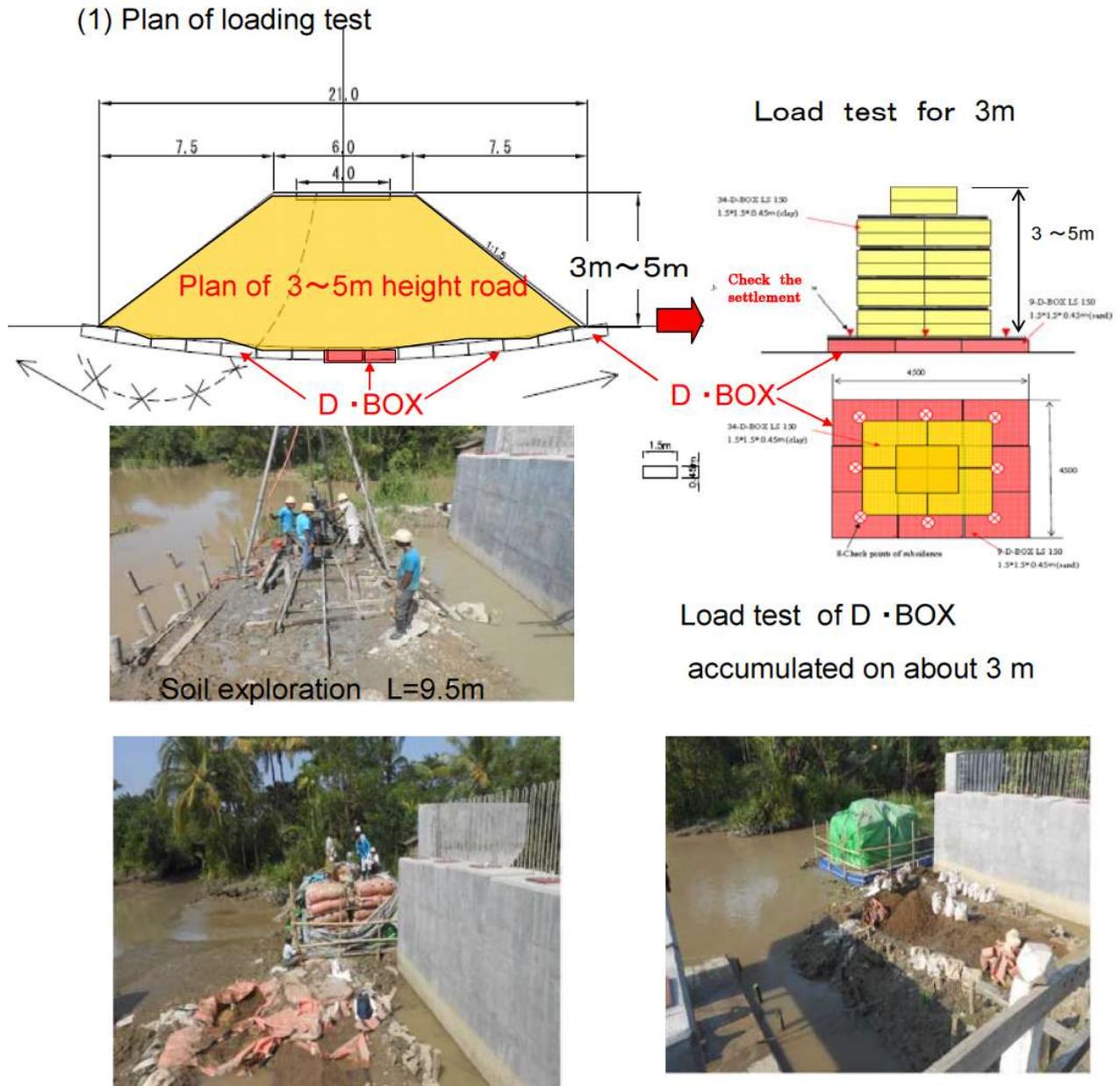
#### (4) 載荷試験

##### 1) はじめに

超軟弱地盤（直接せん断試験での表面の粘着力  $1.8\text{KN/m}^2$ ）に D・BOX LS150 に砂を入れた基礎として、その上に約 3m の載荷盛土に匹敵する荷重（D・BOX に現地発生土：単位体積重量  $16.7\text{KN/m}^3$  単を入れたもの）を載せ原地盤のすべり破壊および圧密沈下状況を観測した。沈下観測については、道路護岸同様に沈下計測を継続する。

この沈下解析結果を元に、将来の道路のかさ上げの可能性（3m～5m）の基礎資料とする。

図 3.2.13 に載荷試験の目的と試験の概要を示す。



スウェーデン試験による載荷後の地盤強度測定

図 3.2.13 D-BOX の載荷試験の目的イメージと実施写真  
出典；調査団作成

2) 載荷試験の施工

超軟弱地盤上に D-BOX (LS150：中詰砂) を 1 層 (t=40cm 程度) で設置し、載荷盛土 (約 3m) に対しての滑り破壊対策、沈下抑制対策としての効果を検証するため、河川際の超軟弱地盤上に載荷盛土を行った。載荷盛土としては、現地で水路掘削時に発生するヘドロを D-BOX (LS150：約 1.0m<sup>3</sup>) の中詰材として利用した (重量 16.7KN/m<sup>3</sup>)。なお、満潮時と干潮時では、約 2m の潮位差がある。

この試験では、原地盤の滑り破壊と圧密沈下の抑制効果を確認するため、2013 年 11 月 12 日の設置完了日から 9 ポイントの沈下観測を継続している (PW からの要望を踏まえ、1 年間に沈

下計測を継続予定)。沈下状況は、最初の日目で65%~80%の沈下量であり、2週間目以降はほぼ落ち着いており、D・BOXの効果を検証することができた。さらに、PWの要望を受け、モンスーン時期の状況も踏まえ、1年間の沈下観測を続け、D・BOXの安定性について検証を続ける予定である。



図 3.2.14 軟弱地盤上のD・BOX基礎への荷重盛土試験  
出典；調査団撮影

### 3) 沈下測定

D・BOX設置後の沈下観測点は、図 3.2.15 に示すようにP1~P8の8点に加え、中間点にPVCパイプを設置し、沈下を計測している。12月18日までの沈下観測結果は、表 3.2.7 に示すとおりであり、約1ヶ月後の沈下は収束傾向にある。

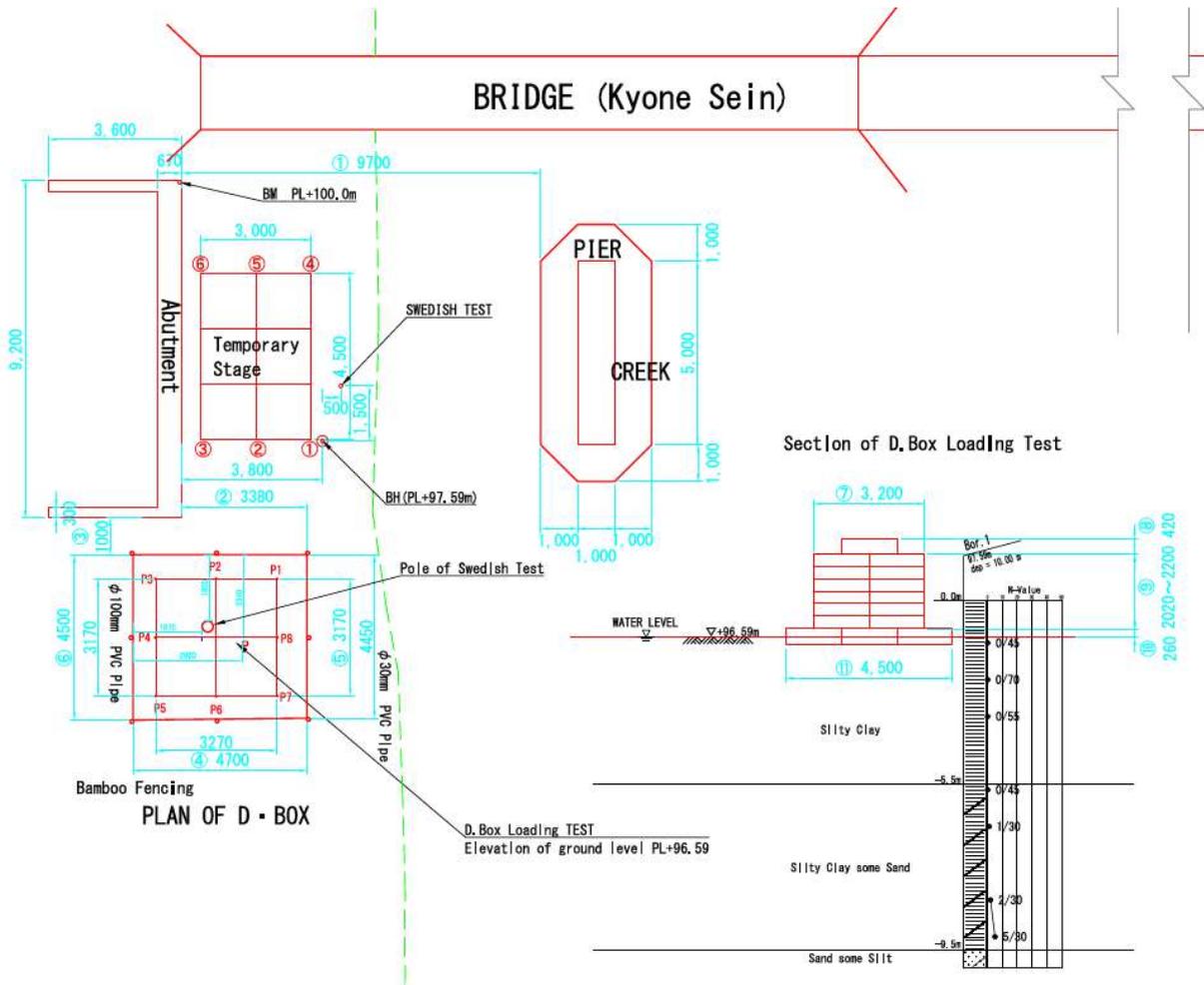


図 3.2.15 載荷試験沈下計測位置  
出典；調査団作成



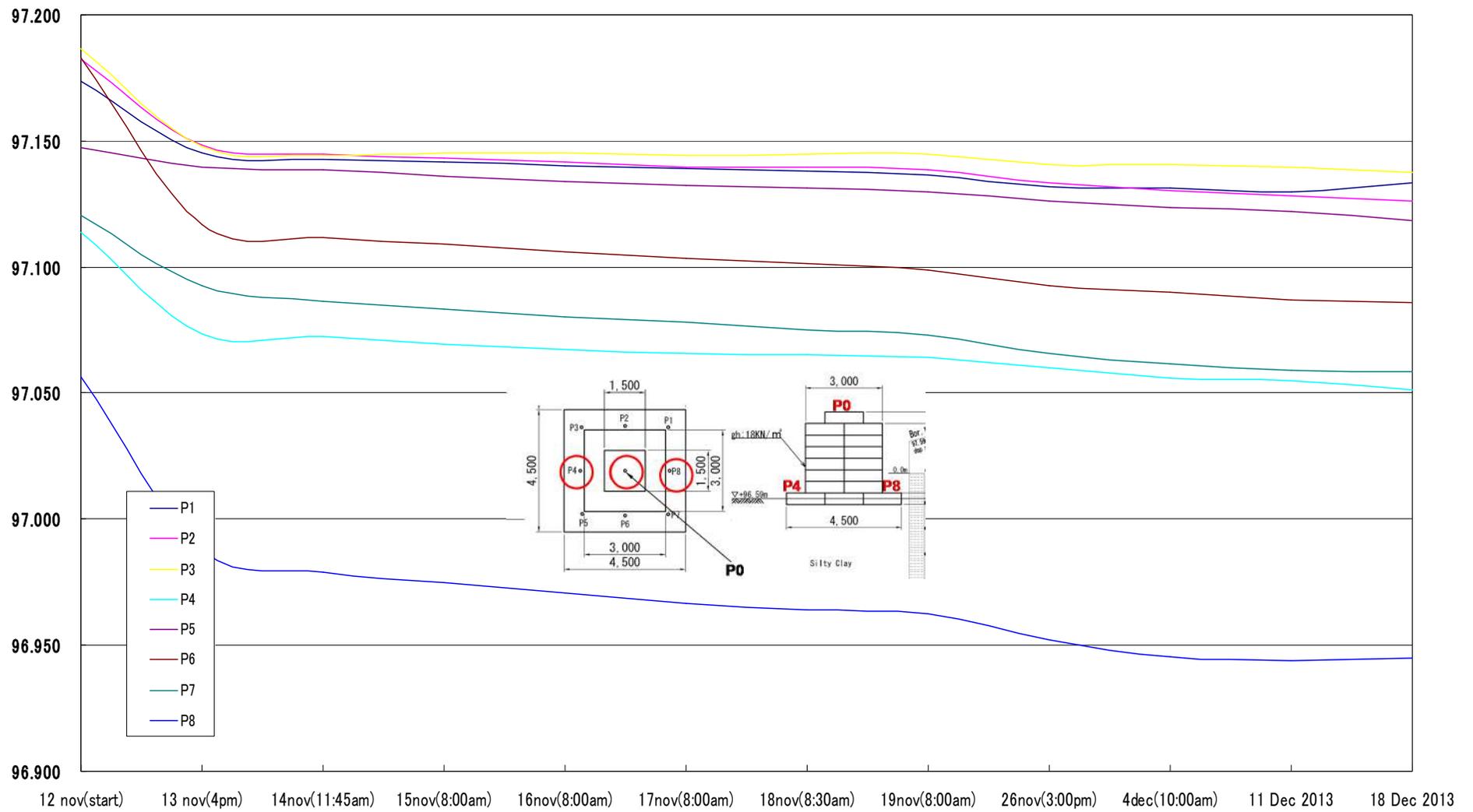
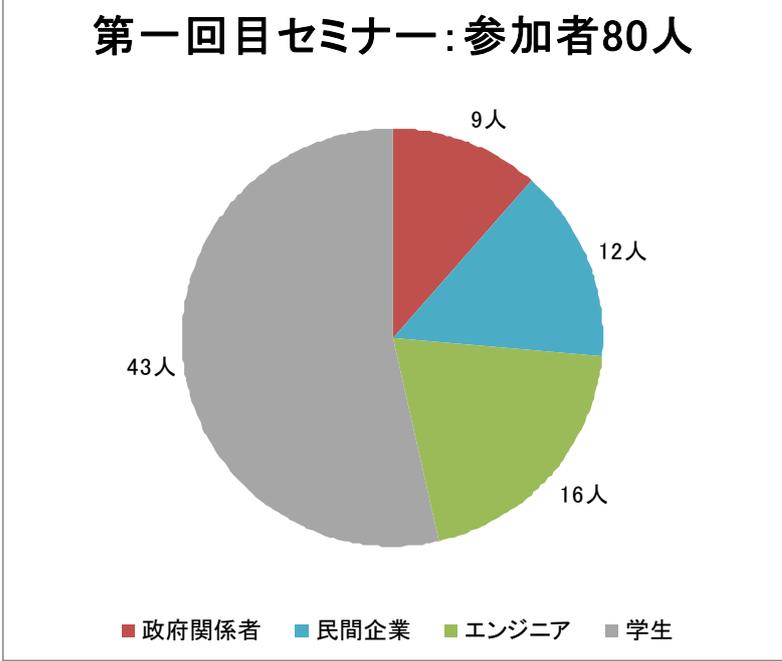
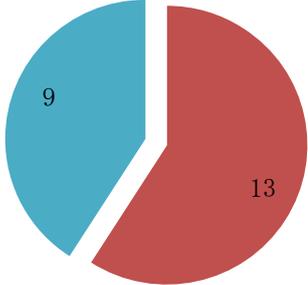


図 3.2.16 載荷盛土試験 沈下計測グラフ  
出典；調査団作成

### 3.2.4 セミナーの開催

セミナーでの実施内容は図 3.2.17 に示すとおりであり、軟弱地盤の多いエーヤワディ管区において、積極的に D・BOX を道路、ビルの基礎に活用したいとのアンケート結果である。

第一回 D・BOX セミナー											
開催日時	2013 年 11 月 5 日 (火) 9 時半～12 時半										
開催場所	緬国工業技術院 (Myanmar Engineering Society: MES)										
セミナー内容	1 : 開会挨拶 (外務省の案件化調査について : 嶋田) 2 : D・BOX の紹介とコンセプト (野本) 3 : 松岡先生のビデオによる紹介 (松岡先生によるソイルバッグから D・BOX までの理論と活用例) (松岡先生ビデオ) 4 : コーヒーブレイク 5 : 日本における軟弱地盤液状化の対策工法の紹介と D・BOX の軟弱地盤における対策例と現状での理論補足 (門田) 6 : D・BOX の実験紹介とミャンマーにおける活用案 (嶋田) 7 : アンケート実施 (OC 前田) 8 : 閉会挨拶										
参加人数と内訳	<div style="text-align: center;"> <p><b>第一回目セミナー: 参加者80人</b></p>  <table border="1" style="margin: 0 auto;"> <caption>参加者内訳</caption> <thead> <tr> <th>職業</th> <th>人数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>政府関係者</td> <td>9人</td> </tr> <tr> <td>民間企業</td> <td>12人</td> </tr> <tr> <td>エンジニア</td> <td>16人</td> </tr> <tr> <td>学生</td> <td>43人</td> </tr> </tbody> </table> </div>	職業	人数	政府関係者	9人	民間企業	12人	エンジニア	16人	学生	43人
職業	人数										
政府関係者	9人										
民間企業	12人										
エンジニア	16人										
学生	43人										
備考	1) 土木建築関係の学生が大半であるが、具体的な使用場所の明示は無いものの、道路、建物基礎等への沈下対策などの確な回答を寄せている。 2) 地区としてはエーヤワディ管区、Shan State Inle lake 付近が挙げられている。 3) 災害の問題箇所としては、雨季の沼地 (水位上昇)、盛土の斜面崩壊、沈下の順で上げられている。										

	<p>4) 13 名の方が個別に D・BOX について個別の面談を希望している。</p> <p>5) 道路、建物へ D・BOX を使用したいと考えている。</p> <p>6) 現状での軟弱地盤対策としては砂・碎石・発生土による置換工法および杭での対策が大部分であり、セメント処理、サンドドレーン等の地盤改良工法は実施されていない。</p> <p>7) 41 項目の自由意見があり、いずれも D・BOX への普及を望んでおり、緬国にあった工法であり緬国で生産しデルタ地帯等で使用されることを望んでいる。</p>
<b>第二回 D・BOX セミナー</b>	
開催日時	2013 年 11 月 12 日 (火) 9 時半～12 時半
開催場所	Myat Taw win
セミナー内容	<p>1 : 開会挨拶 (Mr.Win Naing Htun):</p> <p>2 : D・BOX の紹介と今回の事業のコンセプト説明 (野本社長 代: 嶋田)</p> <p>3 : サンドバッグと D・BOX の理論説明 (ビデオにより 土嚢工法と D・BOX 工法の理論説明)</p> <p>4 : コーヒーブレイク</p> <p>5 : 日本の東北大地震での液状化対策、斜面崩壊対策、軟弱地盤対策の紹介と D・BOX の活用方法についての説明 (門田)</p> <p>6 : 試験施工の概要説明と今後の緬国での活用について (嶋田)</p> <p>7 : アンケート調査 (OC 前田)</p> <p>8 : 閉会の挨拶 (嶋田)</p>
参加人数と内訳	<div style="text-align: center;"> <p><b>第二回セミナー: 参加者22人</b></p>  <p>■ 政府関係者 ■ 民間企業</p> </div>
備考	<p>1) セミナーの参加者は 22 人であるが関係する政府機関および建設会社などであり、いずれも D・BOX の利用をのぞんでいる。</p> <p>2) 11 件の自由意見があり、D・BOX の緬国での普及を願っているものや、進んで研究したいとの意見がある。</p>

	<p>3) D・BOX の活用先としては、道路、建物基礎となっている。</p> <p>4) 利用地域としては、湿地帯で河川が多いエリアが上げられている。</p> <p>5) 1 名が個別に面談を希望している。</p>										
<b>第三回 D・BOX セミナー</b>											
開催日時	2013 年 12 月 7 日（土） 13 時半～15 時半										
開催場所	緬国工業技術院 （Myanmar Engineering Society: MES）										
セミナー内容	<p>1：開会挨拶 (U Kyaw San Win):</p> <p>2：D・BOX の紹介と実証実験結果報告（野本）</p> <p>3：コーヒーブレイク：実物の D・BOX を披露と質問対応</p> <p>4：超軟弱地盤での実証実験結果による D・BOX の効果と沈下状況説明、概算工事費の比較（嶋田）</p> <p>5：日本での技術研修の紹介（前田）</p> <p>6：アンケート調査</p> <p>7：閉会の挨拶( Prof. Win Naing Htun CSC)</p>										
参加人数と内訳	<div style="text-align: center;"> <p><b>第三回目セミナー:参加者54人</b></p> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <caption>参加者内訳</caption> <thead> <tr> <th>属性</th> <th>人数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>政府関係者</td> <td>18人</td> </tr> <tr> <td>民間企業</td> <td>23人</td> </tr> <tr> <td>エンジニア</td> <td>9人</td> </tr> <tr> <td>学生</td> <td>4人</td> </tr> </tbody> </table> </div>	属性	人数	政府関係者	18人	民間企業	23人	エンジニア	9人	学生	4人
属性	人数										
政府関係者	18人										
民間企業	23人										
エンジニア	9人										
学生	4人										
備考	<p>1)ヤンゴンでは 2 回目のセミナーであり、質問を D・BOX を用いたパイロット事業について具体的な質問とした。</p> <p>2) 今回の参加者は、政府関係者、大学の先生、民間のコンサルタント、民間の建設会社、MES であり、質問等についても質の高いものであった。</p> <p>3) D・BOX のコストについてもコーヒーブレイクでの実物の説明時に聞かれており、現地の工場と交渉中であるが日本の販売価格の 1/3～1/4 での供給の可能性もある（但し品質については、現地の使用条件にあわせて調整することが前提となる）。</p>										

図 3.2.17 セミナーの概要

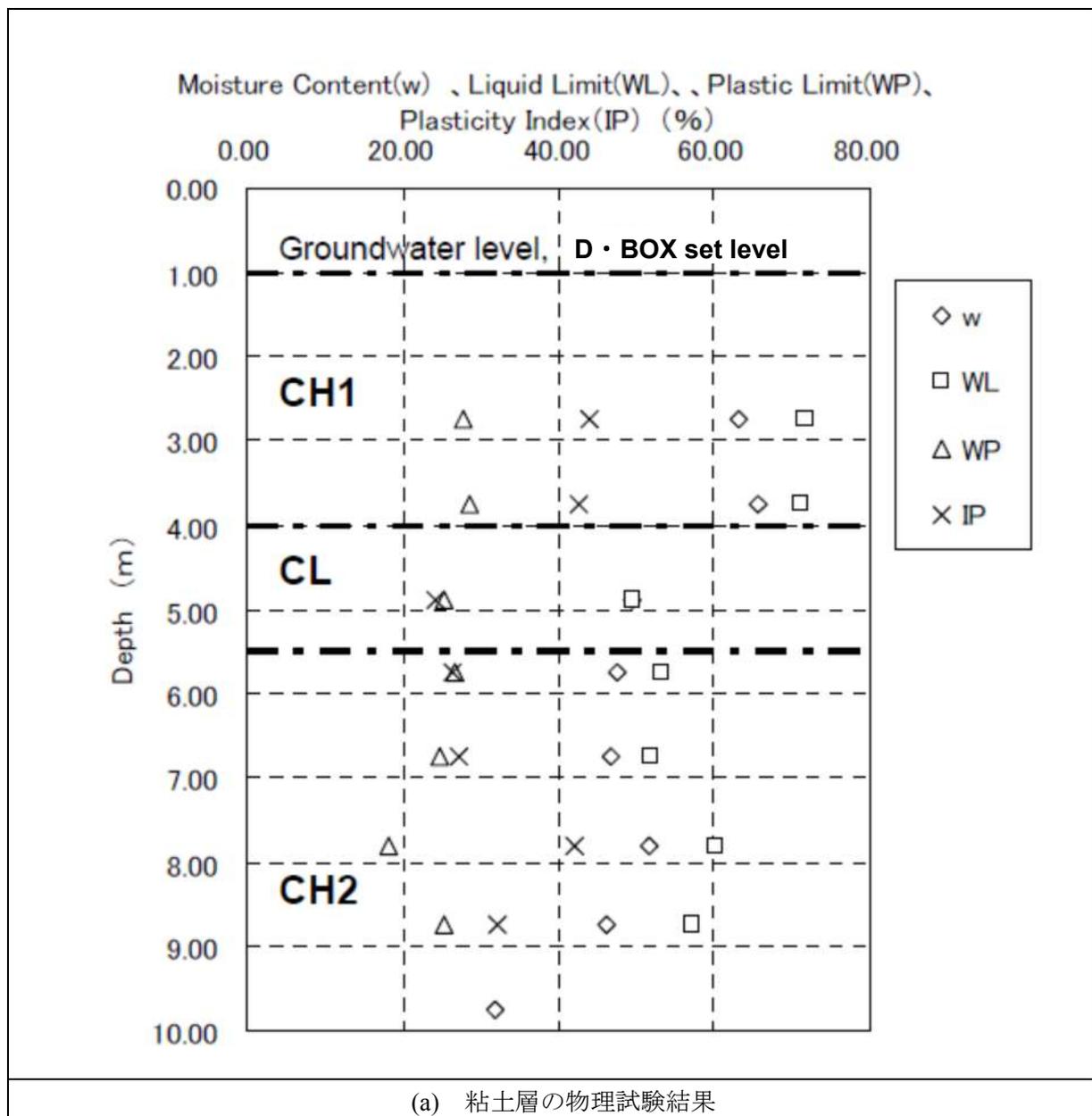
出典；調査団作成

### 3.2.5 沈下解析（計算値と実測値の比較）

#### (1) 粘土層の物理・圧密モデル

図 3.2.18 に示す物理試験結果（含水比、液性限界、塑性限界等）の深度分布図より、粘土層を上位より、CH1（高液性限界粘土）、CL（低液性限界粘土）、CH2（高液性限界粘土）の3つのグループに分類した。粘土層の単位体積重量は  $17.5\text{kN/m}^3$  で共通である。

粘土層の圧密試験は、CL（深度 4.5～5.25m： T-1）及び CH2（深度 7.5～8.14m： T-2）で実施した。よって、図 3.2.19 に示すように CH1 の圧密モデル（T-0）は、同じ高液性限界粘土の CH2 の圧密試験結果より設定した。なお、CH2 の圧密降伏応力  $P_c$  は有効土被り圧と同程度（正規圧密粘土）であるため、CH1 の圧密降伏応力は、試験を実施している D・BOX 設置面から深度 2m 位置の有効土被り圧（ $15\text{kN/m}^2$ ）とした。



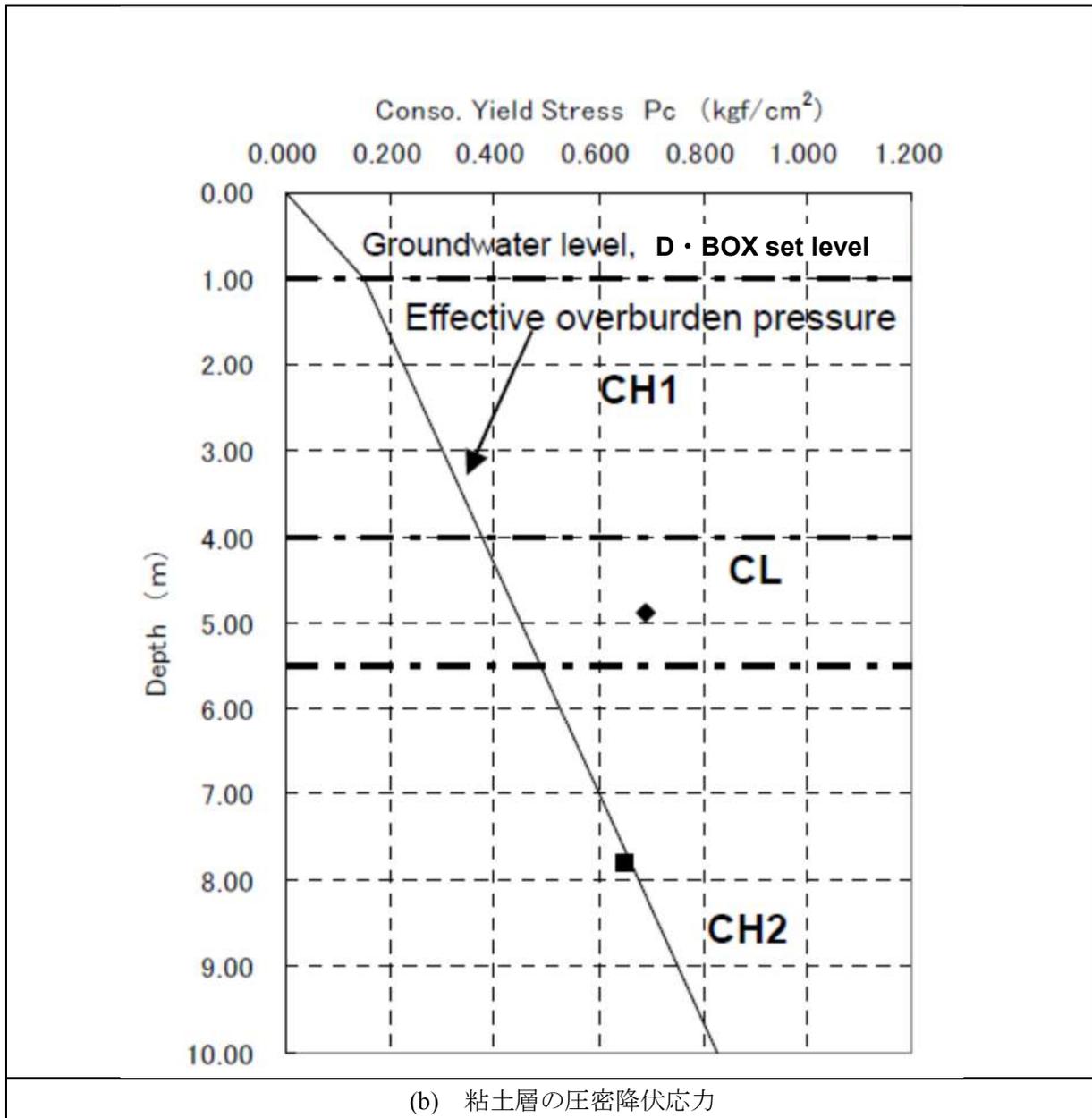


図 3.2.18 物理試験結果（含水比、液性限界、塑性限界等）の深度分布図  
出典；調査団作成

※解析モデルは、D・BOX  
 設置面の標高 96.59m を基準  
 (設置面を GL±0m) とする

※粘土層の単位体積重量  
 は 17.5kN/m<sup>3</sup>

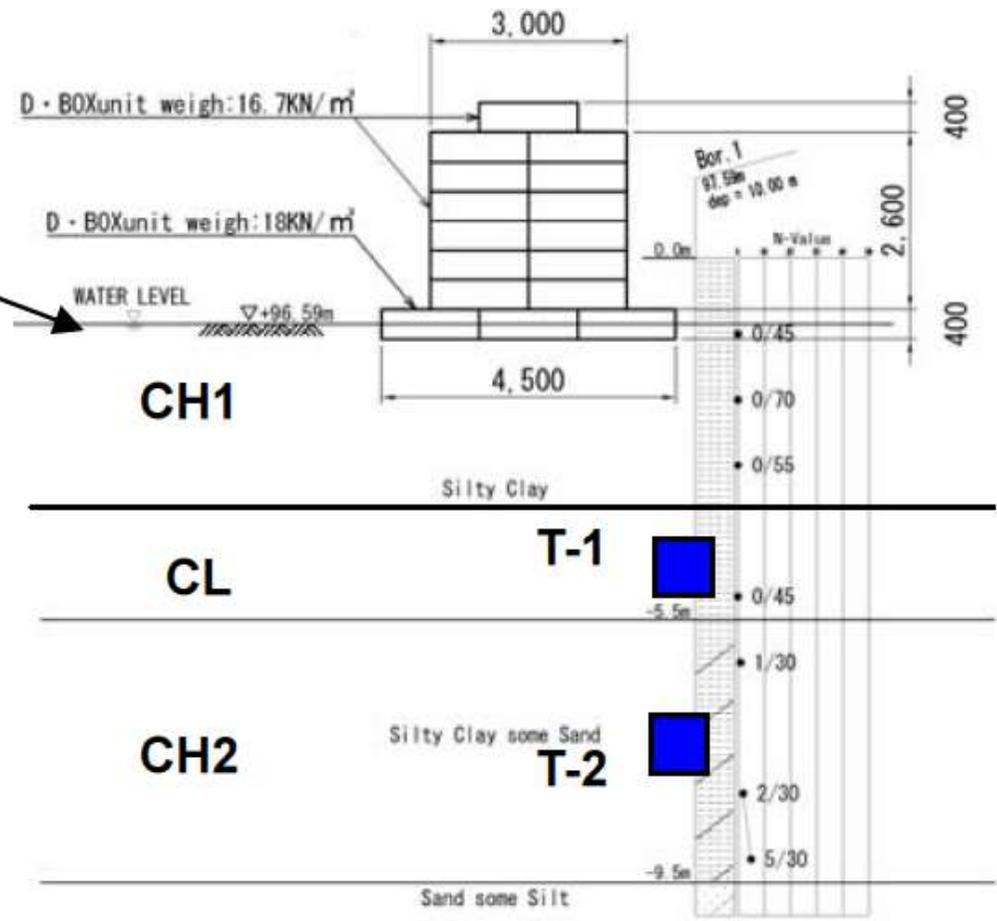
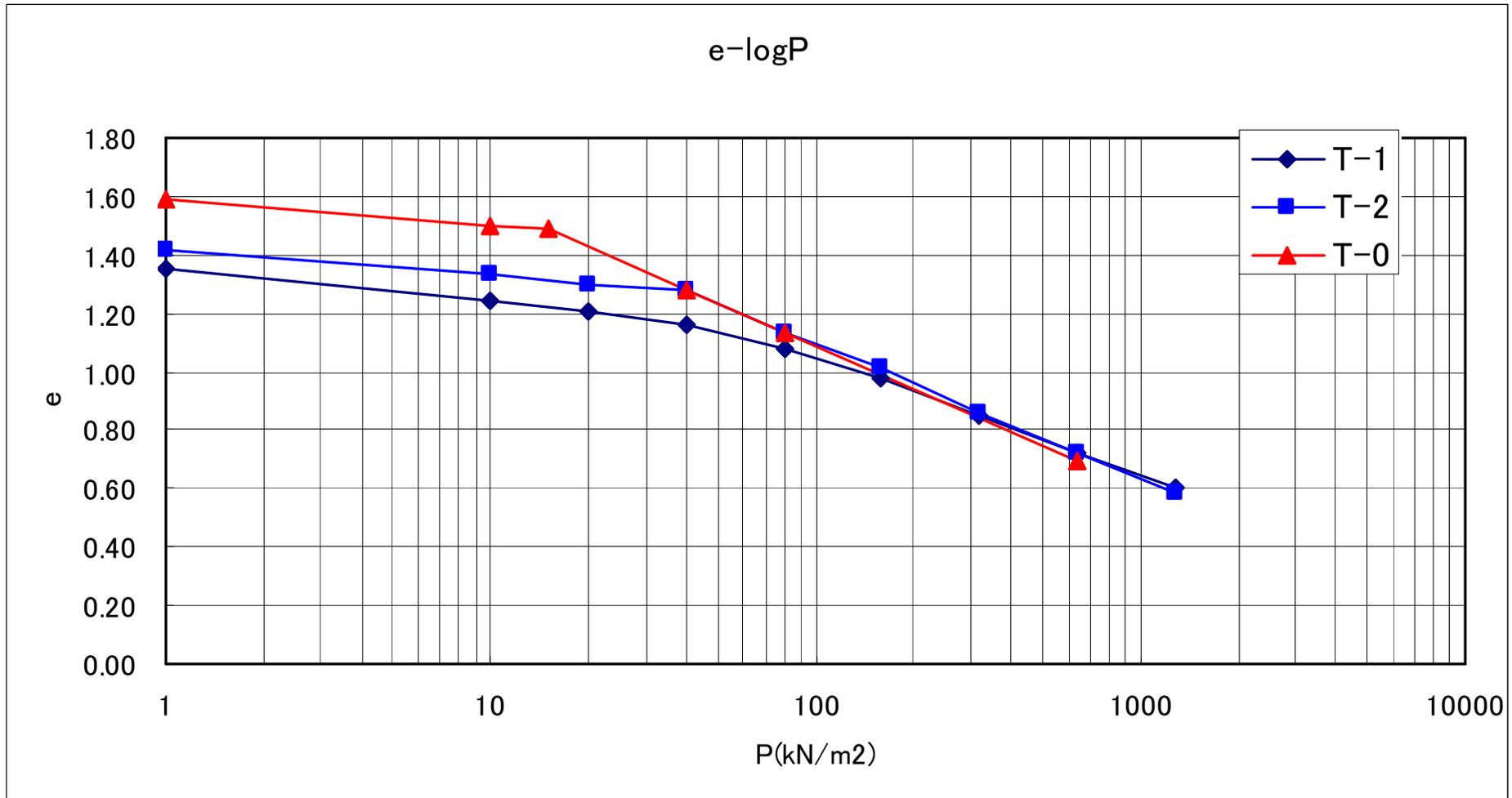


図 3.2.19 粘土層の物理試験結果及び圧密降伏応力  
 出典；調査団作成

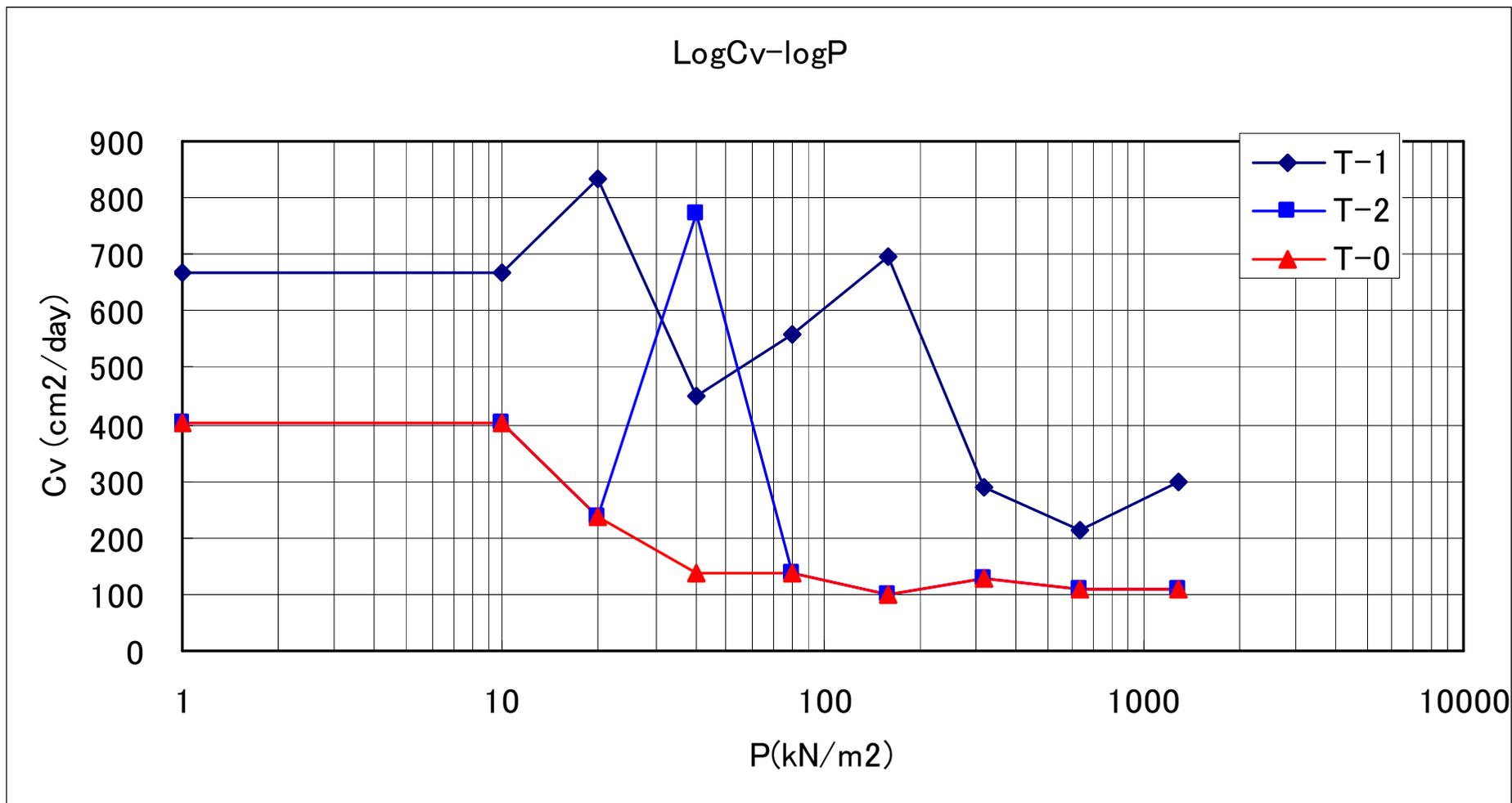


(a) 平均鉛直応力  $P_c$  ~ 間隙比  $e$  関係

T-0 : CH1 の圧密モデル、T-1 : CL の圧密モデル、T-2 : CH2 の圧密モデル

図 3.2.20 粘土層の圧密モデル曲線(a)

出典 ; 調査団作成



(b) 平均鉛直応力  $P_c$  ~ 圧密係数  $c_v$  関係

T-0 : CH1 の圧密モデル、T-1 : CL の圧密モデル、T-2 : CH2 の圧密モデル

図 3.2.21 粘土層の圧密モデル曲線(b)

出典 ; 調査団作成

(2) D・BOX の荷重モデル

D・BOX の単位体積重量  $\gamma_t=18$  及び  $16.7\text{kN/m}^3$  及び形状より、図 3.2.22～図 3.2.23 エラー! 参照元が見つかりません。に示すように D・BOX の荷重モデルは  $7.2\sim 50.6\text{kN/m}^2$  の矩形モデルとし、荷重の 3 次元分散を考慮した。

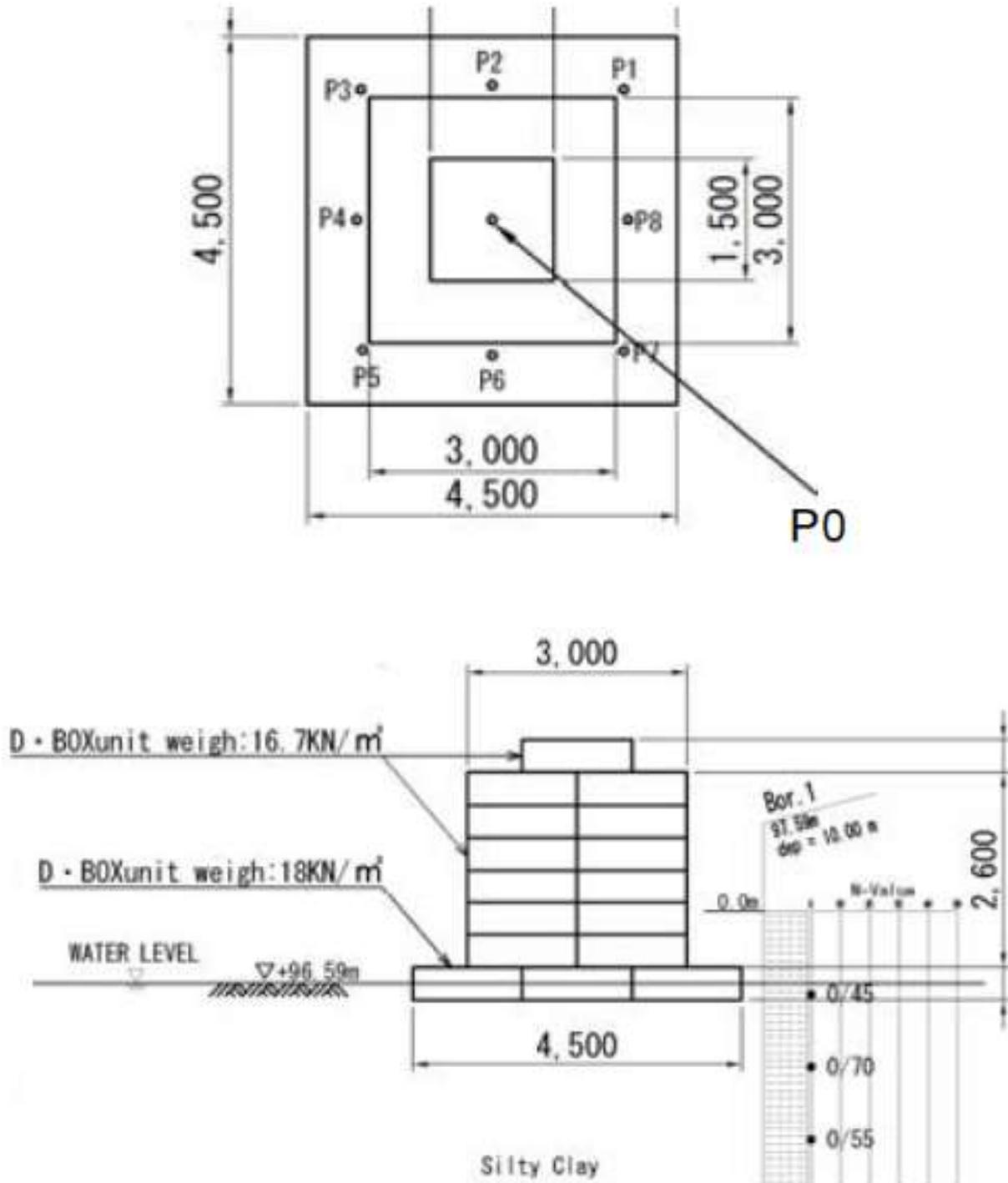


図 3.2.22 D・BOX の荷重モデル (D・BOX の形状を考慮した矩形モデル) : 1

出典 ; 調査団作成

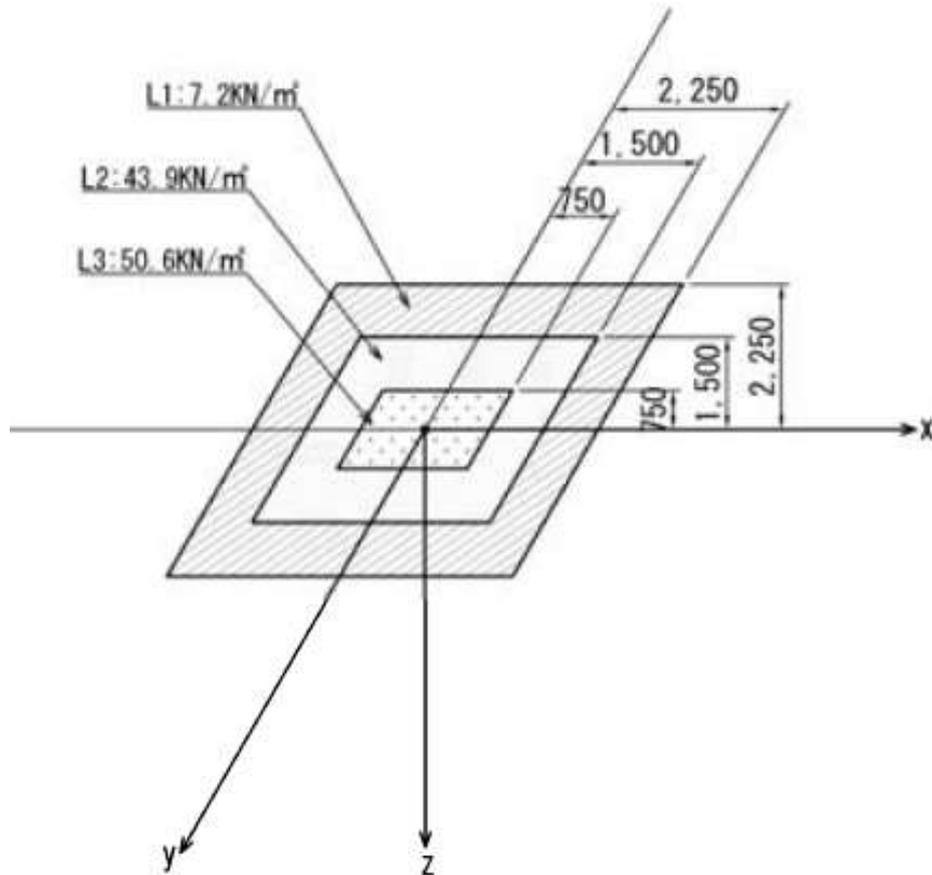


図 3.2.23 D・BOX の荷重モデル (D・BOX の形状を考慮した矩形モデル) : 2  
出典 ; 調査団作成

### (3) 沈下解析結果

P4、P6、P7、P8 地点における 2013 年 11 月 12 日～2013 年 12 月 18 日までの沈下計測結果と P0、P4、P6、P7、P8 地点の沈下解析結果を比較して、図 3.2.26～図 3.2.27 に示す。また、P0、P4、P6、P7、P8 地点の最終予測沈下量を図 3.2.28～図 3.2.29 に示す。

D・BOX の沈下抑制効果がない場合の最終予測沈下量は、23～43cm 程度である。

#### ※D・BOX の設置状況写真



図 3.2.24 D・BOX の設置状況  
出典 ; 調査団撮影

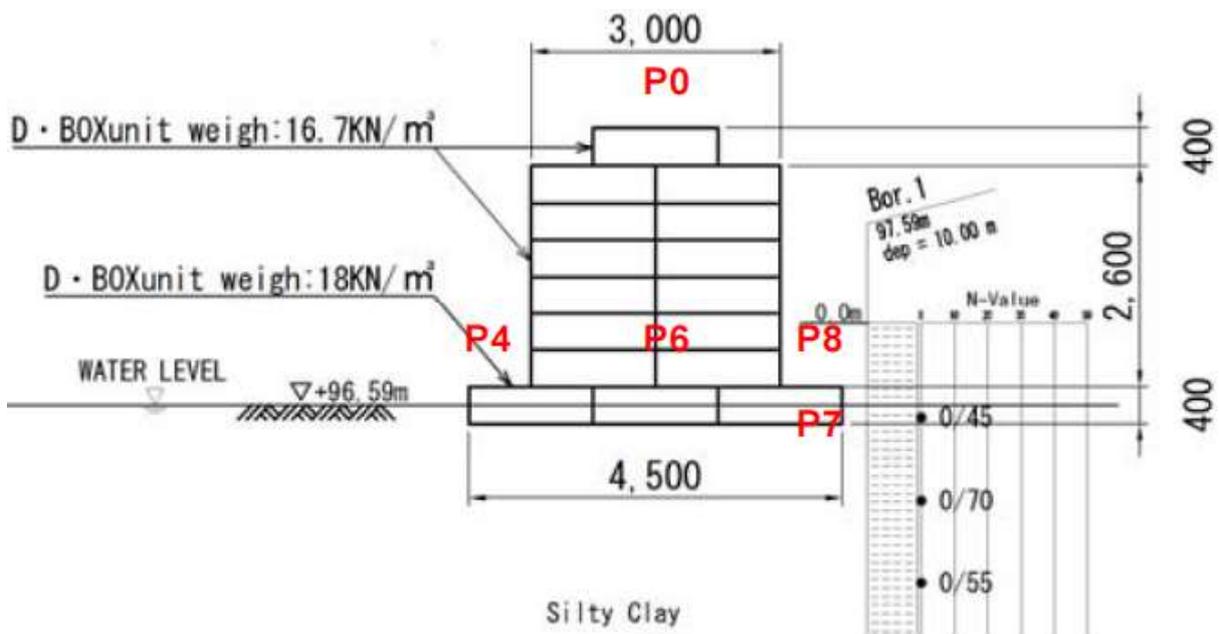
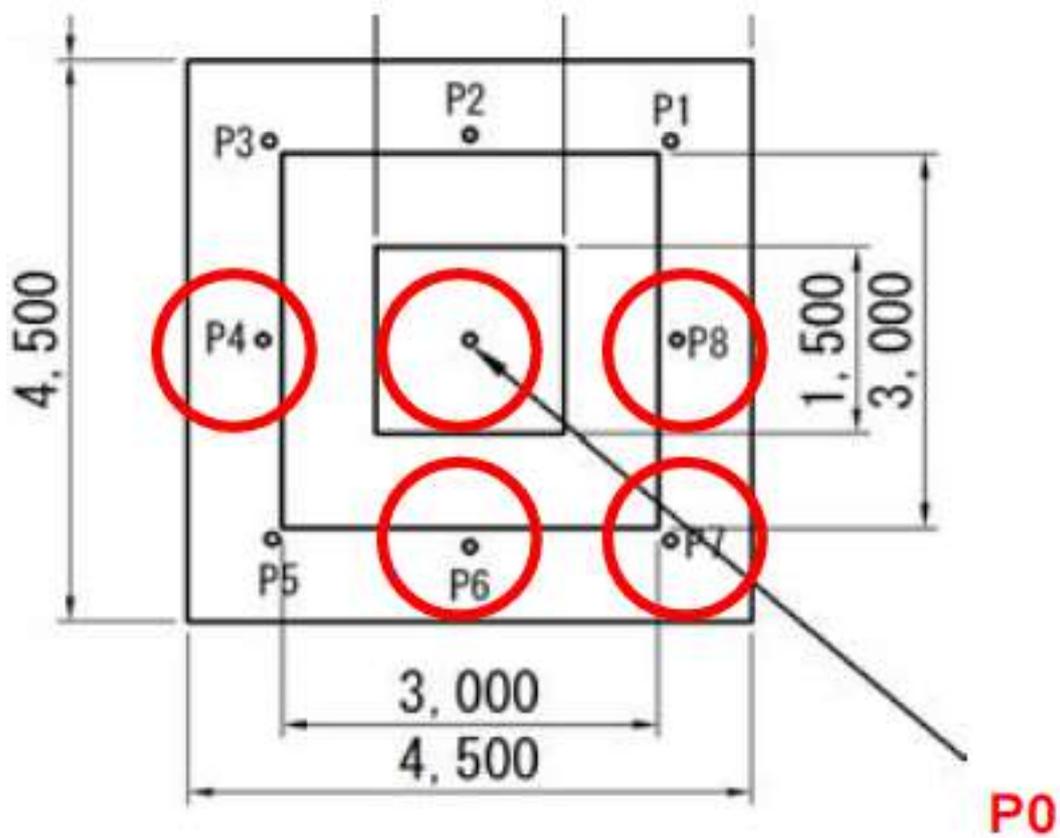


図 3.2.25 P0、P4、P6、P7、P8 地点  
出典；調査団作成

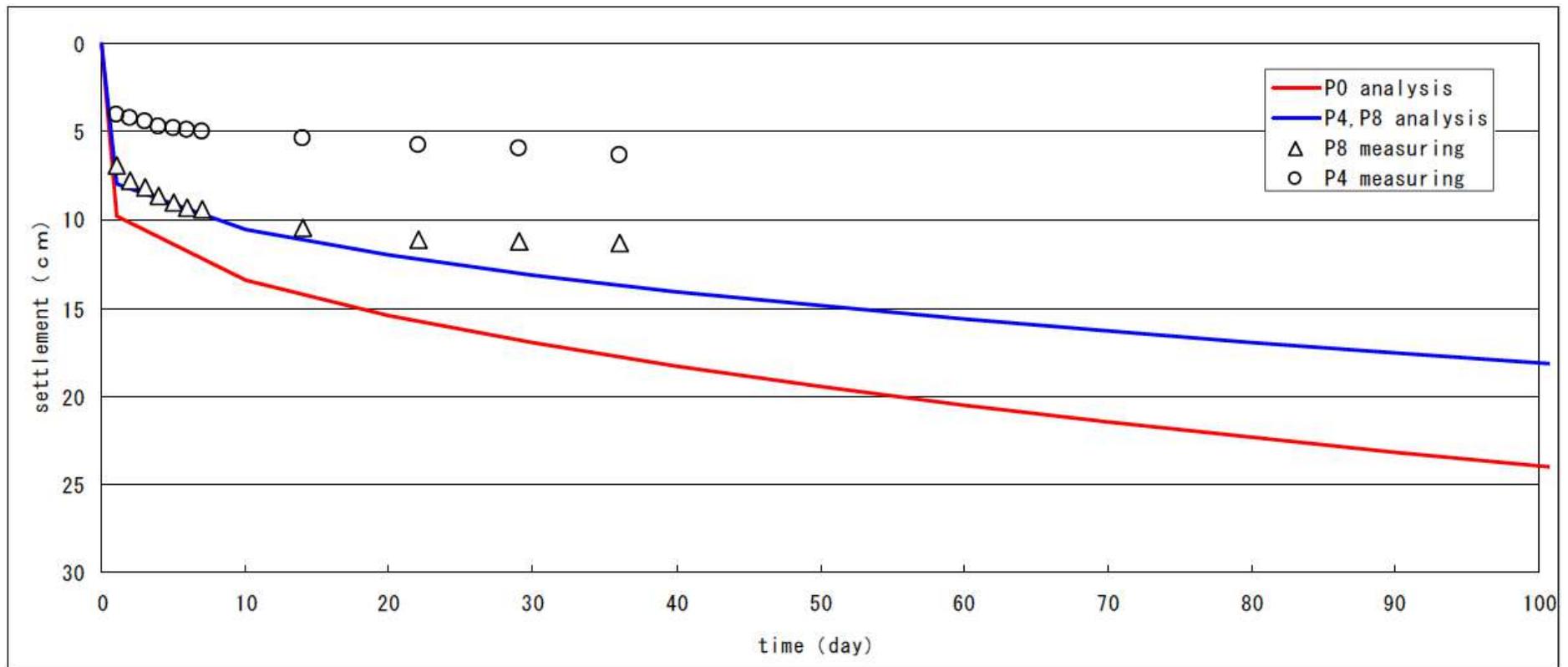


図 3.2.26 P0、P4、P6、P7、P8 地点の沈下解析結果と沈下測定結果の比較：1  
出典；調査団作成

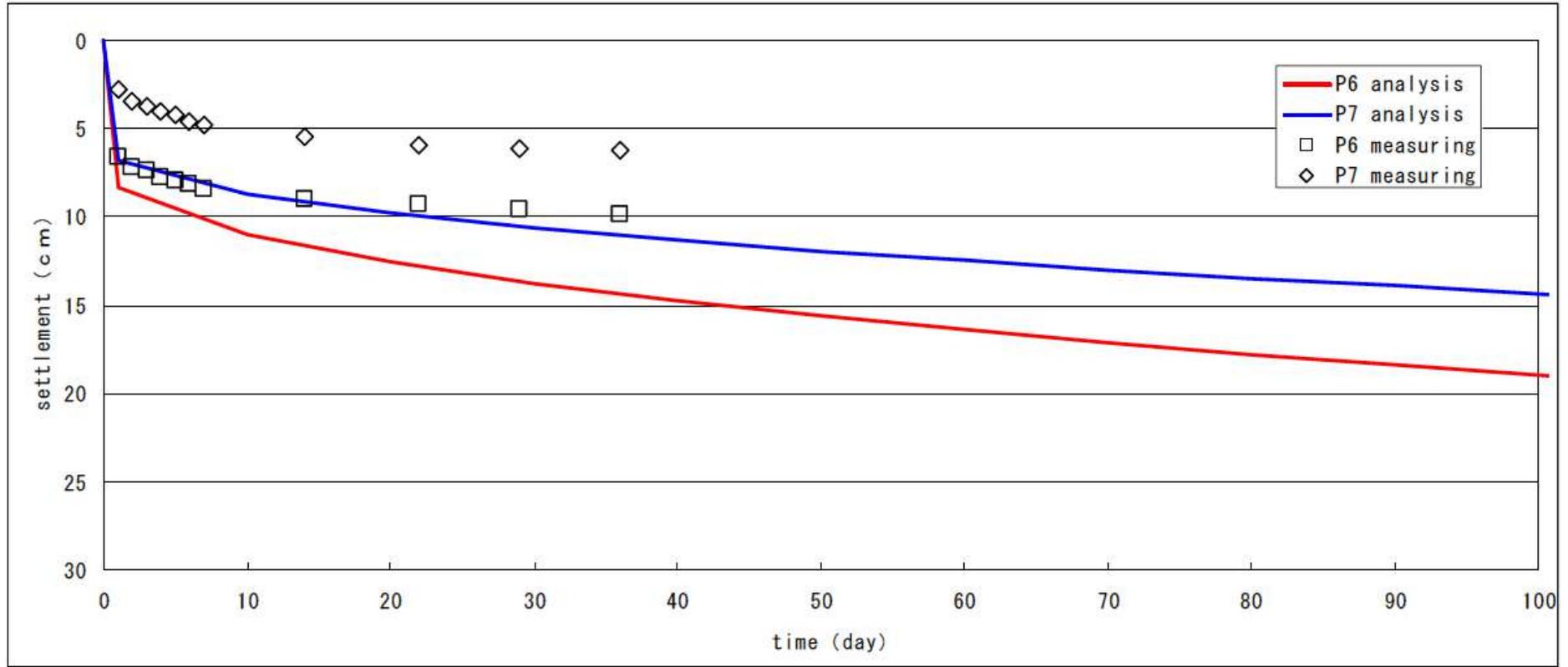


図 3.2.27 P0、P4、P6、P7、P8 地点の沈下解析結果と沈下測定結果の比較  
出典；調査団作成

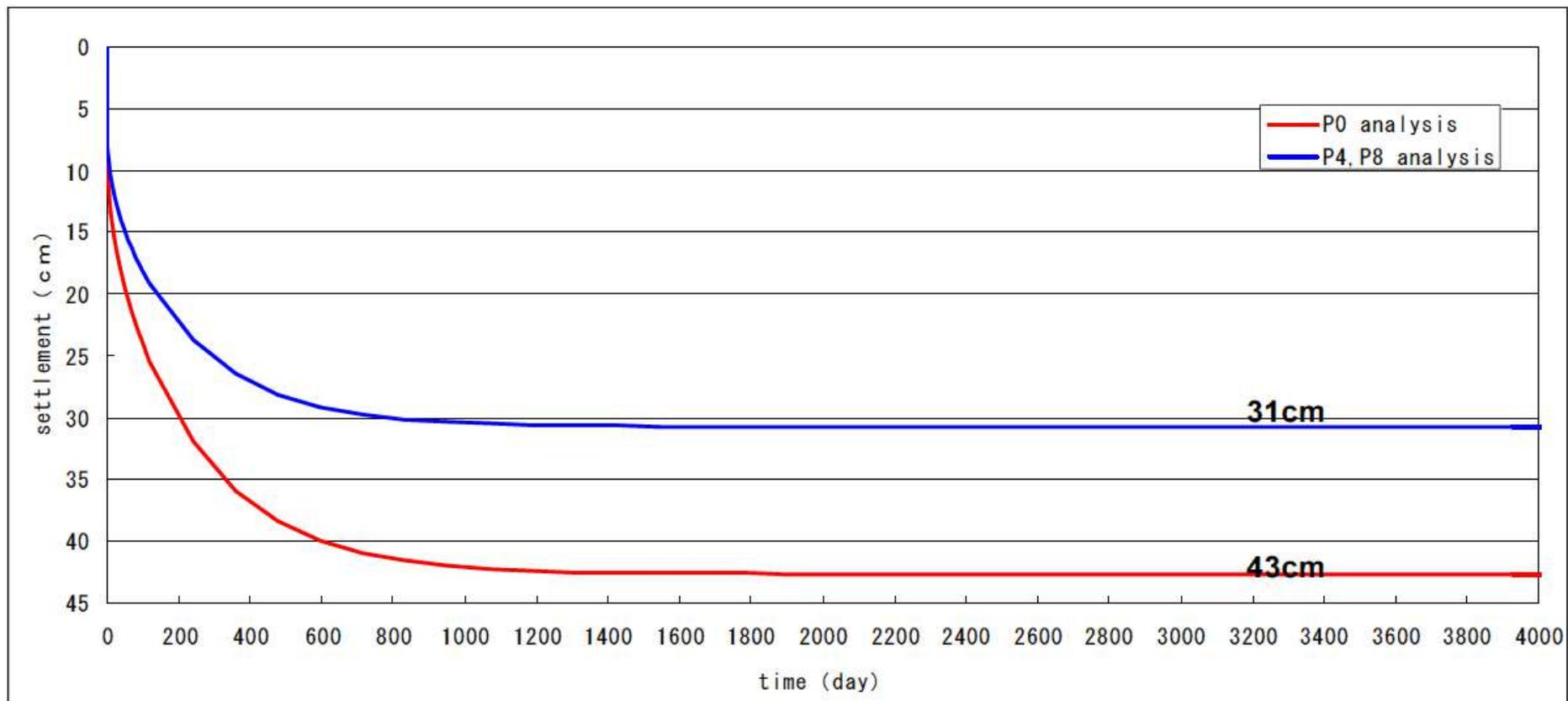


図 3.2.28 P0、P4、P6、P7、P8 地点の最終予測沈下量  
出典；調査団作成

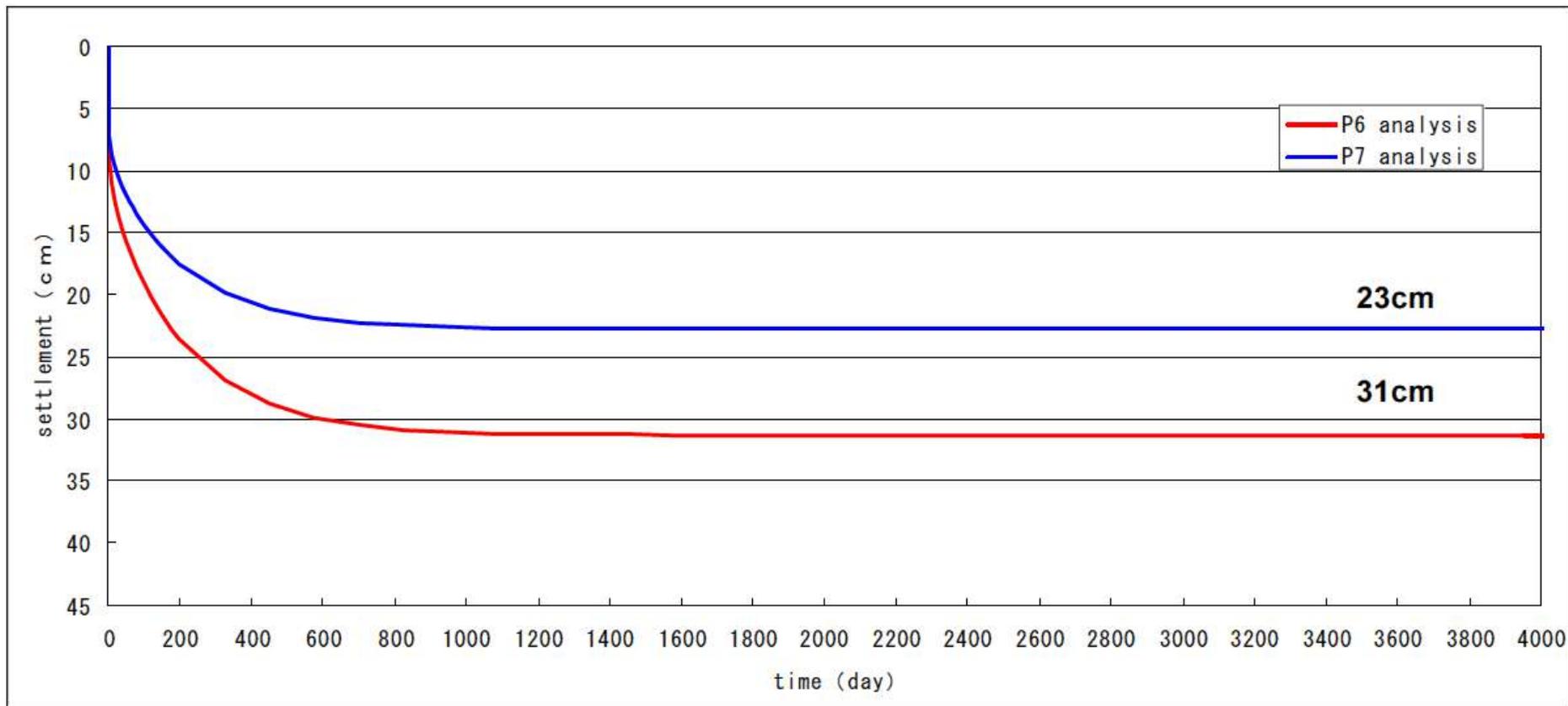


図 3.2.29 P0、P4、P6、P7、P8 地点の最終予測沈下量  
出典；調査団作成

### 3.2.6 D・BOX による沈下抑制・支持力増加効果の確認

#### (1) D・BOX (LS150) の極限せん断応力

「土のう」の耐力計算の理論式を参考にして、D・BOX (LS150) の粘着力及び極限せん断応力などを求める。図 3.2.30 に示すように中詰め材が砂 ( $\phi=30$ ) の場合、D・BOX (LS150) の粘着力  $c$  は、 $c=129\text{kN/m}^2$ 、極限せん断応力  $\tau_1$  は、 $\tau_1=193.5\text{kN/m}^2$  となる。

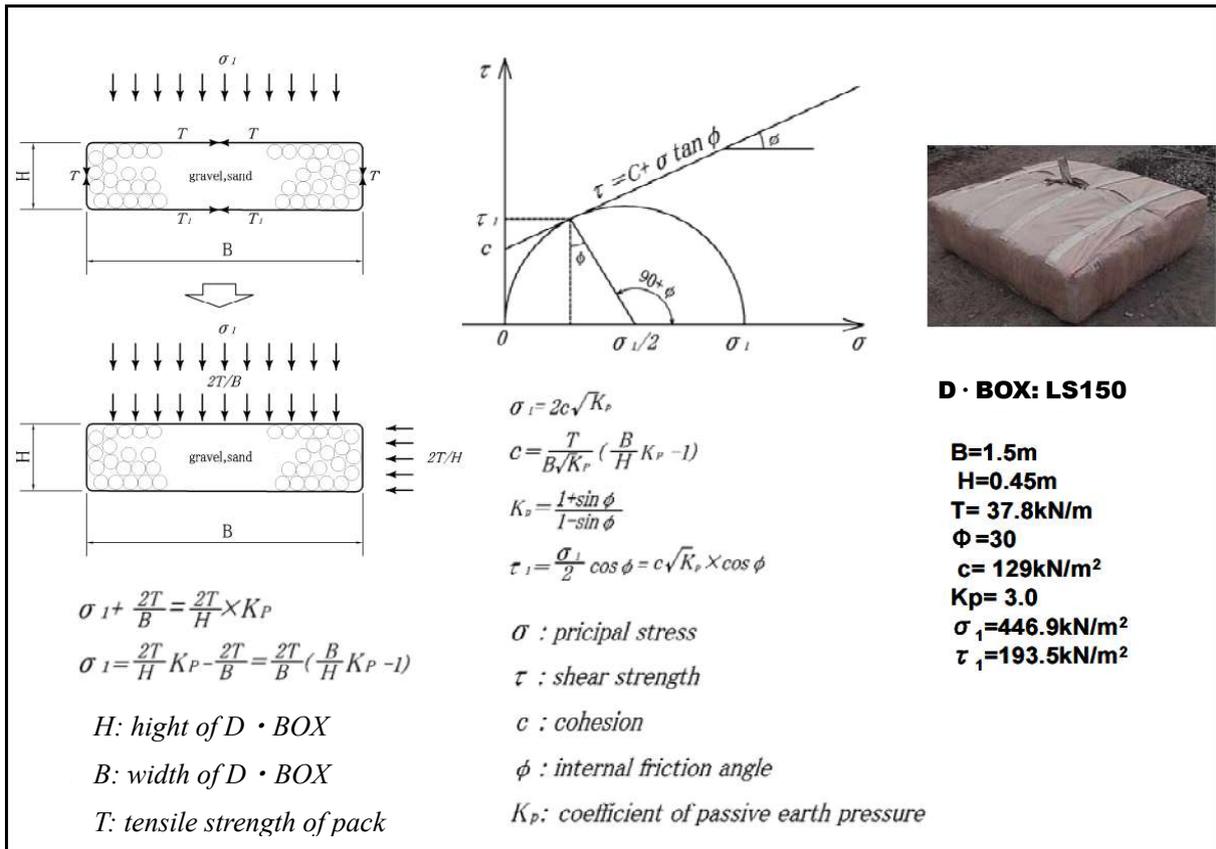


図 3.2.30 D・BOX (LS150) の粘着力及び極限せん断応力の計算結果

出典；調査団作成

#### (2) 地盤支持力検討結果

##### 1) 地中増加応力と粘土層の極限支持力の比較

P0 及び P8 位置における粘土層内の増加応力  $\Delta p$  と極限支持力  $Q$  を比較して、図 3.2.31～図 3.2.33 に示す。深度 0m～1.3m の位置まで、増加応力  $\Delta p$  が極限支持力  $Q$  より大きくなっており、計算上は表層部が局所せん断破壊され、安定性を確保できないこととなる。

現状は安定性を確保していることから、D・BOX の剛性等による補強効果が発揮されていると考えられる。

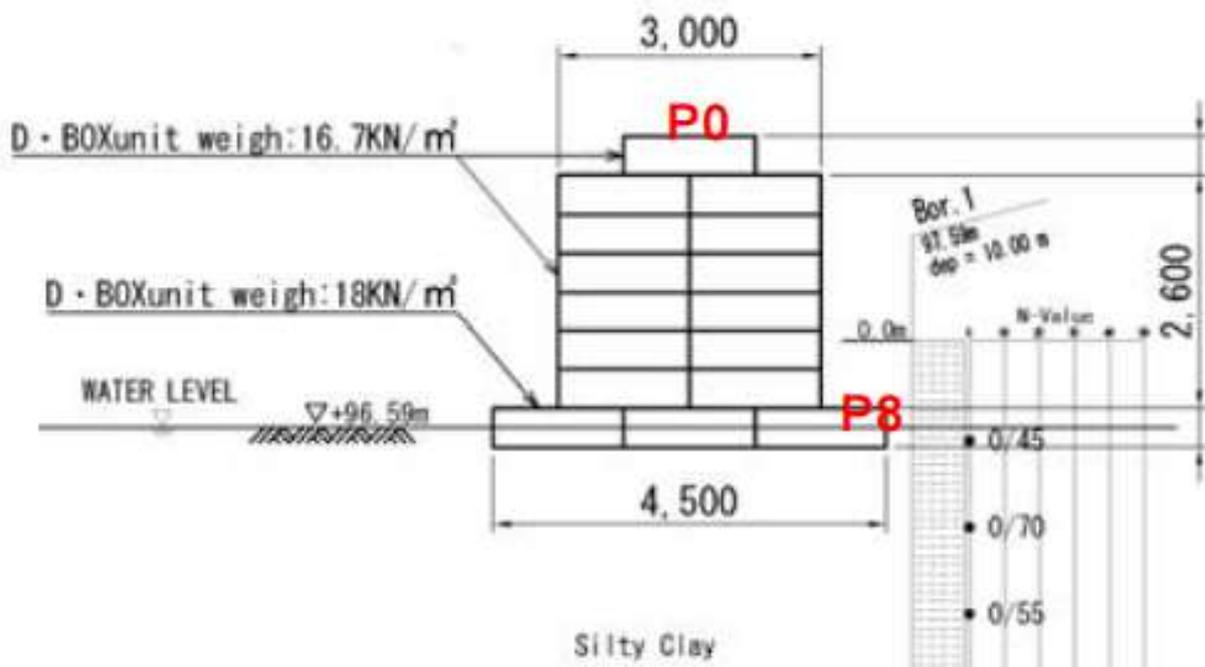
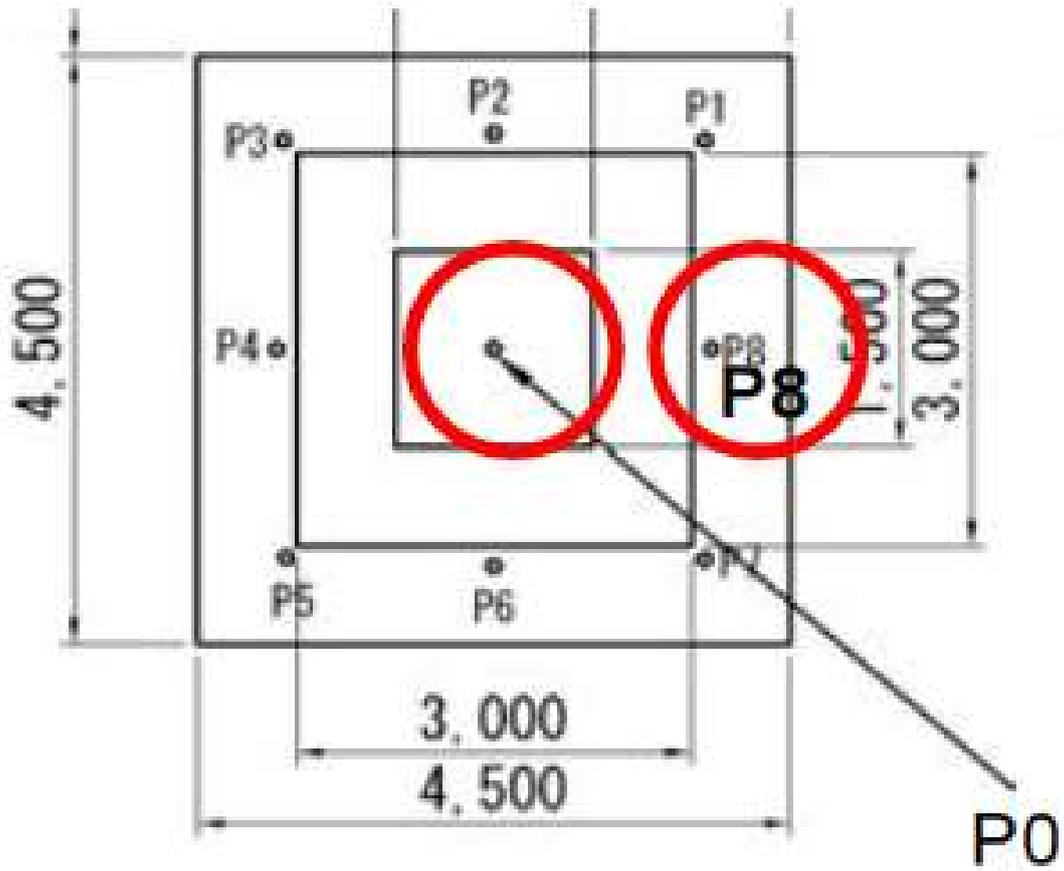


図 3.2.31 P0 及び P8 位置における粘土層内の増加応力 $\Delta p$ と極限支持力  $Q$  の比較 : 1  
出典 ; 調査団作成

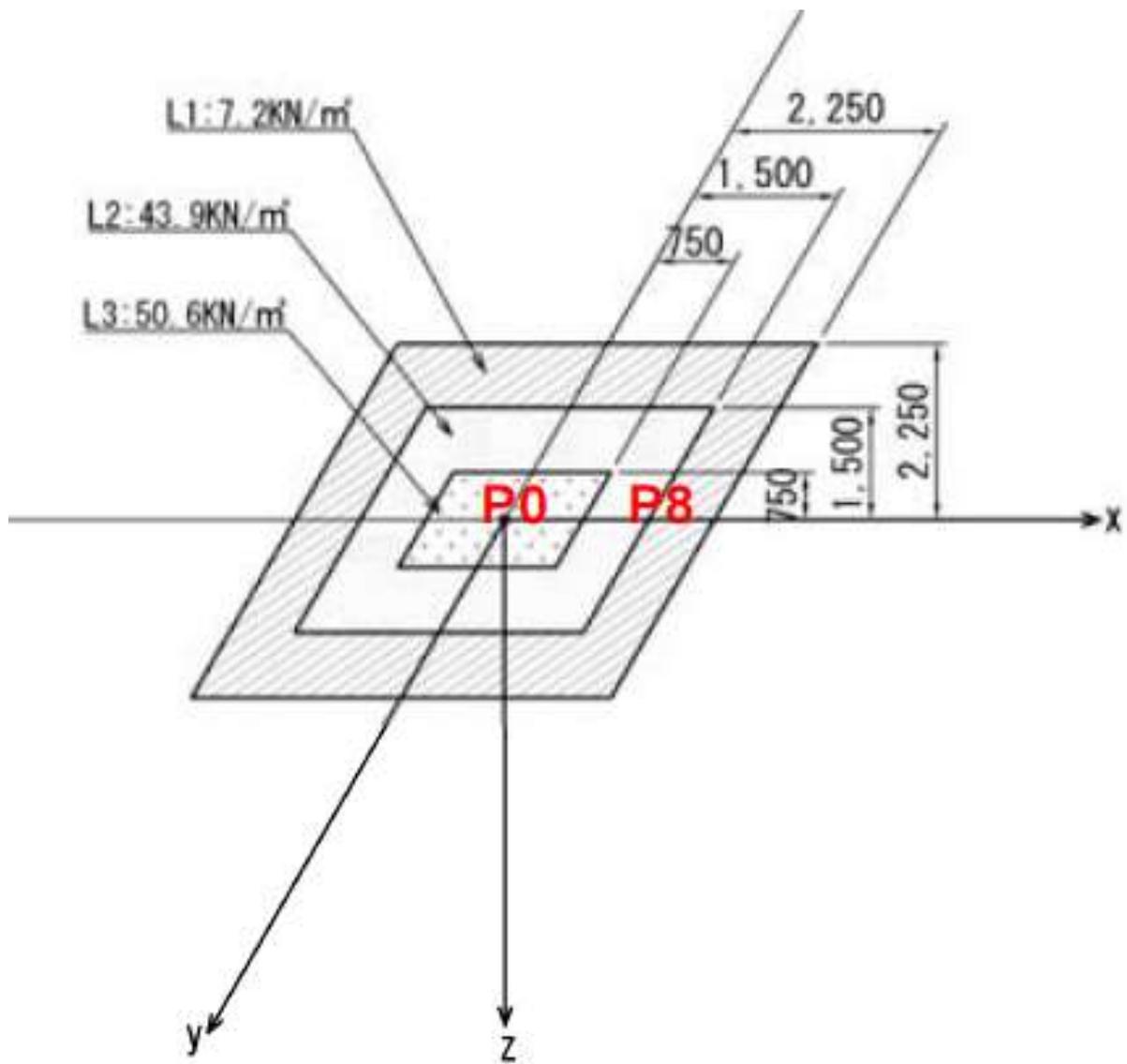


図 3.2.32 P0 及び P8 位置における粘土層内の増加応力  $\Delta p$  と極限支持力  $Q$  の比較 : 2  
出典 ; 調査団作成

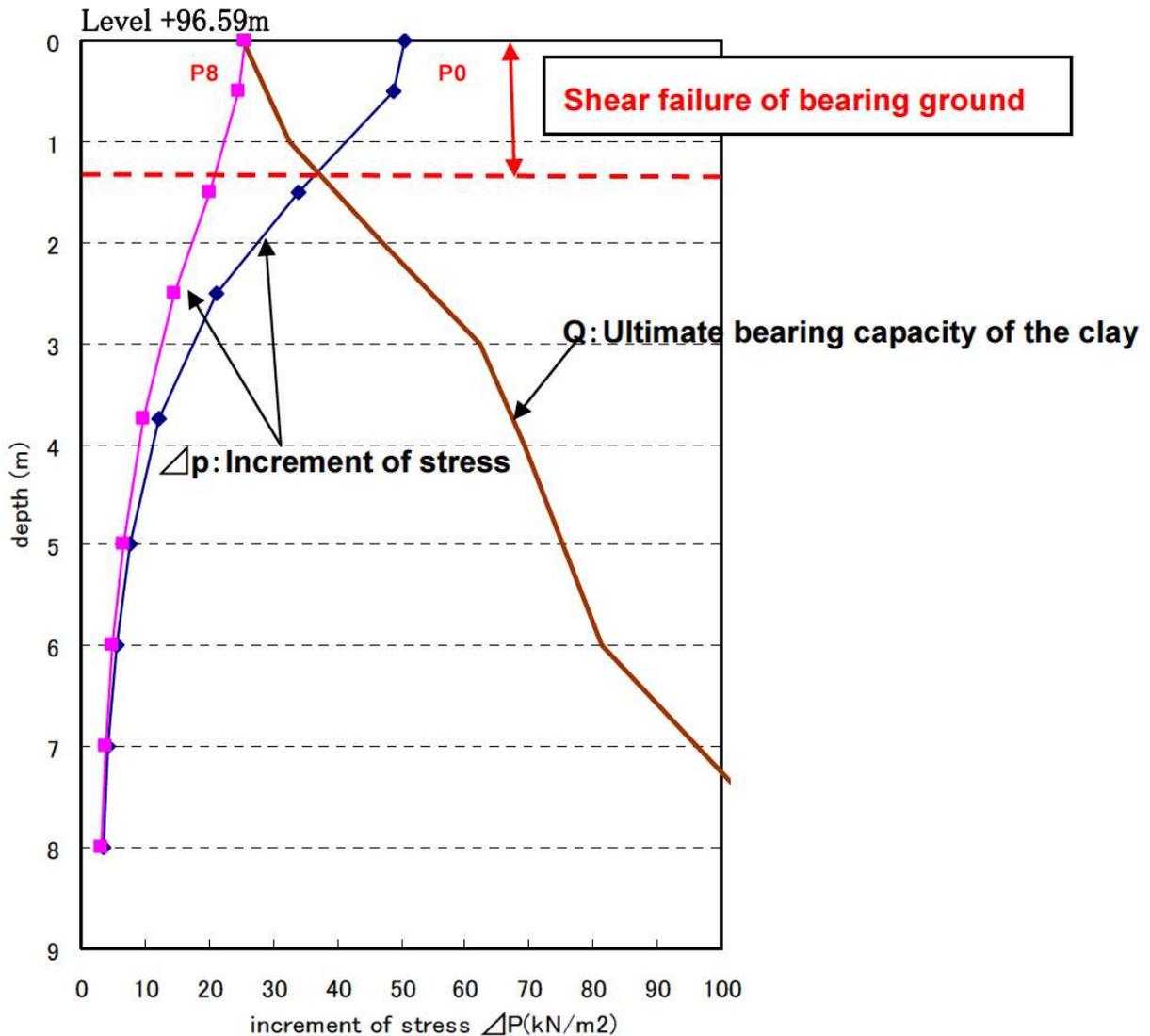


図 3.2.33 P0 及び P8 位置における粘土層内の増加応力 $\Delta p$ と極限支持力 $Q$ の比較  
出典；調査団作成

## 2) 円弧すべり計算による支持検討

2 段目から 8 段目までの D・BOX を上部荷重（中心部で最大  $50.6 \text{ kN/m}^2$ ）としてモデル化し、最下段の D・BOX が無いケース（D・BOX 部分を基礎地盤の粘土（ $c=5.3 \text{ kN/m}^2$ ）としてモデル化）と、最下段の D・BOX（ $c=129.0 \text{ kN/m}^2$ ）があるケースについて、円弧すべり計算を行い、その安全率を比較した。

最下段の D・BOX が無いケースは、上部荷重（中心部で最大  $50.6 \text{ kN/m}^2$ ）の重さに耐えることができずに基礎地盤が破壊し、安全率は  $F_s=0.61$  となった。最下段の D・BOX があるケースは、上部荷重に対して D・BOX の大きな剛性（ $c=129.0 \text{ kN/m}^2$ ）が支えとなり、基礎地盤が破壊せず、その安全率は  $F_s=1.79$  となった。よって、D・BOX の補強効果によって、安全率が大きく向上していることが確認された。

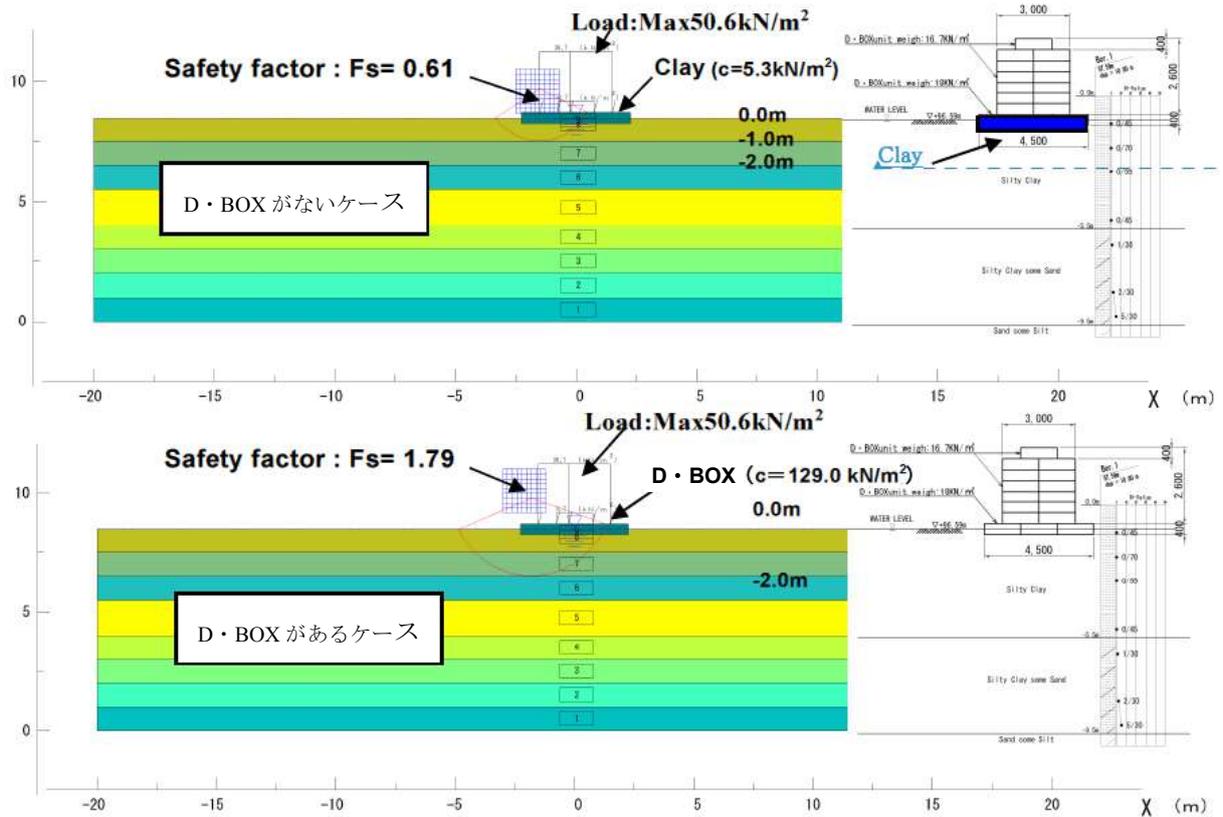


図 3.2.34 最下段の D・BOX の有無によるケース別の安全率（円弧すべり）の比較  
出典；調査団作成

### 3) 砂置換工の検討

同様の载荷重において、D・BOX の代わりに砂置換工を実施する場合に、安全率  $F_s > 1.0$  となる置換砂の厚さを計算した。計算の結果、安全率  $F_s \approx 1.0$  となる置換砂の厚さは 2m となった（図 3.2.35）

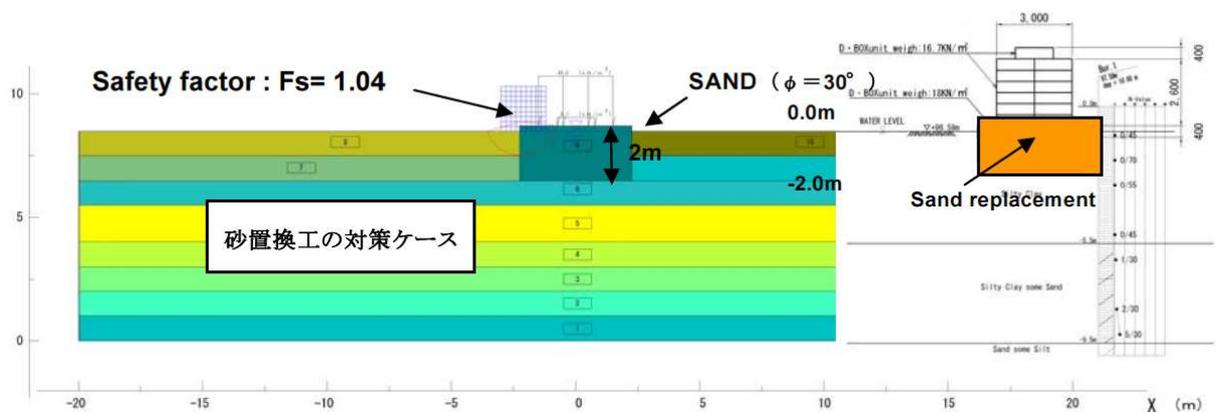


図 3.2.35 D・BOX の代わりに砂置換工を実施する場合における安全率  $F_s > 1.0$  となる置換砂の厚さ  
出典；調査団作成

(3) 沈下抑制及び補強効果の評価

D・BOX の沈下抑制効果及び補強効果をまとめて、図 3.2.36 に示す。

2013 年 11 月 12 日～12 月 18 日までの約 1 ヶ月間の沈下観測結果からは、予測沈下量に対して 2 割～5 割程度の沈下抑制効果を示している。また、地盤の支持力については、増加荷重が表層部の極限支持力を上回り、D・BOX が無い場合は円弧すべり安全率  $F_s=0.61$  となるが、D・BOX の補強効果 (D・BOX 敷設部の支持力増加) により安全率  $F_s=1.79$  となり、安定性が大きく向上している。

このように D・BOX の大きな剛性 ( $\tau=193.5 \text{ kN/m}^2$ ) によって、荷重分散による沈下抑制効果、支持力増加による補強効果が発揮されていると評価できる。

ただし、沈下抑制及び補強効果の定量的評価については、今後の沈下計測結果及び追加の土質調査結果 (D・BOX 下部の粘土層の物理・強度特性についての変化等を調査) なども踏まえて評価していく必要がある。

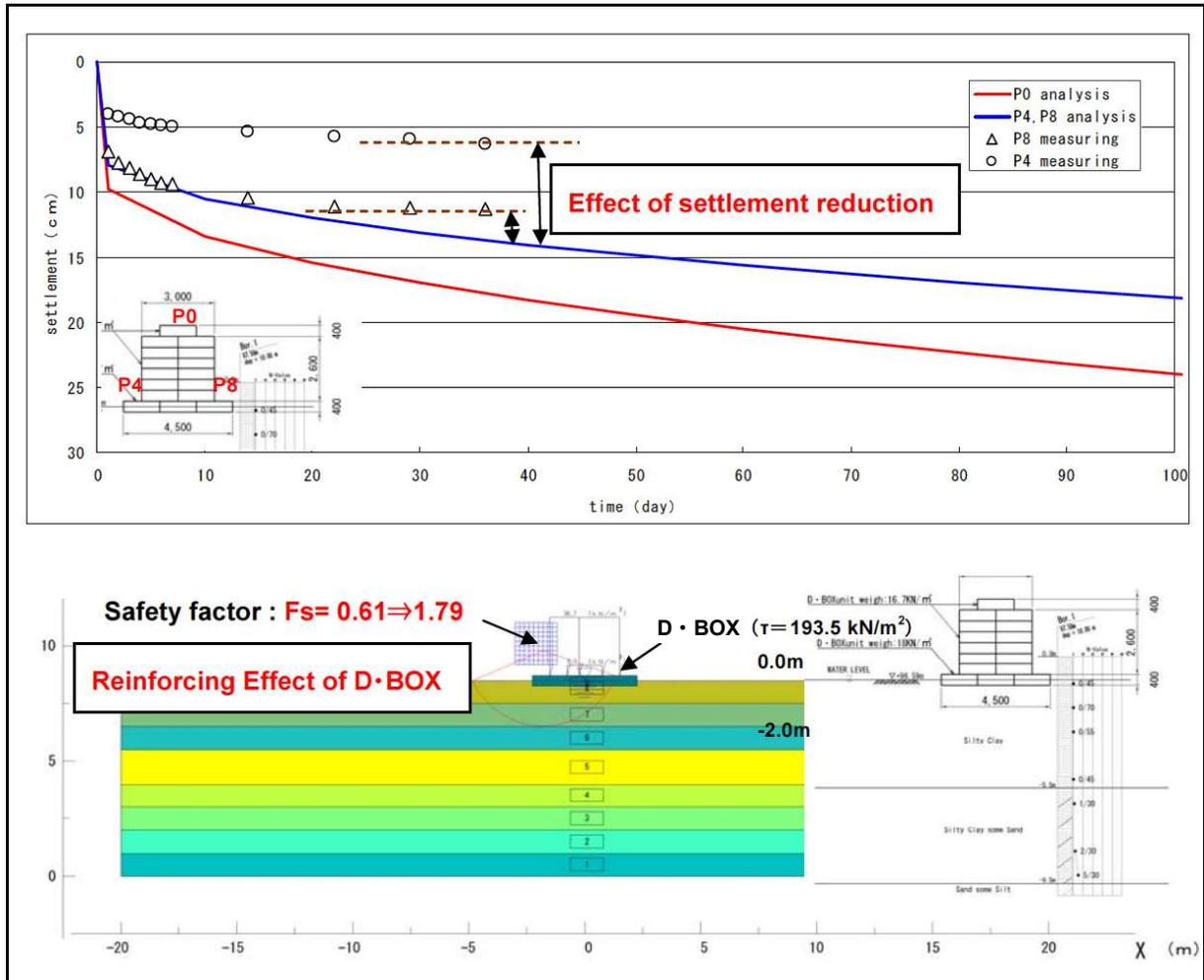


図 3.2.36 D・BOX の沈下抑制及び補強効果 (支持力増加)

出典；調査団作成

### 3.2.7 作業効率の確認

現場試験において、実際の現地作業員の作業性の確認を行った。

作業員は勤勉で、こちら側からの指示に対して、飲み込みも早いことから、日本の D・BOX の作業ペースと遜色無い作業施工効率を採用しても、問題ないと想定される。

表 3.2.8 D・BOX 製作の作業効率（現場での実測値）

工種	内容	作業員	重機	作業時間	備考
D・BOX 作成 LS150	D・BOX の 砂詰作業	4名	バックホウ 0.7m <sup>3</sup> ×1台	5分/袋	型枠の3個の場合
D・BOX 作成 LS150	D・BOX の 砂詰作業	8名	なし	20分/袋	30m離れた砂のストック場からの中詰作業
D・BOX 設置 LS150	スロープ設 置	8名	バックホウ 0.7m <sup>3</sup> ×1台	5分/袋	20m離れた場所への設置した場合

出典；調査団作成

以上の現場での作業効率より実施に当たっては次の歩係りを想定する。

現場での実施例

1) スローププロテクション（道路護岸）

(1) D・BOX LS 150 (1.5×1.5×0.45m) 製作（中詰作業）

60分÷5分/時=12袋/時

一日当り製作数：12袋/時×8時間=96袋

製作面積 LS150：96袋×1.5m×1.5m=216m<sup>2</sup>/日

- ・ 作業員×4名（日本では2名）
- ・ 型枠×3基
- ・ バックホウ 0.7m<sup>3</sup>×1台

(2) D・BOX LS 150 (1.5×1.5×0.45m) 設置作業

60分÷5分/時=12袋/時

一日当り設置数：12袋/時×8時間=96袋

設置面積 LS150：96袋×1.5m×1.5m=216m<sup>2</sup>/日

- ・ 作業員×8名⇒設置場所が約20m離れており、バックホウのみ移動しており、作業員はD・BOXのフックを掛ける要員と設置要員に分かれていたため要員数が8名であった。現場では見ているだけの作業員も多かったことから教育指導訓練により4名で実施可能である（日本では2名）
- ・ バックホウ 0.7m<sup>3</sup>×1台

### 3.3 採算性の検討（他工法との工事費比較）

ミャンマーにおける D・BOX 以外の軟弱地盤対策工について、概算工事費を算出する。

算出に際しては、前述した技術協力プロジェクトにおいて、比較検討が実施されている工法についてヒアリングにより情報の提供及び共有化を実施した。

表 3.3.1 代表的な軟弱地盤改良工法

工法	代表的な工法
押え盛土工法	砂による置換と押え盛土工法
締固め工法	サンドコンパクション／動圧密工法
圧密促進工法	プレローディング／ドレーン工法
安定処理工法	コンクリート混合処理／サンドマット
荷重軽減工法	軽量盛土材／発泡ビーズ混合
盛土材改良工	石灰混合改良／セメント混合改良

出典；調査団作成

代表的な軟弱地盤改良工法の内から、一般的に用いられている砂による押え盛土工法について、ミャンマーにおける概算工事費を算出し、比較を行った（D・BOX と同程度の滑りの安定性を確保するため、押え盛土工は砂厚 3m、D・BOX は LS150 一層厚とした）。なお、D・BOX（LS150）の販売コストは将来 6 万袋/年以上の場合のコストとして想定可能な 2,000 円/袋とした（計画では 2,500 円/袋を想定しているが将来の需要の増加に伴い価格低減が可能と想定した）。

現況地盤から 3m 以上の高潮等による洪水高や、避難用高台（+5.0m）、橋梁部へのすり付等を考慮し、今後、必要となる盛土高 5m 道路の場合の押え盛土工法と D・BOX 工法の概算工事費（舗装工は除く）の比較検討結果は図 3.3.2 及び図 3.3.3 に示すとおりであり、押え盛土（砂層厚 3m）に比べ D・BOX 工法は若干安価（約 1.5%）となる。なお、3.2.5 沈下解析で前述したように D・BOX は沈下抑制、滑りの安全性や透水性もすぐれ、洪水時にも対応可能な工法であり、経済性以外のメリットも多い。日本での 5m 載荷盛土に匹敵する事例としては、図 3.3.4 に示すように自動車工場のスラブ基礎に用い、115kN/m<sup>2</sup> の荷重が常時載荷している事例がある。

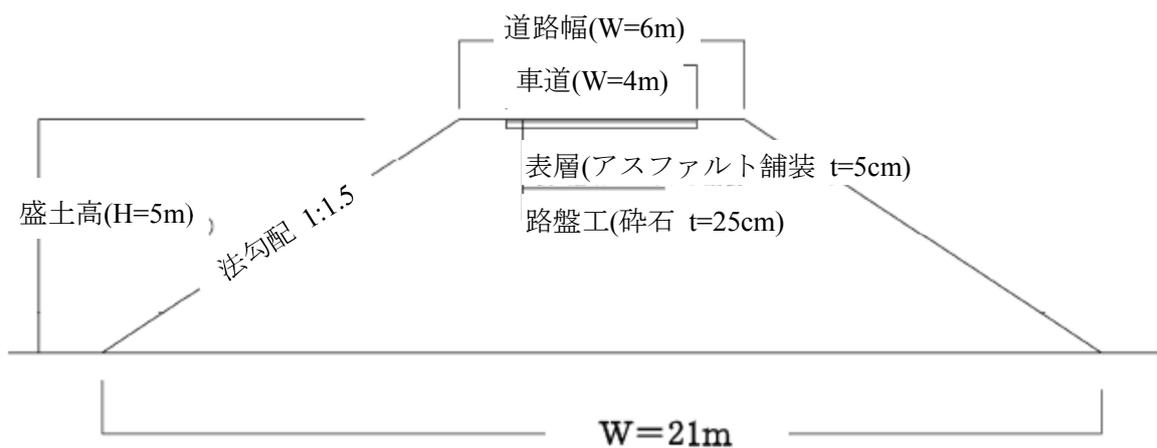


図 3.3.1 概算事業費算出 盛土断面 (平均載荷重 : 54kN/m<sup>2</sup>)  
出典 ; 調査団作成

(1) 砂による押え盛土工法の概算工事費

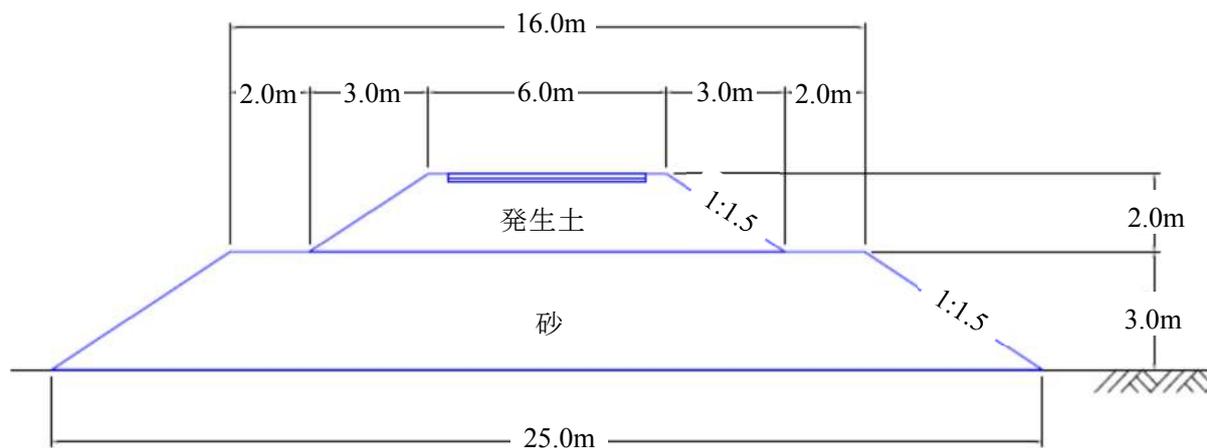


図 3.3.2 砂による置換工法 (砂厚 3.0m、法肩 2.0m) のイメージ図  
出典 ; 調査団作成

表 3.3.2 砂置換工法による道路の建設工事費（直接工事費/道路延長 10m 当り）

	Item	detail	quantity	unit	unit cost (MMK)	total cost	remark
1	発生土	material	180	m <sup>3</sup>	0	0	
	sand (T=3m)	material	676.5	m <sup>3</sup>	5,300	3,585,450	材料費 食込量 10%を考慮
2	filling and grading						施工費
		back-hoe	8	hour	37,500	300,000	
		labor	6	person	3,000	18,000	
		operator	1	person	4,000	4,000	
		fuel	80	lit	1,000	80,000	
		tyre roller	4	hour	21,250	85,000	
		operator	1	person	4,000	4,000	
		fuel	40	lit	1,000	40,000	
		dump truck	8	hour	16,250	130,000	sand
		driver	1	person	4,000	4,000	
		tracked dozer	8	8	26,875	215,000	
		operator	1	person	4,000	4,000	
		fuel	80	lit	1,000	80,000	
3	pavement						工事費から除外
4	total (MMK)					4,549,450	10m
						454,945	MMK /1m
						455	\$/m

出典 ; PW および現地建設会社、インタビュー結果等により、調査団作成

(2) D・BOX 工法の概算工事費

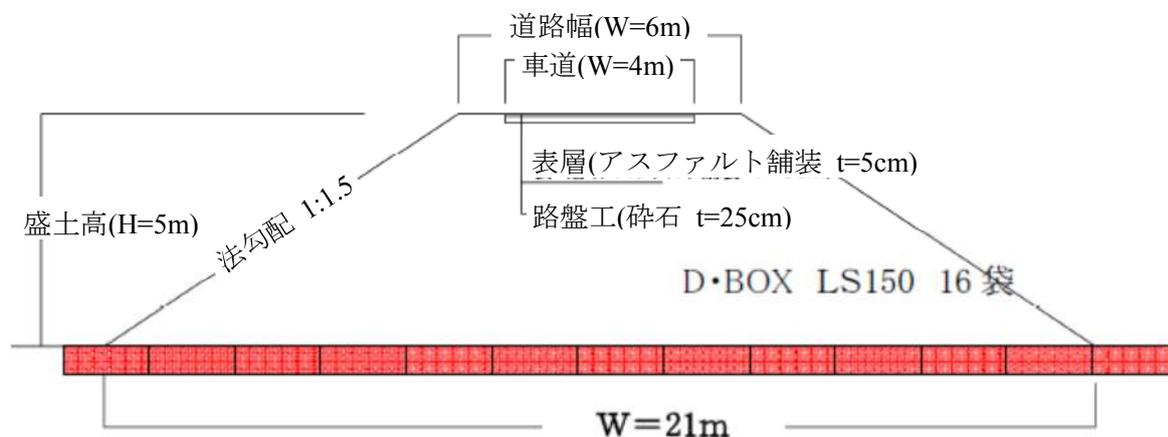


図 3.3.3 D・BOX 工法の想定断面

出典 ; 調査団作成

表 3.3.3 D・BOX 工法による道路の建設工事費（直接工事費/道路延長 10m 当り）

	Item	detail	quantity	unit	unit cost (MMK)	total cost	remark
1	発生土	material	675	m <sup>3</sup>	0	0	材料費なし
	sand	material	106.7	m <sup>3</sup>	5,300	565,510	for D・BOX
	D・BOX	material	106.7	bag	20,000	2,134,000	16 袋/m
2	D・BOX	form work	3.3	set	3,500	11,550	107bags/day
	fabrication	back-hoe	8.8	hour	37,500	330,000	107/96=1.11
		fuel	88	lit	1,000	88,000	
		labor	4.4	person	3,000	13,200	4 人 × 1.1
		operator	1.1	person	4,000	4,400	
		dump truck	7	hour	16,250	113,750	carry sand
		driver	1	person	4,000	4,000	
3	installation of						107bags/day
	D・BOX	back-hoe	8.8	hour	37,500	330,000	excavate filling material
		labor	4.4	person	3,000	13,200	4 人 × 1.1
		operator	1.1	person	4,000	4,400	
		fuel	88	lit	1,000	88,000	
		tyre roller	1	hour	21,250	21,250	転圧のみ
		operator	0.3	person	4,000	1,200	
		fuel	10	lit	1,000	10,000	
4	filling and	back-hoe	7	hour	37,500	262,500	
	grading	labor	6	person	3,000	18,000	
		operator	1	person	4,000	4,000	
		fuel	70	lit	1,000	70,000	
		tyre roller	4	hour	21,250	85,000	
		operator	0.7	person	4,000	2,800	
		fuel	40	lit	1,000	40,000	
		tracked dozer	7	hour	26,875	188,125	
		operator	1	person	4,000	4,000	
		fuel	70	lit	1,000	70,000	
5	pavement						工事費から除外
6	total MMK					4,476,885	10m
						447,689	MMK /1m
						448	\$/m

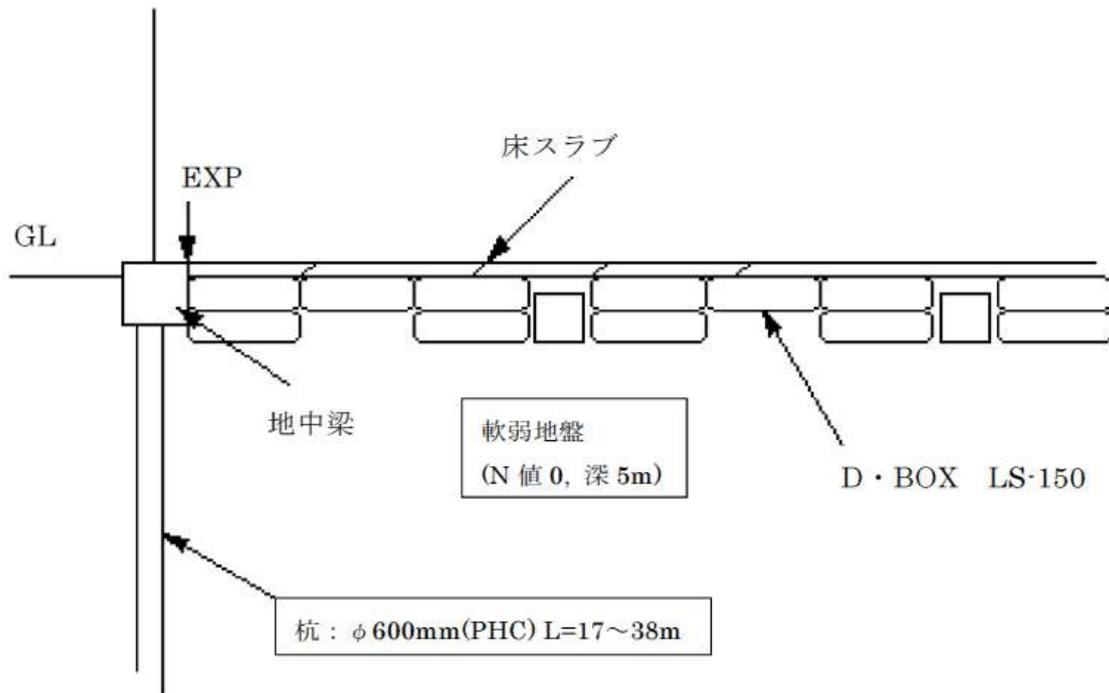
出典 ; PW および現地建設会社、ヒアリング結果等により、調査団作成

### T 社関連自動車部品製造工場での D・BOX 使用例

対象基礎は含水比の高い粘性土の軟弱な地盤であり、床面積 1,700m<sup>2</sup> (26m×66m) の内、大部分を製造機械等が占めるため、1 階スラブ下には大量の支持杭が使われる計画であり、不経済な計画であった。そのため、建物外周部とスラブ部をエキスパンションし、建物自体は杭で、スラブ部分（製造機械他の載る部分 115kN/m<sup>2</sup>）は D・BOX で荷重を分担する計画に変更した。当初計画に比べ杭本数が 1/3 となり、また最も重量のかかる 1 階スラブ部を建物から切り離れた事により、建物自体の構造が軽量化された。その結果 40%程施工費を安価にすることを可能とした。完成後 7 か月が経過しているが、沈下、振動に対する苦情はない。



製造機械下部では、常時最大 115kN/m<sup>2</sup> の荷重が作用している



製造マシンの下部で 115kN/m<sup>2</sup> の荷重がかかる

図 3.3.4 国内での D・BOX の使用実績 (2013 年 7 月完成 : 沈下、振動に対する苦情はない)

出典 ; 調査団作成

## 第4章 ODA 案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果

### 4.1 提案製品・技術と開発課題との整合性

#### 4.1.1 ミャンマーにおけるインフラ整備の開発課題の確認

ミャンマーの南部には、ミャンマー国内の全米生産量の30%を生産する広大なデルタ地帯が広がっている。そのデルタ地帯に位置するエーヤワディ管区の土質は、細粒粘土・シルトであり、道路、鉄道、建物などの構築に当たっては、沈下や滑り破壊などの問題が生じている。また、エーヤワディ管区は異常降雨による洪水やサイクロンによる高潮などの被害もあり、2008年のサイクロン「ナルギス」では3m以上も水位が上昇し、被災者240万人、14万人以上の犠牲者を出した地区である。そのため、エーヤワディ管区は、2009年から道路の改良、橋梁の建設、避難用シェルター・避難用高盛土などの整備が行われている。しかしながら、軟弱地盤における盛土のため、沈下や法面崩壊が毎年の雨季に発生しており、その対策が求められている。また、舗装等に使用する砕石はエーヤワディの北西約100km (Myaung Mya) から船で3日かけて運搬するため非常に高価(2,500円/m<sup>3</sup>)である。しかしながら、毎年の舗装面の沈下や轍掘れへの対応に経費が費やされており、今後の整備に於いては抜本的な対策が求められている。

	
<p>グラベル道路と盛土掘削により出来た水路 (道路盛土高は干潮時より2m程度が限界)</p>	<p>グラベル舗装(砕石を人力により敷均し、ロードローラで転圧)</p>
	
<p>橋とのすり付け部 約8mの高低差があり盛土の沈下、法面崩壊が頻繁に発生している</p>	<p>道路斜面保護(土のうと鉄板による) 水路は道路盛土掘削で出来たもの。 (潮位差2m程度)</p>

	
<p>道路斜面の崩壊状況 (毎年護岸部が崩壊している)</p>	<p>グラベル舗装の補修状況 (PW から入手) (毎年繰り返されており抜本的対策が必要)</p>
	
<p>軟弱地盤上の鉄道建設現場 (有効な対策が無く D・BOX のパイロットプロジェクトが要望されている)</p>	<p>橋梁とのすり付け部の沈下と法面崩壊 (有効な対策が無く D・BOX のパイロットプロジェクトが要望されている)</p>

図 4.1.1 ミャンマーにおけるインフラ整備の開発課題

出典；調査団撮影

前頁の写真に示すように、軟弱地盤の沈下、滑りに対する有効な対策工法が無く、避難用の高盛土部においては、沈下が数メートル生じているとの報告がある。鉄道についても有効な軟弱地盤に対する対策工法が無く対策を模索している状況である。

これらの理由として、予算の関係から、わが国で行われているような地盤改良の施工に必要となる、特殊大型重機や、改良材（碎石）の供給、および大型重機を搬入するアクセス道路の確保が難しいことが挙げられる。また、広大な穀物地帯であり、環境面への配慮により、セメント系の改良工法の使用についても慎重な対応が必要である。

このような現状を踏まえ、ミャンマーのエーヤワディ管区のようなデルタ地帯でのインフラ整備での開発課題へ対応すべき求められている軟弱地盤対策工法の選定条件としては、次の5項目が挙げられる。

【インフラ整備において、求められている軟弱地盤対策工法の選定条件】

- ① 特殊な重機を使用しない工法（人力のみの工法）
- ② 現地作業員で可能な工法
- ③ 安価な工法
- ④ 現地発生土（砂等）で作業可能な工法

⑤ 農作物への影響の無い工法

4.1.2 提案製品・技術と当該開発課題との整合性

前述したインフラ整備の課題に対する求められている対応策と、D・BOX工法を使用することによる予想効果は、図4.1.2に示すとおりであり、これまでの地盤改良工法では得られない効果を発揮する。なおD・BOXの耐用年数は、紫外線の影響が無い場所（紫外線の当たらない土中、水中、カバーされている場所）は半永久的であるが、紫外線の当たる場所であれば、袋の材料劣化により半年程度である。

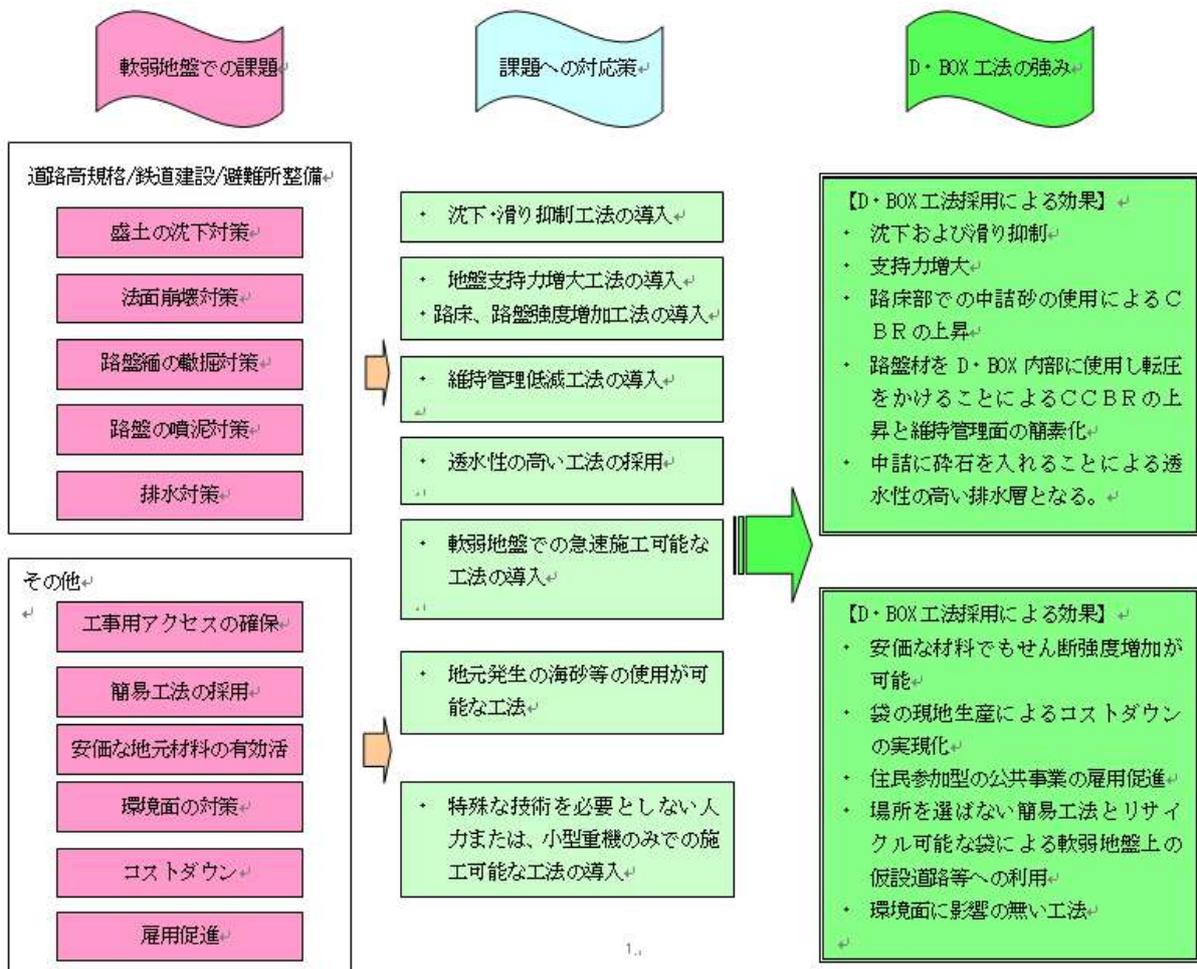


図 4.1.2 ミャンマーの軟弱地盤インフラ整備課題と D・BOX 導入による対応  
出典 ; PW、RRD、RW へのインタビューを元に調査団作成

#### 4.1.3 開発課題解決以外のミャンマーへの効果

エーヤワディ管区を中心としたインフラ整備の課題である軟弱地盤対策として、図 4.1.2 に示すように、沈下対策、斜面の崩壊対策、軟弱地盤上の仮設道路の急速施工などの効果が期待できるが、さらに生産や施工の現地化を進めることで経済・社会を支える人材の能力向上にも資するものである。技術面以外の効果として次の効果が期待できる。

##### 【D・BOX 導入による軟弱地盤対策以外の効果】

###### (1) 地元周辺の資材の有効活用

D・BOX を使用することにより、現地近郊で採集可能な海砂（約 600 円/m<sup>3</sup>）を用い、転圧が十分にされていない碎石以上のせん断強度を発揮することが可能となる（LS150 に砂を入れた場合の最大せん断強度は  $\tau = 193\text{KN/m}^2$ ）

###### (2) D・BOX の現地生産による雇用の創出

年間 6 万袋以上の D・BOX の現地生産を目標としており、それによる雇用の創出に加え、将来的に可能であれば工事を実施する地元近郊にて D・BOX の部分的な縫製を行うことにより、工事現場近郊での雇用拡大を図ることを目標としている。

###### (3) D・BOX の現地作業員による施工による雇用の創出と維持管理費用の低減

D・BOX の施工に当たっては、監督員には施工技術を持った人間を予定しているが、監督員の指導のもとで、特殊重機を使用せずに現地の労働力を使い、軟弱地盤対策を行うことが可能となる。さらに、軟弱な路床部での強度増加のセメント改良の代わりに排水層も兼ねた路床と下層路盤兼用の D・BOX を使用し、路盤緬の沈下や轍掘れを抑制し維持管理費用の低減を図ることにより、毎年の補修作業から道路の高規格化へと進むことが可能となる。

###### (4) 環境面への負荷の無い工法

D・BOX の袋はポリプロピレンであり、有害性は無く水に溶けることも無い。また、中詰材としては、現地の砂または、碎石等（用途によっては現地発生土の粘土）を考えており農作物や人体に与える影響は皆無である。

特にエーヤワディ管区は、重要な穀物地帯であり、環境面への負荷が無く望ましい工法である。

#### 4.2 ODA 案件化を通じた製品・技術等の当該国での適用・活用・普及による開発効果

ODA 案件化を実現することにより、D・BOX の普及を通じてミャンマーでの適用・活用・普及による開発効果は次のとおりである。

#### (1) 地盤改良に対する認識

これまで、ミャンマーの道路整備の考え方として実施予算（単年度）、および工期の制約により、軟弱地盤対策工を実施する場合には、予算が膨大となるために実施されていない状況である。一方、徐々に盛土を行い圧密沈下による地盤の強度増加を期待しつつ、さらに盛土を少しずつ行う、緩速施工やプレロード工法は、技術的にミャンマーで実施可能である。しかしながら、乾季の短い工期内に成果を出すことが優先するために、長期間を要して沈下を促進させる工法は敬遠されている。

そのため、現状の道路整備においては、軟弱地盤区域の有無にかかわらず、無対策での道路整備が実施され、地盤沈下などにより交通に支障が生じた段階で、補修（維持管理）を実施するサイクルとなっており、軟弱地盤に対する対応が不十分な状況である。

今後、本製品が ODA の案件化により採用され、ミャンマーにおいて軟弱地盤対策に対する知識が浸透し、これまでの即時的な対応から、将来の沈下や法面崩壊、道路や鉄道の維持管理等に対する長期的な視点を持った施策によるプロジェクトが推進されることが期待される。

#### (2) 業界形成

ミャンマーでは特殊製品に対する模造品対策が浸透していないことから、メトリーを中心とするミャンマーの現地法人を立ち上げるとともにミャンマー D・BOX 協会を設立し、技術講習、D・BOX 工事監督のライセンス発行やミャンマーに適合した用途や地盤条件に適合した D・BOX の改良・開発を進める予定であり、軟弱地盤対策の設計面、施工面の技術向上に加え、将来的には、協会による D・BOX 工法の保険制度等を取り入れ、模造品対策とすることも考えている。

### 4.3 ODA 案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果

ODA 案件化での D・BOX の効果を明確にした使用実績により、ミャンマーの南部のデルタ地帯であるエーヤワディ管区やその他の地域における、軟弱地盤対策（沈下対策）や振動対策、排水対策（暗渠）などの課題を抱えている構造物への D・BOX の普及を図ることが可能となる。

具体的には、ODA 案件としてミャンマー政府機関管轄でのパイロットプロジェクトの実施等による効果を明確にした実績を背景に、経済性、施工性、環境面を検証するとともに技術指導、設計・施工のガイドラインの作成、およびパイロットプロジェクトの成果を発表するセミナーの開催、さらに MES 等からの認定等を受けることにより、ミャンマー内での市場を確保することが可能となる。

また、ミャンマーにおいて今後の D・BOX の普及のスローガンは以下に示すとおりであり、ODA 案件化プロジェクト以降は信用と実績により 6 万袋/年以上の独自受注を確保し経営基盤の確立を図る。さらに、将来的には、D・BOX の海外輸出も念頭に置いた展開を図る。

#### 【D・BOX 普及のスローガン】

- ・ 現地発生砂の有効活用（発生砂の活用と環境への配慮）
- ・ 現地住民の雇用の創出（簡易な機械のみを使用した急速施工による軟弱地盤対策と雇用の

創出)

- ・ 現地生産による D・BOX の普及（自国生産による安価な D・BOX の普及と将来の海外輸出）

## 第5章 ODA 案件化の具体的提案

### 5.1 ODA 案件概要

提案技術・製品はインフラ整備において大規模に活用され、効果を発揮することを期待するものであり、主な大口利用者はミャンマー政府関連機関やインフラ関連事業者になるものと考えられる。しかし、本格的な採用に向けては提案製品の性能評価に関わる現地での実証実験や、更なるポテンシャルサイトの発掘・確認、提案・広報活動、現地パートナーとの関係の深度化や新たな現地パートナーの発掘、更には提案製品に関する各種ビジネスモデルの実現性検証等、一定期間の初期普及活動が必要であり、これらの活動として ODA を活用することを考えている。

また、その後の事業展開フェーズにおいては、政府予算等ミャンマー国内マーケットを対象として、ミャンマー国内資金源を対象としたビジネスを展開していくことを考えているが、そもそもインフラ整備に対して日本及び各ドナーによる支援が行われることが想定されることから、ODA 案件へのスペックインによる事業展開も検討したい。

本調査においては PW をカウンターパートとした実証実験や MES でのセミナー開催を通じた技術の紹介及び理解促進を進め、非常に良好な反応を得られており、具体的な ODA 事業としては以下の ODA 事業を活用することを考えている。

#### (1) 民間提案型普及・実証事業（中小企業向け）

一定規模のインフラ整備事業における軟弱地盤対策技術として、提案技術・製品を活用した実証実験を実施するプロジェクトを提案する。また、提案技術・製品の使用に加え、提案技術・製品の供給についても現地工場による生産を行い、現地生産・供給体制の確立に向けた検討も進めたい。

具体的には、RW、PW 等より軟弱地盤対策が必要な工事区域を提供してもらい、D・BOX を利用した軟弱地盤対策工事をパイロットプロジェクトとして実施する。規模は概ね 2,000m<sup>2</sup>程度とする。当該区域を対象として事前調査を実施（現地踏査、ボーリング調査、載荷試験等を含む）、D・BOX を利用した軟弱地盤対策の設計、施工計画を立案、実際の施工及びその後のモニタリング調査まで実施する。また、D・BOX の供給についてはその一部をミャンマー国内現地縫製工場に生産を委託、品質管理を行った上で現地工場より供給する。これら一連の活動を行うことで、D・BOX の現地適用可能性を実証し、また現地生産も試験的に行うことで今後の普及に向けた生産、流通、施工体制の構築を目指す。

#### (2) 技術協力による研修員受け入れ

D・BOX 普及のためには軟弱地盤対策技術の概要や、D・BOX の仕組みの理解、正しい施工方法の習得等技術研修が必要となる。現地政府機関やカウンターパート企業からの技術研修員を日本へ受け入れ、D・BOX 普及のための技術研修を行う。

(3) 無償資金協力（JICA を想定）による軟弱地盤地域における小規模橋梁整備

提案技術・製品を活用した地盤補強と小規模橋梁整備を一つのパッケージとし、例えば農村部のアクセス改善のための小規模橋梁整備を 10 か所程度まとめて無償資金協力により整備するといったプロジェクトでの事業展開についての検討を考えている。

5.2 具体的な協力内容及び開発効果

前項で挙げた ODA 事業について、具体的な協力内容及び開発効果について以下に示す。

(1) 民間提案型普及・実証事業

表 5.2.1 具体的な協力内容及び開発効果

C/P 機関	鉄道公社
案件の目標・成果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・C/P 機関で実施するインフラ整備事業の中の軟弱地盤対策が必要な部分について、高品質な軟弱地盤対策工事が実施される。</li> <li>・上記工事を通じて、C/P 機関の軟弱地盤対策工事に関する能力向上が図られる。</li> <li>・上記より、防災能力の向上、社会基盤整備が促進され、ミャンマー国民の生活向上、持続的経済成長に資する。</li> </ul>
投入	<p>【日本側】 （専門家） 総括、副総括、サイト調査、事業スキーム形成、設計・技術（設計、現地製造品質管理、載荷試験、沈下計測）、業務調整、パートナー開拓（機材提供） 当該企業製品、設計・施工マニュアル、技術資料（ガイドライン）</p> <p>【ミャンマー国側】 （人員配置） プロジェクト責任者、プロジェクト管理者、コーディネーター （施設・資機材） 軟弱地盤対策が必要な工事範囲、（袋以外の重機、資機材は C/P 負担）</p>
実施体制	<p>【日本側】</p> <p>JICA</p> <p>メトリー技術研究所等による 共同企業体</p> <p>現地協力企業① 縫製工場</p> <p>現地協力企業② 建設会社・コンサルタント・代理店</p> <p>【ミャンマー国側】</p> <p>鉄道公社</p> <p>ミャンマー工学会 (MES)</p>

活動内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ポテンシャルサイトの特定、更なる発掘</li> <li>・現地調査、設計、施工、施設共用、効果計測（沈下計測）といった一連のパイロット事業を特定されたポテンシャルサイトにて実施。</li> <li>・ミャンマー国内現地縫製工場での生産、品質管理、現地工場からの供給といった一連の製品供給体制について試験的に実施、また現地パートナーの活用及び更なる発掘により、現地体制の構築を図る。</li> </ul>
実施場所	下記【カウンターパート及び実施場所の選定について】参照
スケジュール	約 24 か月
協力概算金額	約 1.1 億円 （概算内訳） <ul style="list-style-type: none"> <li>D・BOX 調達費用 約 2,500 万円</li> <li>人件費 約 5,600 万円（約 25MM）</li> <li>土質調査等 約 1,400 万円</li> <li>交通費等 約 1,500 万円</li> </ul>

#### 【カウンターパート及び実施場所の選定について】

本調査で実施したセミナー時のアンケート調査及び関係機関への訪問時に、民間提案型普及・実証事業に必要な場所の提供等について意向を確認した。場所の提供に加え、作業員、砕石、砂等の資機材の提供を申し出た公的機関及び実証事業実施可能候補地は表 5.2.1 に示すとおりである。これらの対象から今後の D・BOX の普及において有効と考えられ、またミャンマー国への裨益効果が高いと考えられるカウンターパートと場所の選定を行うこととする。

現時点では、成果を短期間で確認可能で、また敷設延長も長くミャンマー国の持続的経済成長のための必要なインフラの整備や国民生活の向上に大きく寄与すると考えられる鉄道関係を第一候補と考えている。

#### 【カウンターパートの施工体制】

鉄道公社へのアンケートでは、我々は、D・BOX を供給し、且つ、設置指導を行うことを説明している。設置に当たっては、前述したように、重機、中詰材料（砕石）、作業員を鉄道公社から供給してもらうことを約束している。

鉄道公社の施工体制は次のように想定される。

- ・ 責任者：Maung Maung Thwin, Deputy Genral Manager(Civil), Myanma Railways, Naypyitaw, Myanmar
- ・ 担当者：表 5.2.2 に示す鉄道公社のパイロット選定場所（対象事業所）により担当者は異なる。
- ・ 施工体制：1箇所当たりのパイロットプロジェクトの延長は 100m 程度を想定しており、図 5.2.1 に示す体制で実施することを想定している。
- ・ 2014 年 2 月時点では、RW はパイロット事業として Chaung Phyyar Bridge（表 5.2.2 の No.2）へのアプローチ部を要望している。

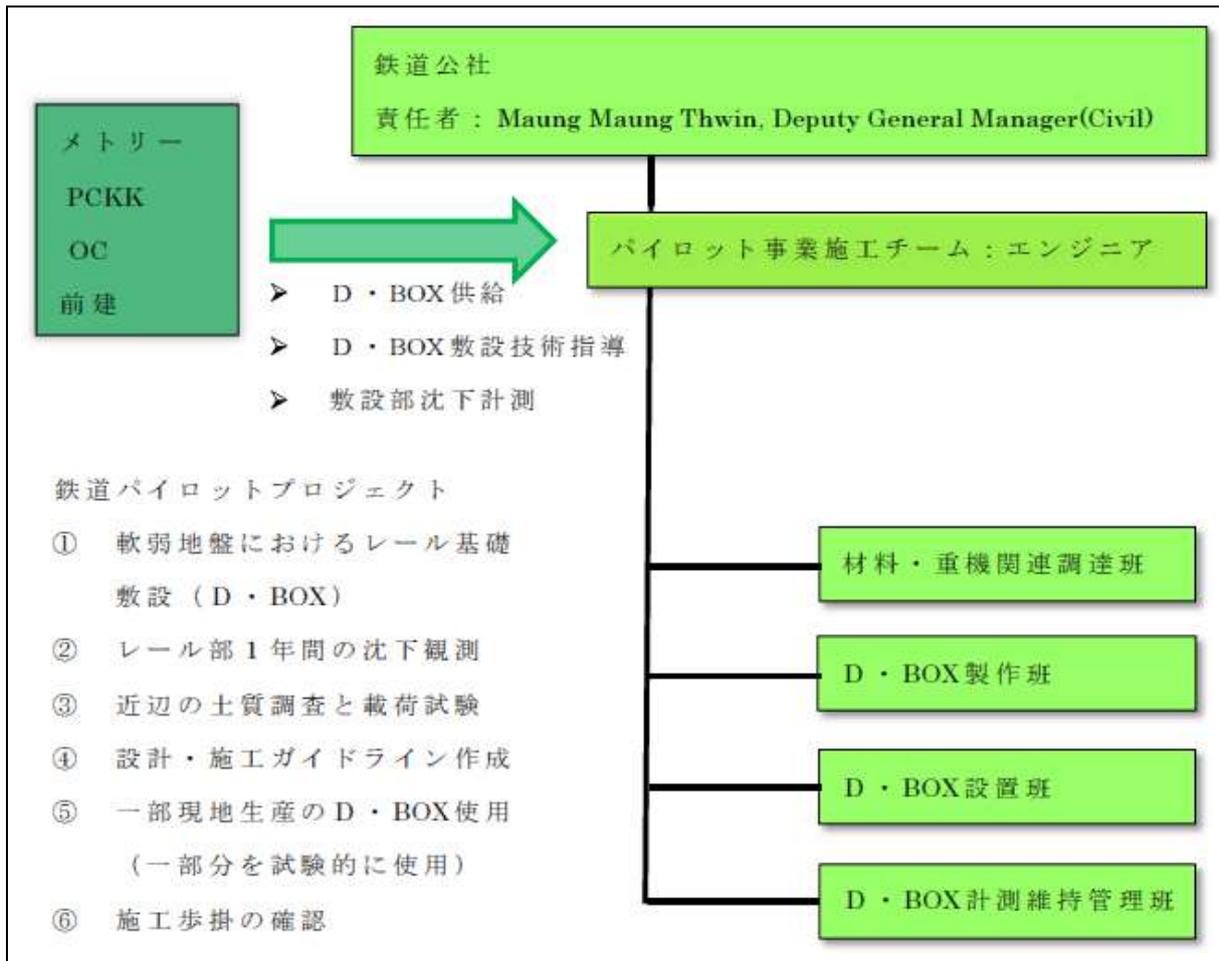


図 5.2.1 鉄道公社 施工体制 (案)

表 5.2.2 パイロットプロジェクトの候補地一覧

No.	対象施設	関係機関	内容	延長	先方の要望	対象場所	備考
1	鉄道レール	鉄道公社 (Myanmar Railway; RW)	・レールの振動による噴泥発生 ・軟弱地盤で雨季にはレールが曲がり通行止めとなる。	広い範囲で発生	不明	Oki shitpin station	図 5.2.3
2	鉄道レール	〃	・橋梁との取付部の沈下 ・地下水があり常に沈下が発生している。 ・潮位による影響もあり、地盤は常に飽和状態である	100m (50m×2)	100m (50m×2)	Chaung Pya Bridge	図 5.2.4 RW がパイロットプロジェクトとして一番要望している
3	鉄道レール	〃	・橋との取付部の沈下と法面崩壊	約 4 マイルが洪水区域	100m(50m×2) 橋の両側に設置	Sacort village Pantanaw township	図 5.2.5
					法面対策は別途		
4	鉄道レール	〃	・軟弱地盤での沈下	約 2 マイルが洪水区域	100m : 湿地帯に設置(人力)	Pantanaw -Sacort	図 5.2.6 Sand Piles で施工済との連絡有
5	道路	公共事業局 (Public Works; PW)	・橋梁との取付部の沈下	30m	30m	Kyon Sein Bridg	図 5.2.7
6	道路、建物基礎	救済復興局 (Relief and Resettlement; RRD)	・低地の軟弱地盤上の道路盛土沈下とクラック発生により、Sagaing の事務所への道路が使用できない。 ・倉庫の基礎の沈下	1,150f (345m) +建物基礎	1150f (345m) +建物基礎	Monywa (Sagaing Region)	
7	鉄道レール	JICA 技術協力プロジェクト (鉄道関係)	・雨季の軟弱地盤でのレールの沈下と曲がりによる通行障害	6,000m	30m (試験施工)	Togyaungga le-Dagon 大学	図 5.2.8 図 5.2.9

※No. 1～7 の位置を、図 5.2.2 に示す。

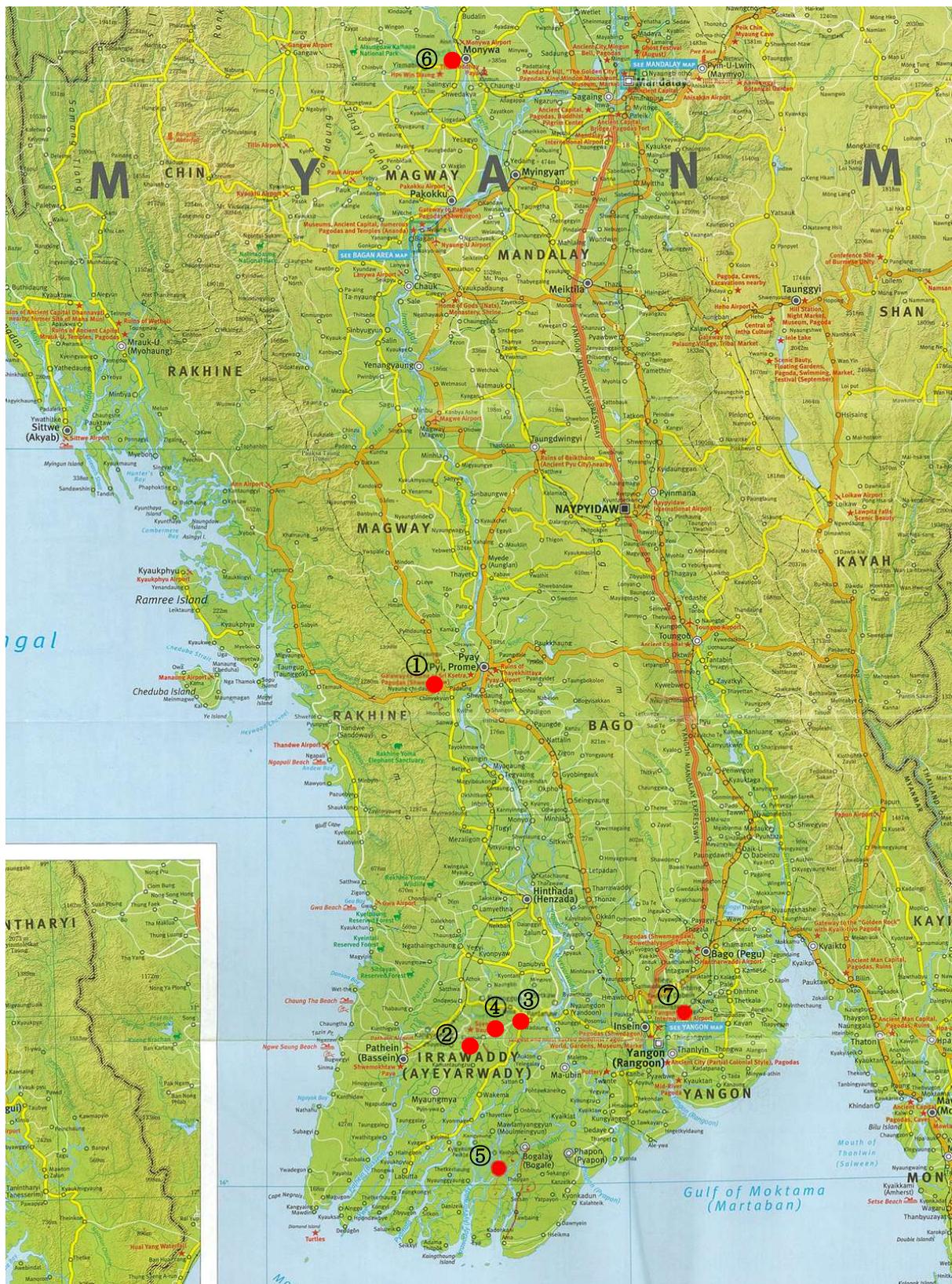


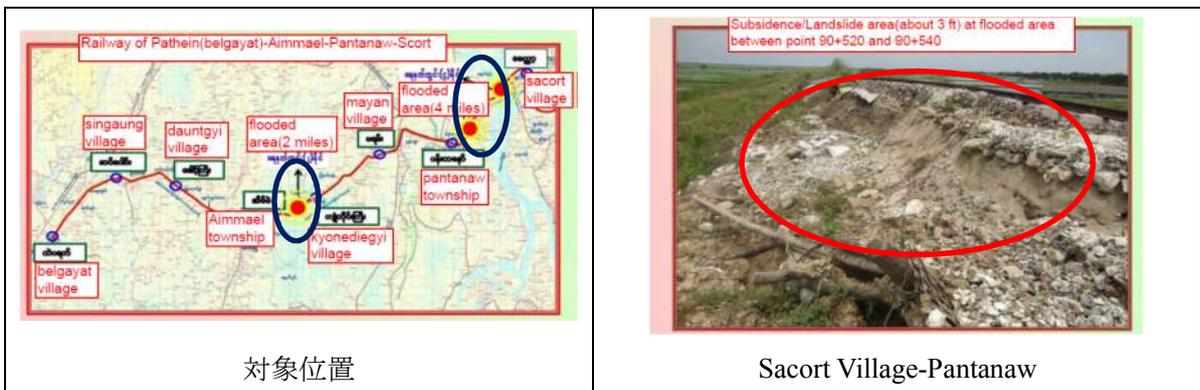
図 5.2.2 パイロットプロジェクトの候補地一覧



図 5.2.3 ① Oki shitpin station



図 5.2.4 ② Chaung Pya Bridge



対象位置

Sacort Village-Pantanaw

図 5.2.5 ③ Sacort Village-Pantanaw

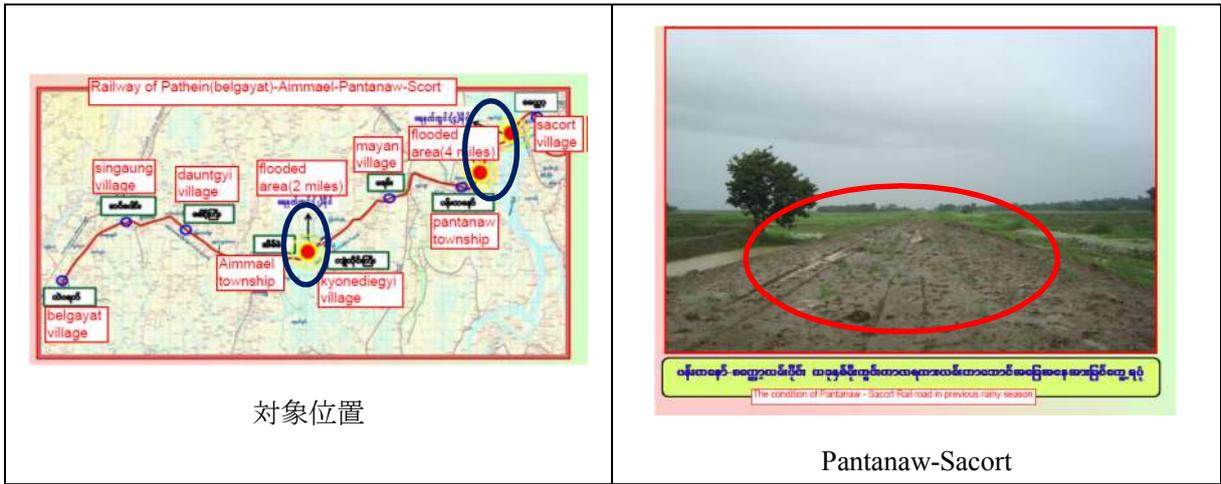


图 5.2.6 ④ Pantanaw-Sacort



图 5.2.7 ⑤ PW.kyon Sein 桥



图 5.2.8 ⑦ Togyangale-Dagon 大学

# DIVISION (7) YANGON

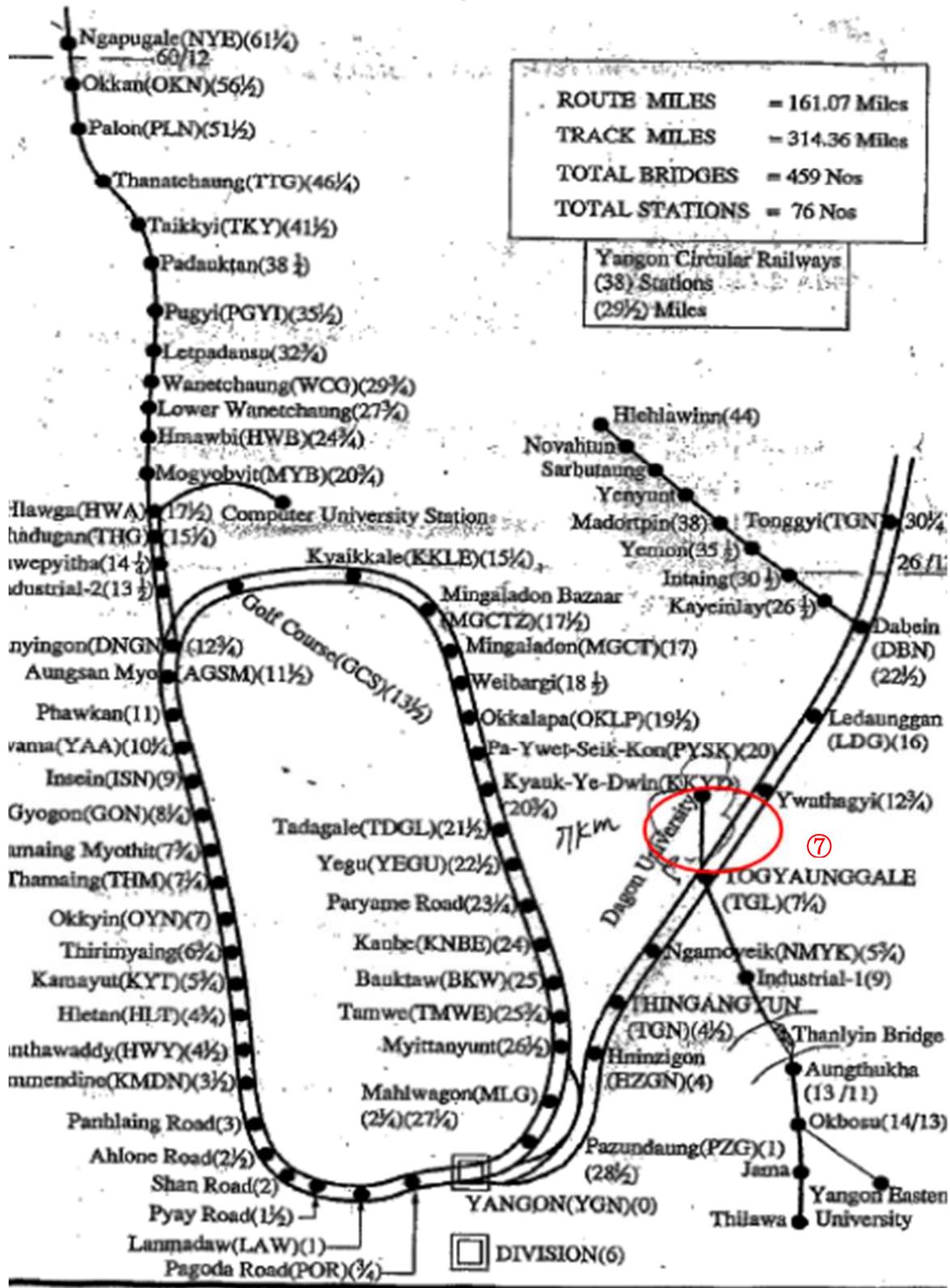


図 5.2.9 Tagyaunggale-Dagon 大学の位置図

## (2) 技術協力による研修員受け入れ

D・BOX 普及のためには軟弱地盤対策技術の概要や、D・BOX の仕組みの理解、正しい施工方法の習得等技術研修が必要となる。現地政府機関やカウンターパート企業からの技術研修員を日本へ受け入れ、D・BOX 普及のための技術研修を行う。

現地政府機関からの技術研修員受け入れに当たっては、現地政府関連機関でインフラ整備を担っている人材を研修員として日本に招き、軟弱地盤対策の基礎知識から現場の安全教育に至るまで必要とする知識や技術に関する研修を行い、D・BOX 普及に向けた基礎を身に付けてもらう。

また民間企業を対象とした技術研修員受け入れに当たっては、一般財団法人海外産業人材育成協会（HIDA）が実施している新興市場開拓人材育成支援事業の活用が考えられる。本事業を活用した場合の受け入れ体制等は以下を考えている。

### 1) 日本側の受け入れ体制

受入企業は D・BOX 協会及びその関連企業より当面は選定し、受け入れた人員に対する基本的な教育プログラムを、メトリー技術研究所と連携し各企業が実施する。

### 2) 主な研修内容

主な内容としては、共通教育として、

- ・ 現場における安全教育
- ・ D・BOX 基礎的事項の教育（軟弱地盤の基礎知識を含む）
- ・ 日本における挨拶や慣例と言った基本教育

の 3 点を 1 週間の研修期間を設けて実施する。その後、D・BOX に関する基礎的な教育を継続的に実施する。次に施工管理における、工程、品質、予算、安全管理等の基本を現場での実経験を通して教育する他、D・BOX 取扱資格免許（メトリー協会主催の民間資格）や、重機免許の取得等各自のニーズに応じたメニューを作成する。

### 3) 帰国後のケア

研修生の帰国後での連絡先を把握し、メール等を通して D・BOX に関する技術情報等を配信する他、今後の情報ネットワークを構築して行く。また今後 D・BOX の使用実績に応じ、使用実績のある会社や D・BOX に興味のあるミャンマーの企業、日系企業に対し資格（D・BOX 取扱資格免許）を取得した人材の推薦等を行う。

## (3) 無償資金協力（JICA を想定）による軟弱地盤地域における小規模橋梁整備

このスキームによる ODA 案件は、事業展開フェーズにおいて現地側要望と日本国政府の援助方針とが合致する場合に、官民連携型の一つの形として検討するものである。

民間提案型普及・実証事業の実施により D・BOX を利用した軟弱地盤対策工事をミャンマーで広く認知してもらい、また工学的検証も並行して実施、マニュアル類等の整備も進めることによ

り、ミャンマーにおいて標準的且つ一般的な工法として採用されるようになることを目指す。このような状況を実現することにより、軟弱地盤地域における小規模橋梁整備等、軟弱地盤対策工事を含むインフラ整備案件に関する無償資金協力要請において、本工法の適用を含むパッケージによる要請を引き出す、また適切な性能規定による要請内容としてもらうことにより、D・BOXの更なる普及促進及びミャンマーのインフラ整備促進に貢献していくことを考えていきたい。

表 5.2.3 無償資金協力のプロジェクトの提案

C/P 機関	公共事業省、鉄道公社、地方政府等
案件の目標・成果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・C/P 機関で実施するインフラ整備事業の中の軟弱地盤対策が必要な部分について、高品質な軟弱地盤対策工事が実施される。</li> <li>・軟弱地盤上に安定したインフラが整備されることにより、防災能力の向上、社会基盤整備が促進され、ミャンマー国民の生活向上、持続的経済成長に資する。</li> </ul>
対象サイト	<p>具体的なサイトについては事前調査にて決定する。</p> <p>現時点では以下のような条件がこのスキームの活用には適合すると想定。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・農村地域のアクセス改善（小規模河川を複数渡る地域幹線道路）</li> </ul>
事業概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・D・BOX を活用した橋脚部地盤補強を含めた小規模橋梁建設工事</li> <li>・コンサルティングサービス（詳細設計、施工管理）</li> </ul>
協力概算金額	対象サイト数及び規模に応じて決定するが、例えば 10 か所を対象として約 5～10 億円規模程度を想定。

#### (4) その他 ODA のアイデア

将来的には農村地域での雇用創出農村地域での雇用創出と地域に根付いたインフラ整備への貢献を目指し、現地工場にて半製品（一部縫製工程が残った状態）まで生産、これらを工事施工箇所近傍まで搬送、現地住民による家内縫製作業（家内工場規模）により D・BOX を完成させるような事業展開も念頭にある。これにより、現地住民の雇用機会創出（収入を得られる）、自分達でインフラを整備したという意識の醸成により地域に根付いたインフラ整備となる。

このような事業展開を進めていく上で、現地側のニーズや当該企業の事業展開の状況、我が国の援助方針に合致する等の諸条件が揃った場合には以下の ODA 案件を活用するアイデアも検討したい。

##### 1) 草の根・人間の安全保障無償資金協力

地方公共団体や農村地域の NGO 等の要請に基づき、その地域の軟弱地盤対策が必要な場所（地域道路や農道の整備等）を対象として、現地ニーズに合わせた D・BOX へ改良、現地生産、施工をより簡単にした形で提供し、軟弱地盤対策を実施する。これにより、要請団体地域のインフラ整備が促進され、地域の生活の向上が図られ、また要請団体や地域住民が軟弱地盤対策技術を習得することができる。

## 2) 協力準備調査 (BOP ビジネス連携促進)

農村部等を対象として、地域道路の整備を行う。道路整備事業自体は地方自治体や民間事業者による PPP 事業等で整備を行うが、半製品の D・BOX を現地住民による家内縫製作業（家内工場規模）により供給することで、BOP 層の所得向上に貢献する。

## 5.3 他 ODA 案件との連携可能性

### (1) 日本の ODA 事業における土木工事への採用（事前のスペックイン）

ミャンマーで予定している道路高盛土部及び鉄道の軟弱地盤対策（噴泥）等の試験施工（本調査で試験施工としての要望あり）での成果と D・BOX 工法の設計・施工ガイドラインの作成等により、今後の日本の ODA 事業で実施するインフラ整備（鉄道等）において、事前に D・BOX 工法の採用工法の一つとして、スペックインし、日本の技術による「安く」「早く」「高効率」に整備が進められる売りの一つとして活用してもらうことも視野に入れる。

なお、適用先としては、道路建設の際の地盤改良、路床改良、法面保護、鉄道整備時の路床改良、排水対策等が想定される。

### (2) 道路関係

各国の ODA 案件として、現時点で多くのプロジェクトがミャンマーでは進行している。D・BOX 工法については、道路整備における軟弱地盤対策工として十分なコストパフォーマンス及び整備効果を上げることが可能と考えられ、今後の道路整備における軟弱地盤対策工の 1 つとして JICA の技術協力プロジェクト等との連携を推し進める事は十分に期待できる。

2014 年 2 月現在、JICA の技術協力プロジェクトとして、災害多発地域における道路技術改善プロジェクトが進行中であり、軟弱地盤における道路の軟弱地盤対策工法について検討中とのことである。

公共事業省の依頼により、メトリーと PCKK が実施予定のエーヤワディ管区の工事中の橋梁すり付け部の高盛土の基礎に D・BOX を使用することが予定されており、2014 年 7 月頃に実施予定である。その実験結果（沈下・滑り等の対策効果）の情報を JICA 技プロにも提供する予定である。

#### 【道路関係の D・BOX を用いた軟弱地盤対策工法への活用案】

- ・ 道路土工における軟弱地盤対策工
- ・ 橋梁構造物における橋台背面における軟弱地盤対策工
- ・ 超軟弱地盤における仮設道路工

### (3) 鉄道関係

2014 年 12 月に現場試験結果の説明に RW に行った際に、エーヤワディ管区の軟弱地盤上の鉄道敷設に D・BOX を喫緊に設置してもらいたい旨を RW の General Manager（Tin Soe 氏）から

要請を受けていることから、民間提案型の普及事業のパイロット候補地の一つとしてその要請箇所を提案している。

また、後述するヤンゴン市内の支線 (Togyauungale-Dagon 大学) での試験施工 (2014 年 11 月頃) もあわせて実施し、軟弱地盤における対策工法の一つとして基準書または、設計ガイドライン等に取り込んでもらうことを要望していく予定である。

特に鉄道プロジェクトはヤンゴン～マンダレー間の整備など今後大規模なプロジェクトが予定されており、その延長は、3,700km になると想定され、軟弱地盤での基礎部への使用や噴泥箇所、湧水箇所、橋梁部とのすり付け区間等への利用が想定される。

#### 1) D・BOX 工法の鉄道分野における国内での実施例 (噴泥対策)

JR 西日本での噴泥対策として D・BOX LS150 の使用例を図 5.3.1 に示す。延長 30m 程度の在来線の夜間での設置例である。



図 5.3.1 JR 西日本での施工例 (2014 年 1 月)

#### 【参考】

支持力のある地盤と違い軟弱な地盤に直接砕石 (バラスト) を敷いた場合、上部からの長期的な繰り返し荷重を受け砕石は地面に食い込み変形を誘発するため、比較的短期間で沈下が起こる。またこの際バラストが食い込んだ分だけ下層地盤部の軟弱な土粒子がバラスト内部に侵入するため、やがて噴泥等の現象を引き起こす場合が多くみられる。

これに対して D・BOX を敷設した場合、D・BOX 内部で区画された砕石は強固でかつ柔軟な構造体を形成する。これにより上部からの荷重を効果的に分散し地盤変形を抑止し、沈下量を最小限度にとどめる事が出来る。また、D・BOX のフィルター効果により下層地盤部からの土粒子の侵入を抑止し、噴泥を食い止める事が可能となる。さらに D・BOX の振動低減効果により車両振動を低減し、周辺への振動被害を抑止する効果も併せ持っている。

#### (4) その他

ODA 関連の道路、鉄道でのパイロットプロジェクトの実績と成果を基に、PPP 等の民間を中心とした港湾の埋立地、コンテナヤード、工業団地開発、住宅開発、空港の舗装、暗渠などへの展開も考えている。

### 5.4 その他関連情報

#### 5.4.1 我が国援助方針における位置づけ

わが国の対ミャンマーへの援助方針は、1.4 で前述したように、2011 年 6 月「民衆が直接恩恵を受ける基礎生活分野の案件を中心に」支援を実施することとし、さらに 2012 年 4 月、ミャンマーの民主化および国民和解、持続的発展に向けて、急速に進む同国の幅広い分野における改革努力を後押しするため、引き続き改革努力の進捗を見守りつつ、民主化と国民和解、経済改革の配当を広範な国民が実感できるよう以下の基本方針に示すように国民の生活向上や、インフラ制度整備の支援が挙げられている。

なお、インフラ整備や防災に関係する最近の ODA は、軟弱地盤における道路整備技術の構築を含む災害多発地域における道路技術改善プロジェクト、エーヤワディ管区の高潮を対象とした自然災害における警報システム構築プロジェクト及び、軟弱地盤対策を含むミャンマー国鉄安全性・サービス向上プロジェクトなどの技術協力プロジェクトが進行している。

#### 【ミャンマーODA の基本方針】

- ① 国民の生活向上のための支援（医療・保健、防災、農業等を中心に少数民族や貧困層支援、農業開発、地域開発を含む。）
- ② 経済・社会を支える人材の能力向上や制度整備のための支援（民主化推進のための支援を含む）
- ③ 持続的経済成長のための必要なインフラや制度の整備等の支援

インフラ整備における軟弱地盤対策として、D・BOX 工法が普及することにより、現地生産による袋の供給や特殊重機が不要で地元労働者による効率的な整備が可能となり、ミャンマーにおけるインフラ整備の促進が可能となる。また、経済性や環境面でも他の工法に比べて優れた工法であり、技術指導を通じて人材教育の支援も可能である。将来的には D・BOX の海外輸出も見据えた展開によりミャンマーの経済支援の一助になると考えている。

なお、今回の調査においての具体的な成果としては、JICA の技プロの道路技術改善プロジェクトを通じて、公共事業省からエーヤワディ管区の軟弱地盤沈下対策として、ボガレイの橋梁取付盛土部への D・BOX 試験施工の依頼があった。2014 年 7 月頃の実証実験を行うことにより効果を確認予定である。

また、同様に鉄道に関しても鉄道関係の JICA 技プロより、ヤンゴン市内の支線（Togyauungale-Dagon 大学）の試験施工において、軟弱地盤対策の 3 工法比較の一つとして、D・

BOX工法を2014年10頃に試験的に設置することの可能性を示唆されている状況である(延長30m程度)。

これらの道路、鉄道との連携によるD・BOX工法の試験施工の成果により、関係機関の設計や基準等に取り込まれる可能性が高まり、具体的なODA案件へのD・BOX工法の普及が可能になると考えている。