

フィリピン国
Department of Public Works and Highways (DPWH)

フィリピン国
耐震塗料による構造物耐震強靱化
にかかる案件化調査
(中小企業支援型)

業務完了報告書

2023年2月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 Aster

民連
JR
23-019

<本報告書の利用についての注意・免責事項>

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

<Notes and Disclaimers>

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

目次

ダイジェスト写真.....	5
地図:フィリピン国、メトロマニラ (マニラを中心とした首都圏)・バタンガス州.....	8
図表リスト.....	8
略語表.....	9
案件概要.....	11
要約.....	12
はじめに.....	15
1. 調査名.....	15
2. 調査の背景.....	15
3. 調査の目的.....	15
4. 調査対象国・地域.....	16
5. 契約期間、調査工程.....	16
6. 調査団員構成.....	16
第1 対象国・地域の開発課題.....	17
1. 対象国・地域の開発課題.....	17
1-1 近年の地震被害の把握.....	17
1-2 建築規制制度と構造基準の概要.....	18
1-3 建物の地震被害の実態と要因分析 (2013年ボホール地震の被害調査より).....	19
1-4 避難所の現状と課題.....	22
2. 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等.....	28
2-1 開発計画・政策.....	28
3. 当該開発課題に関連する我が国の国別開発協力方針.....	30
4. 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析.....	31
4-1 我が国の ODA 事業.....	31
4-2 他ドナーの先行事例分析.....	32
第2章 提案法人、製品・技術.....	34
1. 提案法人の概要.....	34
1-1 企業情報.....	34
1-2 海外ビジネス展開の位置づけ.....	34
2. 提案製品・技術の概要.....	34
2-1 提案製品・技術の概要.....	34
2-2 ターゲット市場.....	36
3. 提案製品・技術の現地適合性.....	37
4. 開発課題解決貢献可能性.....	37
5. 実験の計画・実施および現地国カウンターパート (DPWH) とのコミュニケーションにおける教訓	

5 - 1 遠隔型によるコミュニケーションの弊害	38
5 - 2 実験における教訓.....	38
第3章 ODA 事業の内容/連携の可能性	39
1. ODA 事業の内容/連携可能性	39
2. ODA 事業実施/連携におけるリスク・課題と対応策	41
2-1 許認可等取得の必要性	41
2-2 許認可等取得の必要性	41
2-3 教育省の予算執行能力	41
3. 環境社会配慮	41
4. ODA 事業実施/連携を通じて期待される開発効果.....	42
第4章 ビジネス展開計画	43
1. ビジネス展開計画概要.....	43
2. 市場調査・民間企業からのヒアリング	43
3. 進出形態とパートナー候補	43
4. バリューチェーン	43
5. 収支計画	43
6. 想定するビジネスリスクと対応策	44
7. ビジネス展開を通じて期待される開発効果.....	44
8. 日本国内地元経済・地域活性化への貢献	44
9. ビジネスモデル具体化に向けた活動における教訓.....	44
9-1 特許申請タイミングによる調査の遅れ.....	44
9-2 トップと実務者の意識の違い	45
9-3 ロジスティクスにおける不確実性.....	45
参考文献	46
英文案件概要	49
英文要約 (Summary Report)	50
別添資料	60

ダイジェスト写真



コンクリートブロック工場と積み出し風景



コンクリートブロック到着@つくば



鉄骨フレームの据え付け



フレーム全体像



モルタル製作



コンクリートブロックの積上げ



柱への装着



コンクリートブロック積上げ



Power Coating 1回目の塗布



Power Coating 2 回目の塗布



マーキング作業



計測準備



計測準備 (実験当日)



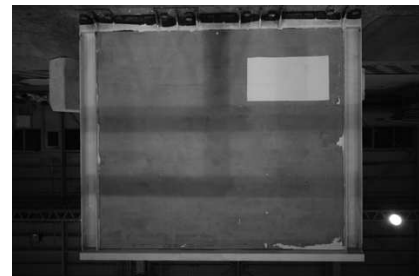
加振による破壊



破壊後の検証



エンジニアド (中央) は一部内部亀裂あり



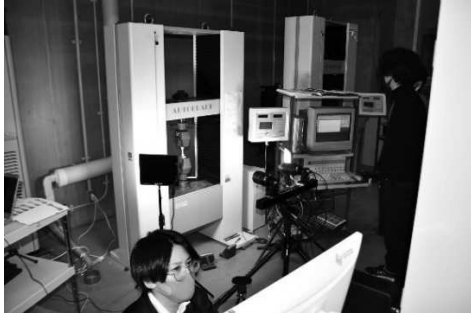
ノンエンジニアド+塗布は大きな損傷なし



エンジニアドは内部モルタルは強固



内部モルタルの破片



ラボテスト@東京大学 (引張試験)



ラボテスト@東京大学 (面外曲げ試験)



ラボテスト@東京大学 (面内斜めせん断試験)



ラボテスト@東京大学 (面内斜めせん断試験)



シンポジウム@イサオスタジオ



シンポジウム@イサオスタジオ



Batangas に輸送された PowerCoating



PowerCoating 塗布



カラタガン町長挨拶 Lucshin 国立高校セレモニー



セレモニー後のデモンストレーション

地図:フィリピン国、メトロマニラ (マニラを中心とした首都圏)・バタンガス州



(Google Map より)

図表リスト


図 1	NDRRMC (国家災害リスク軽減管理評議会) の体制 (中央及び地方)	28
表 1	ボホール地震被害	17
表 2	ASEP に基づく小学校設計諸元	19
表 3	2013 年ボホール地震の被害調査結果	21
表 4	災害対応に向けた学校建設基準の変遷 (Design Development of the Calamity-resilient School Building)	27
表 5	競合比較	35
表 6	レンガ組積造に対する振動台実験結果	35

略語表

略語	正式名称	日本語名称
ASEAN	Association of South - East Asian Nations	東南アジア諸国連合
ASEP	Association of Structural Engineers Philippines	フィリピン構造工学協会
BRS	Bureau of Research & Standards	研究標準化局
BtoG	business to government	企業と政府や自治体の間で行われる商取引
CHB	Concrete Hollow Block	コンクリートコンクリートブロック
C/P	Counterpart	相手機関
CPS	Constructors Perfomance Evaluation System	建設業者実績システム
DEPED	Depatment of Education	教育省
DILG	Deapartment of the Interior and Local Government	内務自治省
DPWH	Department of Public works and Highways	公共事業省
DRRM	Disaster Risk Reduction and Management	災害リスク軽減管理
DSWD	Department of Social Welfare and development	社会福祉開発省
DTI	Department of Trade and Industry	貿易産業省
EMS98	European Macroseismic Scale 1998	欧州地震基準
Eng.	Engineered	エンジニアド（基準に沿った設計施工）
E052	Exective Oreder 52	大統領令第 52 号
ICC	Import Commodity Clearance	輸入商品許可
GSIS	Gorvernment Services Insurance System	年金機構
K-12	K to 12 Program	K-12(義務教育 10 年から 12 年にする改革の略称)
LGC	Local Gorvenment Code	地方自治法
LGU	Local Gorvenment Unit	地方自治体
LOI	Letter of interest	関心表明
NBCP	National Building Code of the Philippines	フィリピン建築基準法
NDRRMC	National Disaster Risk Reduction and Management Council	国家災害リスク軽減管理評議会
NEDA	National Economic Development Agency	国家経済開発庁
Non Eng.	Non Engineered	ノンエンジニアド（現地一般工法）
NSCP	National Structural Code of the Philippines	フィリピン構造基準
MOA	Minitutes of Agreement	協議議事録方式（ここでは PAS 取得ための共同研究型の枠組み）


OCD	Office of Civil Defense	市民防衛局
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OMYP	Oplan Metro Yakal Plus	マニラ首都圏地震対策計画
P. A. S	Product Accreditation Scheme	製品登録制度
PCAB	Philippine Contractors Accrediation Board	フィリピン請負業者認定委員会
PDRF	Philippines Disaster Resilience Fund	フィリピン災害軽減課基金
PHIVOLCS	Philippines Institute of Volcanology and Seismology	フィリピン火山地震研究所
PMO-ERG	Project Management Office for Earthquake Resilience Greater Metro Manila Region	グレーター・メトロ・マニラ地域の地震耐性のためのプログラム管理事務所
PNS	Philippine National Standard	フィリピン国家基準
PSA	Product Standard Agency	製品基準庁
SEF	Special Education Fund	特別教育基金
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
SDS	Safety Data Sheet	安全データシート

案件概要




**フィリピン国 耐震塗料による
構造物耐震強靱化にかかる案件化調査（中小企業支援型）**
株式会社Aster（東京都）


11 日本経済の発展
を支え続ける



13 発展途上に
高付的な財源を



17 パートナシップで
目標を達成しよう



対象国地震災害分野における開発ニーズ（課題）

- ・ フィリピンは日本と同様に、地震リスクの高い国である
- ・ 地震災害に関し、JICA調査（2004年3月）によれば、ウエストバレー断層を震源地とする最悪のシナリオでマニラ首都圏では死者は33,500人を超えると予想されている。
- ・ 公共構造物の耐震強化も大きく遅れ、耐震強化が必要な教室数も80万クラスと建て替えを必要としない補強策が必要。

提案製品・技術

- ・ 耐震塗料（Power Coating）はガラス繊維を特殊分散混合した強化塗料
- ・ 提案製品の強靱性は東京大学目黒研究室により実証
- ・ 耐震性、コスト、施工性、意匠性、環境適応性において高い優位

本事業の内容

- ・ 契約期間：2021年10月～2023年2月
- ・ 対象国・地域：フィリピン国メトロマニラ
- ・ カウンターパート機関：フィリピン国公共事業省、標準化・研究局
- ・ 案件概要：(株)Asterと東京大学が協賛で開発し、

細構造構造物に対して技術的に実証された耐震塗料がフィリピン建設材料にも適合するか否かを検証すること、その結果を踏まえ、地震による崩落が懸念される避難所や学校等の公共構造物や富裕層向けの民間住宅の耐震強化を目指したビジネスモデルを検討するものである。

製品名：パワーコーティング



開発ニーズ（課題）へのアプローチ方法（ビジネスモデル）

（対象国におけるビジネス戦略、対象顧客、収益構造等）

- ・ Power Coatingによるフィリピンの建設資材を活用した耐震強化の有効性を検証し、公共事業省の製品登録制度に登録する。
- ・ 対象顧客は、学校、避難所等の公共構造物及び富裕層に向けた民間住宅。
- ・ 現地代理店を介した販売モデルを確立し、塗布の技術研修について品質管理を行う。

対象国に対し見込まれる成果（開発効果）

- ・ 地震による建造物の崩壊リスクを軽減し、死者ゼロの社会に近づける。
- ・ 安全安心な社会による安定的な経済成長を享受
- ・ 公共構造物の安全性の向上による政府への信頼の醸成
- ・ セメント消費を抑えることで、Co2の削減に貢献

2023年1月現在

要約

1. 案件名	<p>(和文) <u>フィリピン国耐震塗料による構造物耐震強靱化にかかる案件化調査 (中小企業支援型)</u> (英文) <u>SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector for Strengthening of Structures with Japanese Earthquake Resistant Paints in the Philippines</u></p>
2. 対象国・地域	フィリピン国メトロマニラ
3. 案件概要	<p>東京大学と協賛研究し、組積造構造物に対して技術的に実証された耐震塗料がフィリピン建設材料にも適合するか否かを検証する。その結果を踏まえ、地震による崩落が懸念される避難所や学校等の公共構造物や富裕層向けの民間住宅の耐震強化を目指したビジネスモデルを検討するものである。</p>
4. 提案製品・技術の概要	<p>本製品 (名称: Power Coating) のプロトタイプは、代表の鈴木により <u>橋梁の維持管理塗料</u> として開発された。東京大学目黒教授がその材料特性に注目し、海外において組積造構造物の耐震補強に活用するために、<u>東京大学目黒研究室の山本特任助教</u> が鈴木と共に <u>耐震用に改良</u> し、数々の実験により <u>その強靱性を実証</u> した。この研究により、材料そのものが持つ強さと塗布後の組積造構造物の耐震性を実証し、本製品が耐震技術としてこれまでにない高い革新性を有する製品であることが明らかとなった。本製品は、特殊加工した <u>繊維を分散混合した強化塗料</u> で、壁が一面で崩落する事を防ぐことができる十分な引張強度と密着力を有している。</p>
5. 対象国で想定するビジネスアイデア	<p>本調査において、耐震塗料としての <u>現地適合性を確認</u> し、まずは <u>BtoG のビジネス</u> として、<u>新設学校及び既存避難所の耐震強化を狙い、第一のマーケット</u> とする。また、マニラ首都圏の地震リスクと都市の脆弱性に鑑み、<u>富裕層向けのマーケット</u> も併せて開拓する。フィリピンにおいて現地代理店を決めて、当面は本邦からの製品輸出で考えるが、次の段階で、半製品を輸出し現地混合、その後、現地生産へ順次移行し、コストと納期短縮での優位性を向上させる。</p>
6. ビジネス展開による対象国・地域への貢献	<p>➤ 貢献を目指す SDGs のターゲット ① ①都市 ② ⑬気候変動 ③ ⑰パートナーシップ</p> <p>フィリピンは日本と同様に、地震リスクの高い国である。これまでも、1976 年は、ミンダナオ島モロ湾地震 (M8.1、死者 6000 人)、1990 年のルソン島内陸地震 M=7.8、死者 2,421 人) が起き、50 人以上の死者を出した地震が 8 回記録されている。1900 年以前にも、1645 年と 1863 年にはマニラ近郊で地震が発生し、数百人以上の死者を出している。</p> <p><u>フィリピンにおいては、耐震基準はあるものの、施工段階で、十分に設計が反映されないケースや、悪質な材料が原因で、崩壊してしまうケースが多く指摘</u> されている。特に、構造材である梁や柱ではなく、非構造材としての壁や天井が崩壊するケースが多い。この状況を打開するためには、構造物の耐震性を診断し、耐震性が不十分と判定された建物は建て直すか、耐震補強をすることが必要となる。しかしながら、<u>構造物の耐震診断や耐震強化には、専門的な知見と多くの経費が掛かってしまう</u></p>

	<p>め、実現性に乏しい。 比較的安価で、施工が容易な本製品は、こうしたフィリピンのニーズに応えるものである。</p>
7. 本調査の概要	
7.1. 目的	<p>本調査の目的は、本製品が<u>構造物の非構造壁の強化</u>に<u>いかに有効か</u>、<u>フィリピンの建設資材を活用し</u>、<u>本製品の現地適合性を確認</u>する必要がある。また、その結果を活用し、政府機関及び民間事業を対象に顧客層を開拓し、その開拓した顧客層を想定したビジネスプランを策定することにある。</p>
7.2. 調査項目	<p>調査項目 1. 対象国・地域の開発課題 調査内容 1-1 対象国・地域の開発課題 1-2 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等 1-3 当該開発課題に関連する我が国国別開発協力方針 1-4 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナー・NGO の先行事例 1-5 開発課題解決貢献の可能性</p> <p>調査項目 2. 技術的現場適応実験 2-1. フィリピンの現地材料に合わせた適合性を確認のための実験構想の検討 2-2 実験準備作業 2-3 ラボテスト 2-4 振動台実験</p> <p>調査項目 3. ビジネスモデルの具体化 3-1. 第 1 次市場調査（政府構造物、民間構造物、富裕層住宅、公共インフラ（維持管理用塗料）） 3-2. 製品登録制度（P. A. S）に向けた取組 3-3 競合分析（グローバルパテントマップ調査の再確認） 3-4 防災セミナー（商品紹介セミナー）の準備・実施 3-5 バリューチェーンの検討 3-6 ビジネスパートナー候補 3-7 想定される課題・リスクと対応策 3-8 ビジネスモデル案の策定</p> <p>調査項目 4. ODA 事業計画・連携可能性 4-1. 既存 ODA 事業との連携可能性 4-2. 新規 ODA 案件化の可能性</p> <p>調査項目 5. 現地パイロット試験(※) 5-1 現地パイロットプロジェクトサイトの特定 5-2 現地における塗布のアレンジ及び実施 5-3 塗布後の経過観察とフォロー</p> <p>※当初契約においては遠隔実施型を予定していたが、2023 年渡航を追加し、現地渡航によるパイロット試験を実施</p>
7.3. 本調査実施体制	<p>提案企業：株式会社 Aster 外部人材：東京大学、株式会社 reapple 他</p>
7.4. 履行期間	2021 年 10 月～2023 年 2 月（1 年 4 ヶ月）

7.5. 契約金額	29,693.4 千円 (税込)
-----------	------------------

(提案法人要約) ※企画書からの変更がある場合は、修正の上記載

1. 提案法人名	株式会社 Aster
2. 代表法人の業種	[①製造業、建設業、運輸業、その他] ()
3. 代表法人の代表者名	鈴木正臣
4. 代表法人の本店所在地	東京都中央区八重洲 2-6-5 八重洲 5 の 5 ビル
5. 代表法人の設立年月日 (西暦)	2019 年 1 月 31 日
6. 代表法人の資本金	999.9 万円
7. 代表法人の従業員数	3 名
8. 代表法人の直近の年商 (売上高)	647 万円

はじめに

1. 調査名

(和文) フィリピン国耐震塗料による構造物耐震強靱化にかかる案件化調査 (中小企業支援型)

(英文) SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector for Strengthening of Structures with Japanese Earthquake Resistant Paints in the Philippines

2. 調査の背景

フィリピンは台風、洪水、地震、火山等の自然災害リスクに晒されており、2005～2014 年の間には、自然災害によって約 2 万人が死亡・行方不明となり、のべ約 7,500 万人が被災している。地震災害に関し、マニラ首都圏地震防災対策計画調査 (2004 年 3 月) によれば、ウエストバレー断層を震源地とする最悪のシナリオでマニラ首都圏の一般住宅のうち 165,300 軒が大破し、339,800 軒が一部損壊、死者は 33,500 人を超え、負傷者は 313,600 人と試算されている。2004 年以降、フィリピンは 10 年で 3 倍の規模に経済を拡大しており、急速に拡大した都市機能は、2004 年当時より脆弱で地震被害も拡大する可能性は高い。この断層に起因する前回の巨大地震の発生は 1658 年のことで、専門家は新たな巨大地震がいつ起こっても不思議ではないと警告している。

こうした自然災害リスクに対応するため、フィリピン政府は、2010 年に災害リスク削減・管理法 (RA10121) を制定し、災害リスク削減・管理をする体制を強化している。現ドゥテルテ政権の中期開発計画 (2017-2022 年) においては、防災と気候変動に関する取り組みはセクター横断的な事項として位置付けており、自然災害に対する脆弱性の低減や、自然災害に対して安全かつ安心な地域社会の構築を主要施策の一つとして掲げている。他方、同施策の推進には課題も指摘されている。フィリピン教育省管轄の学校を例にとると、2017 年同省の発表によれば、耐震強化の必要な教室数は 800,000 室のぼる一方で、現状では 600 室しか耐震化がなされていない。この背景には、多くの学校が設計通りに施工されておらず、構造物が必要な耐震性を有していないという実態がある。問題となるのは、現状の技術では、建て替えによる方法でしか、耐震性を保証する教室を確保する手段がないことである。加えて、フィリピンでは 2012 年以降大学前教育を従来の 10 年から国際基準の 12 年に延ばす K-12 という新教育制度を導入したが、その弊害として教室の絶対数の不足が発生しており、物理的に教室の建て替えが困難な状況も生じている。

かかる状況下、公共構造物の耐震化を担う公共事業省は、施工に立ち退きを必要とせず、施工時における一時的な使用可能教室不足も防ぐことができるとして、提案企業製品である耐震塗料「Power Coating」に注目し、同製品のフィリピンにおける実証実験 (現地建材であるコンクリートブロック (CHB) への適用) を強く要望している。Power Coating は、設計通りに施工されているか施工されていないかに拘わらず、教室の建て替えの 15 分の 1 ほどの価格で提供でき、かつ前述のとおり建て替えを必要としないため、フィリピンにおける学校耐震化に大きく貢献することが期待される。

3. 調査の目的

本調査においては、フィリピンの建設資材を活用して、受注者である株式会社 Aster が開発した Power Coating による耐震強化の有効性を検証し、同製品の現地適合性確認を行う共に、提案製品・技術の導入による開発課題解決の可能性及び SDGs 達成に貢献するビジネスアイデアの検討や ODA 事業での活用可能性の検討を通して、ビジネスモデルを構築する。

4. 調査対象国・地域

マニラ首都圏及びバタンガス州

5. 契約期間、調査工程

2021年10月1日～2023年2月28日

振動台実験の準備 2021年10月～2022年1月

振動台実験 2022年1月13日及び1月14日

セミナー開催 2022年4月20日

現地パイロット事業 2023年1月28日、29日、2月4日、5日

(当初計画から現地渡航を追加し、実施)

6. 調査団員構成

氏名	担当業務	所属先
鈴木 正臣 (静岡県)	業務主任/事業計画策定	(株) Aster
シヤンタヌ メノン (東京都)	耐震構造評価	(株) Aster
山本 憲二郎 (東京都)	地震工学的助言	(株) Aster (補強: 東京大学)
目黒公郎 (東京都)	耐震技術実証	東京大学
佐々木 隆宏 (神奈川県)	課題分析・ODA連携	(株) reapple
小南 美奈子 (大阪府)	調達管理・事業管理	(株) reapple
今井 弘 (東京都)	振動台実験技術的助言	個人 (ものづくり大学)
檜府 龍雄 (東京都)	開発途上国の地震防災の指導助言	個人 (国立研究開発法人建築研究所)
石山 祐二 (北海道)	構造解析	個人 (北海道大学)
植松 武是 (北海道)	構造実験	個人 (北海学園大学)
米澤 稔 (北海道)	コンクリートブロックに関する助言	個人 (よねざわ工業)
河又洋介 (兵庫県)	振動台実験計画・実施助言 (計画)	(株) Aster (補強: 国立研究開発防災法人防災科学技術研究所)
青木 崇 (茨城県)	振動台実験計画・実施助言 (実施)	(株) Aster (補強: 国立研究開発法人防災科学技術研究所)

第1 対象国・地域の開発課題

1. 対象国・地域の開発課題

1-1 近年の地震被害の把握

1-1-1 概況

フィリピンは、日本と同様に環太平洋の「ring of fire」と呼ばれる、地震、火山活動の活発な地域に立地している。このため、これまでも度々地震被害を経験してきている。1976年は、ミンダナオ島モロ湾地震（M8.1、死者6,000人）、1990年のルソン島内陸地震M=7.8、死者2,421人）が起きている。50人以上の死者を出した地震が8回（8回）記録されている。1900年以前にも、1645年と1863年にはマニラ近郊で地震が発生し、数百人以上の死者を出している。

1-1-2 近年の被害地震

2013年のボホール地震について、JICAは建築関連各分野の専門家が参加した被害調査を行った。その報告書¹⁾等によれば、地震の概要とそれによる被害は下記のとおりである。なお、フィリピン震度階7は、日本の気象庁震度階では、5弱あるいは5強程度であり、日本ではほとんど建物被害を生じないレベルの震度である。また、観測最大加速度は、後述のフィリピン構造基準（NSCP National Structural Code of the Philippines）が想定している地震動400～440galより遥かに小さく、基準に従って設計、施工されていれば被害を生じない規模の地震動である。

表1 ボホール地震被害

マグニチュード (Mw) : 7.2	
最大深度 (フィリピン震度階、MMIに類似) : 7	
観測最大加速度 : 214gal	
(以上、フィリピン火山地震研究所 (PHIVOLCS) 資料)	
死者 :	222名
行方不明 :	8名
怪我 :	796名
被災者 :	671,103世帯 3,221,248名
全壊住宅 (totally damaged) :	13,429
一部被害住宅 (partially damaged) :	53,683

(以上、フィリピン国家災害リスク軽減管理評議会 (NDRRMC) による、NDRRMC Update SitRep No.33 (2013年10月31日午前6時))

1-1-3 2013年ボホール地震の被害の特徴

フィリピンでは、多くの開発途上国で使われている焼成煉瓦の使用が殆どなく、2～3階建ての戸建て住宅の構造壁や高層建物の外壁などの非構造壁などに、コンクリートブロックが広く使われている。その大部分は、零細な工房で品質管理されことなく製造される、低品質なものであり、2013年ボホール地震により、極めて甚大な被害を被った (写真1、写真2)。



写真1 大破したコンクリートブロック造の戸建て住宅



写真2 コンクリートブロック造の外壁が倒壊した庁舎

1-2 建築規制制度と構造基準の概要

1-2-1 建築規制制度と構造基準の概要

フィリピンでは、建物を建築する場合には、フィリピン建築基準（NBCP National Building Code of the Philippines。1977年発出の Presidential Decree No. 1096）に基づき、建築許可を取得することが必要である。その場合、各種の技術基準に適合することが求められる。構造安全性は、フィリピン構造基準（NSCP National Structural Code of the Philippines。初版1972年発行、最新版は、2015年発行の第7版）への適合が求められる²⁾。フィリピン構造基準では、地震に対する安全性の確保を要求しており、その際の想定している地震動は、ルソン（マニラ首都圏など）やミンダナオなどでは、400～440gal 程度（地盤条件により異なる。大規模な断層に近接する場合には割増が必要。また、重要な用途の場合にも割増が必要。）で、日本の場合より若干高い値となっている（日本の建築基準法令には、地盤面の加速度の値は明示されていないが、地域により 300～400gal と想定される³⁾）。

建築許可申請について、日本では設計内容について、技術的な基準への適合を審査しているのに対して、フィリピンでは、主として近隣との紛争の原因となりやすい土地の権利、敷地境界などが主であり、技術的事項は有資格の技術者が責任を持って設計しているとの認識から詳細な審査は行っていない⁴⁾。施工に関しては、建築家あるいはエンジニアが、基準類に適合し、許可を受けた設計に従って建設されていることを監理し、竣工時にはこれらに適合している旨を記載した建物の使用許可申請書を提出することとなっている（NBCP）。

*コンクリートブロック関係の基準

フィリピン構造基準は、構造設計の対象となる構造部材（柱、梁、床スラブなど）について規定しており、構造壁以外の通称「非構造壁」（建物の荷重を受け持たない外壁、間仕切り壁など）についての規定はない（構造基準の第7章組積造に、組積ユニットの品質などの規定があり、その準用を行っている場合はあるようである）。また、2～3階建てなどの小規模建物について、日本の補強コンクリートブロック構造のように、コンクリートブロックの壁を構造壁として用いる工法（鉄筋コンクリート造などの柱が不要で、構造壁が建物を支える構造）については、構造基準に規定はなく、別途、小規模住宅用の基準に規定する予定とのことである（低所得層などの建築許可を受けずに建設されている建物には、このタイプの建物が見られる）。

一方、調査で対象とする公共構造物は本調査のカウンターパートである公共事業省 DPWH が設計して

おり、その設計は ASEP (Association of Structural Engineers Philippines) の National Structural Code of the Philippines に基づいている。本調査にかかわる学校における、地震時での被害が目立つ箇所であるコンクリートブロック壁についても、通常柱梁のフレーム部が鉄骨や鉄筋コンクリート造であれば、非構造部材であるが、明確に設計基準が定められている。表 2 の通り、DPWH の小学校設計図は、ASEP の設計基準を満たしている。

表 2 ASEP に基づく小学校設計諸元

	ASEP による設計基準	DPWH 提供の小学校設計図
モルタル厚	1 段目 6~25mm 2 段目以降 6~16mm	フレーム接触部 12mm 他 12mm 前後
鉄筋量	縦筋横筋ともに断面積比 0.0007 以上	縦筋 10mmΦ @ 600mm (約 0.0008) 横筋 10mm Φ @ every 3 rd level (約 0.0008)
鉄筋間隔	1.2m 以下	縦筋 600mm 毎 横筋 every 3 rd level (約 600mm)
壁厚	150mm	150mm

1-3 建物の地震被害の実態と要因分析 (2013 年ボホール地震の被害調査より)

2013 年ボホール地震は、地震動があまり強くなかったため、鉄筋コンクリート造などの構造体被害による建物の倒壊などは少なかった (古い教会などの組積造の倒壊などはあった)。そこで顕著だったのは、これらの建物の外壁、間仕切り壁などの非構造壁の被害の甚大さである。それらは前述のとおり、ほとんどがコンクリートブロックによるものである (写真 3, 写真 4)。その原因として、以下の事項が考えられる。

- (1) これらのコンクリートブロックの空洞部には、全てにモルタルが充填され、縦横の直交方向に補強の鉄筋が設置されている場合が多い。多くの場合、コンクリートブロックは、その間隙に充填されたモルタルより強度が小さいため、コンクリートブロック部分が破壊、剥落している事例が多い (写真 3, 写真 4)。鉄筋は相互に接続されておらず、柱などへの定着が不適切なものが多く、十分な補強の効果を上げていない (写真 5)。これらの被害の主たる原因は、コンクリートブロック自体の強度が極端に弱く、僅かな外力で崩壊、剥落するためであると考えられる。
- (2) 空洞部に充填されているモルタルの付き固めが十分でなく、一体的でないため、補強の効果を十分発揮していないことがあげられる。

更に、補強の鉄筋が設置されているものの、相互の緊結や柱などへの定着が不適切なため、補強材としての機能を十分果たしておらず、壁全体の倒壊などを引き起こしている可能性がある。

表 3 は、詳細な調査 (近接あるいは立ち入りによる調査) を行うことができた被災建物の一覧である。構造材被害では、重大 (1 例)、中程度 (4 例) の事例はそれほど多くない一方、非構造壁は、すべてが重大 (12 例) あるいは中程度 (3 例) であり、被害の程度が著しいことが分かる。被災後 1 か月程度の調査時点で、調査対象 15 例のうち、12 例が使用できない状況であったが、その理由は非構造壁などの非構造材の被害が理由となっていた。

構造基準が想定しているような強い地震動が発生した場合には、構造体が被害を受けて、建物が傾いたり、倒壊することが想定される。しかしながらそうした大規模な地震の場合でも、強い地震動 (地盤面の加速度) を生ずる範囲は震源近くなどに限定され、その周囲にはそれより小さな

地震動の地域が広範に広がる。こうした実態を考慮すると、比較的小さな地震動でも甚大な被害を被る脆弱なコンクリートブロック造は、広範な地域（構造体に被害を生じない程度の地震動の地域）でボホール地震のような被害（構造体の被害は限定的、非構造壁が甚大な被害を受ける）を生ずることが想定される。



写真 3 構造壁の外壁が崩壊した庁舎



写真 4 コンクリートブロックの非構造材が破壊、落下した部分。補強の鉄筋と、充填されていたモルタルの一部が残っている



写真 5 構造壁のコンクリートブロックの表面部分（フェースシェル）が剥落した事例（仕上げ材が剥離した部分では、充填されたモルタルが残存している）

表3 2013年ボホール地震の被害調査結果

市町村	建物名	使用状況	1. 構造材被害	2 非構造壁
タグビラン	市庁舎	非	車寄せ取付け部のコンクリート被りの剥離	外壁一部破壊 (CHB)
	大学病院	非	無	外壁仕上材一部破損
	大学病院看護学校	非	無	外壁大規模破壊 (CHB)調査時点で撤去済みで修復工事中
サグバヤン	町庁舎	非	柱せん断クラック,梁クラックとコンクリート被りの剥離	外壁相当部分 (CHB)が倒壊,間仕切壁も相当部分が倒壊
	地方保健所	非	柱梁接合部の破壊,コンクリートの落下	外壁クラック,一部崩落 間仕切壁一部崩落
	学校 (新設校舎)	非	柱梁接合部のクラック, 柱曲げクラック, 鉄骨の小屋組み受け部の軽い破損	一部落下, 仕上げの剥離
カティグピアン	町庁舎	非	柱破損・コンクリート落下,柱クラック	一部崩落, 相当部分が破損
ロオオン	公設市場	非	柱脚部,柱頭部の崩壊, パネル部分の崩壊, 梁の折損, 梁の抜け	大部分の崩落
	病院建物1	非	無	外壁一部崩壊。間仕切り壁相当部分の崩落
	病院建物2	非	柱一部コンクリート落下	外壁一部破損。間仕切り壁大部分が破壊,倒壊。
	病院建物3	非	柱梁接合部の一部破損	外壁一部破損。間仕切り壁相当部分破損,崩落
アンテケラ	町庁舎	非	柱頭部1か所破損。柱に小規模せん断クラック (0.25mm)	外壁一部剥離。間仕切壁一部崩落。
	町議会場	1階のみ使用	無	外壁の一部崩落, 相当部分クラック。間仕切り壁 :2階のCHB大部分崩壊。
	ポプレーション・プランギオフィス	一部使用	柱の一部が崩壊, 2階部分が傾斜	外壁,間仕切り壁ともに大部分が破壊,崩壊
	地方保健所	一部使用	無	外壁一部崩壊。間仕切り壁一部崩落
				無被害
				軽微な被害
				中程度の被害
				重大な被害

1-4 避難所の現状と課題

2020年12月にフィリピンを襲った台風オデットにより、避難所の必要性がさらに注目された。本来学校は、政府のインフラの中でも最も簡易で複雑な構造を必要としない存在である。最低入札価格を提示した業者によって安価に建設され、何十年もの間、ほとんど変更されていない。しかし、平時には学習の場であり、数年に一度は投票所であり、災害時には避難所でもある学校は、地域の多目的の施設である。他方、コロナとともに生きる感染対策の時代には、学校は、衛生設備や社会的距離の取り方が不十分で、コロナウィルス感染症の封じ込め手法のすべての項目に違反している。また、台風や地震により学校そのものが崩壊することも多く報告され、避難所の量と質の問題がさらに注目されている。

JICAもこれまでに、台風と火山活動による災害を多く経験してきたアルバイ州にモデル的な学校を無償資金協力で建設した。また、2013年にレイテ、サマールを襲った台風ヨランダの復興計画においても、公共インフラとして堅固であるべき学校やヘルスセンター（保健所）を台風時の避難所として利用できるように、高床でかつ大きな廊下のある施設を提供してきた。UNICEFも、コミュニティの多目的ホールを避難所に使用できるように、モデル的なデザインを提供しモデルセンターを建設している。

政府の災害管理機関である国家災害リスク軽減管理評議会（NDRRMC）のスポークスマン、マーク・カシアン・E・ティンバル氏は、「Kapag nagkaroon ng emergency, hindi na puwede na halos yakap-yakap mo na lang 'yung nire-rescue mo at sugod na lang kayo ng sugod（緊急時には、もはや避難者を詰め込んで、センターを定員以上に満たすことはできない）」と述べている。（Business World, 2021年4月27日）

今のところ、学校やバランガイのバスケットコートなどの公共施設が災害時には頼りになるとされている。しかしながら、ボホール地震の被害調査報告からも、屋根が飛ぶ、非構造壁が崩壊する等、非構造壁や天井の脆弱性が指摘されており、実際の災害時に公共構造物として十分な機能を維持することは難しい。ウィズコロナに対応し、早急に、より多く、かつ災害に強靱な多目的な施設が求められている。

避難所の建設は今後は内務自治省が管轄して建設されていくこととなるが、現状では公立学校が避難所として使用されていることを鑑み、公立学校校舎の構造的な健全性を高めることが急務である。

避難所の写真



写真 6 既存の公立学校の校舎を避難所として活用
(https://www.hius.org/news_earthquakes)



写真 7 避難所として使用されている「屋根付きコート」
(バスケットボールコートや体育館など)
(<https://www.telegraphindia.com/world>)



写真 8 DPWH が設計した新築の避難所

1-4-1 現在の状況

避難所は、国際移住機関（IOM）とユニセフによって、災害の影響を受けた人々に基本的な避難所を提供する一時的または暫定的な安全空間と定義される。社会福祉開発省（DSWD）は、避難所についてより詳細な定義をしている。「避難者を受け入れるあらゆる場所や中心で、学校、屋根付き裁判所、バランガイ/コミュニティホール、キャンプ場、集合地域、廃屋/建物、多目的センター、または確立された「テント村」などが挙げられるが、これに限定されるものではない」。しかし実際には、フィリピンでは公立学校の校舎や屋根付きコート（バスケットボールコート、体育館、バランガイ庁舎など）が、災害時の避難所として最もよく利用されている。しかし近年、フィリピンではDPWHが設計した避難所（写真8参照）が、特に複数の災害が確認されている地域に多数建設されている。

社会福祉開発省（DSWD）は、マニラ首都圏に91の避難所をリストアップしている。そのうち7つはDPWHの避難所設計に基づいて建設され、63は既存の公立学校（小学校と高校）、残りは体育館や屋根付きコート（例：バスケットボールコート、多目的ビル）である。国防省（DND）の市民防衛局（OCD）は、国中の避難所の最新リストを保持している。

フィリピンは81の州、45の市、1489の自治体、42,029のバランガイ（または村）で構成されるが、フィリピンの立法府である下院と上院は、すべてのバランガイ、自治体、市、州に、国家建築基準法に基づき、風速300キロ（スーパー台風の場合）、マグニチュード8.0以上の地震に耐える避難所を建設する立法案を提示、これらの立法案は、法律として制定されるまで引き続き審査中である。

1-4-2 課題

1-4-2-1 避難所の不足

2020年、2021年に発生した災害により、特に災害が頻発する地域において、より広々とした避難所の必要性が注目されるようになった。COVID-19の大流行で、避難所の被災者はスペースがないため、物理的な距離（少なくとも1メートル以上）をとることができなかった。これは、2020年、2021年の強い台風や大きな地震で、フィリピンの多くの地域の避難所で何百人、何千人もの人々があふれ出た。COVID-19の流行が長引き、変種変異を繰り返していることから、フィリピンの特にマルチハザードの場所では、今後、より多くの学校の建物が避難所として活用されると予想される。



写真9 避難所として使用されている校舎と、スペースがないためにあふれ出る被災者の写真
(<https://www.reuters.com/article/idUKBRE87707920120808>)

1-4-2-2 CHB 壁の脆弱性

コンクリートブロック（CHB）壁が崩壊しやすいため、避難所に一時的に避難している被災者の命がさらに危険にさらされる。

2013年10月のボホール地震（Mw7.2）、2019年10月から12月にかけてのミンダナオ島連続地震（Mw6.4～6.8）では、校舎が倒壊しやすいことが露呈していた。2013年のボホール地震では10棟以上の校舎が倒壊し、2019年のミンダナオ島連続地震では1,000棟以上の校舎が崩落したと報告されている。

フィリピン火山地震研究所（PHIVOLCS）は、校舎や一般住宅建設に使用されるコンクリートブロック（CHB）の倒壊に対する脆弱性を確認した。ミンダナオ島地震の評価で、PHIVOLCSはシェルター壁や間仕切り壁など建物の非構造部材に大きな被害があることを確認した。2022年4月に開催された「CHB構造の強化に関するJICAのフィージビリティ調査に関するバーチャルシンポジウム」で、PHIVOLCSは、ミンダナオ島地震で校舎や住宅が倒壊する最も多い原因は、液状化に対する土壌感受性に加えて、CHB、鉄筋、モルタルの混合物の品質不良に関する問題点に伴う施工品質の低さだと結論付けた。

ミンダナオ島地震で被災した建造物の写真



写真 10 2019 年 10 月の地震で大きな被害を受けたダバオ・デル・スール州ディゴスの公共市場の建物

(<https://www.thenationalnews.com/world/asia>)



写真 11 ミンダナオ島地震で倒壊したトゥルナンの校舎（画像は Sun Star Davao より引用）



写真 12 ミンダナオ島地震で倒壊したトゥルナンの校舎（画像は Inquire より引用）

A school building in Tulunan collapsed during the Mindanao earthquake (Image from: Inquirer)

2021 年 1 月に日本のつくばで行われたフィリピン産 CHB を使った振動台実験でも、PHIVOLCS の知見と結論が確認された。また、DPWH の新しい設計に従って新しい避難所を建設する計画は高く評価できるが、財政的な制約があることが懸念される。そのため、災害時に避難所としてよく使われる校舎やその他の政府機関の建物のシェルターや間仕切り壁を、最も経済的な方法で強化することが緊急的な選択肢として残されている。今後、より多くの校舎が避難所として活用されることが予想され、校舎などを避難所として利用する被災者の安全確保に貢献できる。

通常の CHB の日本への出荷と振動台試験



写真 13 2021年10月に日本へ出荷する4インチ CHB400枚と6インチ CHB200枚を梱包して輸送



写真 14 2022年1月に日本のつくばで行われた振動台実験では、4インチ CHB（無構造・無負荷）でできた CHB 壁が倒壊したのに対し、同じ壁にアスターの Power Coating を施したものはひび割れもなく静止していることが確認された

1-4-3 学校耐震補強の方針と予算について

現在、建築建設を規定する政策は、1977年に大統領令（PD）として発行され、その施行規則（IRR）は2005年に最終改訂されたフィリピン国家建築基準法（NBCP）である。また、2015年にはフィリピン構造技術者協会が、NBCPの参照コードとしてフィリピン国家構造コード（NSCP）を発行している。建設資材の製造・生産に関しては、貿易産業省（DTI）がセメントやコンクリート補強用鉄筋を含むフィリピン国家規格（PNS）の長いリストがある。地震による公共インフラへの甚大な被害をきっかけに、DTIは2019年にコンクリートブロック（CHB）を強制認証の対象製品リストに含めた。これに関連して、DTIはコンクリートブロック（CHB）のフィリピン規格（PNS 16.1984）に代わる石積み製品に関する国際規格を採用した。これらのセメント製品の国際規格は以下の通りである。

- (1) PNS ASTM C90:2019 w/ Amd. 1:2019 Standard Specification for Loadbearing Concrete Masonry Units（耐荷重コンクリート組積構造物ユニットの標準仕様書）
- (2) PNS ASTM C129:2019 w/ Amd. 1:2019 Standard Specification for Nonloadbearing Concrete Masonry Units（無負荷コンクリート組積構造物ユニットの標準仕様）
- (3) PNS ASTM C140/C140M:2019 Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units（コンクリート組積構造物ユニットおよび関連ユニットのサンプリングおよび試験方法）。

DTIは、現地生産材にはPS（フィリピン規格）マーク、輸入材にはICC（輸入商品許可）ステッカーを発行している。PSマークとICCステッカーは、消費者が購入するものがPNSに適合した品質と安全性が保証された製品であることを示すガイドとなる。一方、教育省（DepEd）は2021年5月に、学校建築の設計を災害に強いものに改善することに関するAide Memioreを発表した概要は以下の通り。

- ・1900年以降学校建設は行われ、既学校の多くは、25年以上前に建設され、40年以上経過している学校も多く存在し、最新の設計基準は満たしていない場合が多い。
- ・学校は病院と同様にエッセンシャル構造物（Essential Structure）に分類され、災害時にいち早く復旧すべき施設として位置付けられている。
- ・学校の改修は、これまでも様々な政府機関やドナーを通じ実施されてきたが、統一的な基準はなく、

これを国際規格に合わせて対応していく必要がある。

- ・以下は災害対応に向けた学校設計基準の変遷を表にしたものであるが、2014年にJICA調査団が提案した台風ヨランダの被害状況から見直しは始めており、耐風化に備えることが中心になっている。
- ・廊下の手すりは、4インチCHBから6インチCHBの変更された。

表4 災害対応に向けた学校建設基準の変遷(Design Development of the Calamity-resilient School Building)

対象	防災対応設計 (2014-2016) Calamity Resilient Design)	防災対応設計改訂 (2017-2018) Updated Calamity Resilient Design)	学校設計基準の見 直し (2019-2020) Modeified Deped- DPWH Design	新しい学校説系基 準の提案 (2021) Proposed Modeified Deped- DPWH Design	追加説明・主な変更箇所
1. 教室サイ ズ	7m×9m				生徒40-50人の規模
2. 建築概要					
廊下の幅	4.5m	5m			災害時に広い方が安全
窓	ガラス窓	ガラス窓、鉄窓枠		オーニングタイ プの窓枠	オーニングタイ プの窓枠 により風の影 響を軽減
ドア	パネルドア			パネルドア(ガ ラ スパネル付 き)	教室内の視 界を保つた め
鉄格子	なし	前方に鉄格子		後方にも鉄 格子	安全の確保 の向上
屋根シート	0.4mm GI シ ート	0.4mm GI シ ート、ベース メタル		金属デッキ スラブ	台風の被害 が大きいと ころでは金 属デッキス ラブはより 安全
リッジロー ール	リッジロー ール (0.610m× 2.44m×0. 44mm厚)	0.6mmベース メタル		必要なし	リッジロー ールは厚い 方が耐風 化。
屋根用金属 板 (Metal Flashing)	0.4mm GI シ ート	0.6mm GI シ ート		必要なし	リッジロー ール同様、 厚さが重 要。
廊下の手す り	4インチCHB 壁、下塗り 塗装		6インチCHB 壁1500mm 高さ		落下防止等 の生徒の安 全の確保と 外気に触れ たオープ ンスペース の確保
廊下の手す り(1階)	4インチCHB 壁、下塗り 塗装		0.4mのコン クリートベ ンチ		コンクリート ベンチは座 る場所の確 保だけでなく 、緊急時の 動きやすさ の確保
他の施設					
トイレ	無し	平屋には各 クラスルーム に一つ		一つフロア ーに一つの トイレ	トイレへの アクセスの 向上
雨戸	無し			雨戸あり	窓の飛散防 止
多目的ルー ム	無し			あり	緊急避難用 備蓄
玄関のキャ ノピー	無し			鉄筋コン クリート造 のキャノー ピーの設置	雨、日光を しのぐエリ アの拡大
手洗い場所	無し			手洗い場 所の確保	公衆衛生の 向上
パラペット (欄干)	無し			鉄筋コン クリート造 のパラペ ット	屋根の耐風 強化
構造					
耐風性	250KPH	270KPHと 340KPH			耐風性の向 上

しかし、以上の変遷を見ても、既存の政策、規範、規制は、ほとんどが新しい建物の建設に向けられている。これらの政策は、最新の国際建築基準法に沿ったものであるが、既存の建物の耐震設計要件に対応し、適切な改修介入を実施するための強化やアップグレードを意図したものではない。建設政策や規制が整備され、設計基準の向上が進む一方で、既存の建物の強化に関するガイドライン

や規制の枠組みは取り残されているように見え、改修のための方策は依然として非常に高価なものである。その一方で、適切な改修を行わずに、建設当時から時間がたった老朽化した公立学校の校舎は、地震による倒壊の危険性があるにも拘らずに、何百、何千もの被災者を受け入れ続けている。多くの既往学校がリスクを抱える中で、簡易で耐震化に貢献する技術が必要とされているということは明らかである。

2. 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等

2-1 開発計画・政策

2-1-1 政策・法令等の調査/役割分担（公共事業省、教育省、科学技術省、内務自治省、市民防衛局等）

- ・環太平洋火山帯 (Pacific Ring of Fire)」と「太平洋サイクロン帯 (Pacific Cyclone Belt)」の合流点に位置している。国土の少なくとも 60%が複数の災害（頻発する地震、洪水、津波、地滑り、火山）にさらされている。

- ・地震：過去 50 年間に 15 回以上の破壊的な地震を経験し、2019 年 11 月から 12 月にかけてマグニチュード 6.5 以上の大地震が 4 回発生した。

- ・火山：フィリピン火山学研究所 (Philippine Institute of Volcanology and Seismology (以下、PHIVOLCS)は、現在 23 の火山を活動中とみなしており、2020 年 1 月には Taal 火山 (マニラの南 70km) が活動期に入り、噴火した。これにより、50 万人以上の人々が被災し、リージョン IV-A のインフラや農業に約 34 億ペソの直接的な被害が発生した。

- ・洪水：気候変動は気象現象の影響を悪化させ、無計画な都市の拡大は洪水リスクを悪化させている。毎年平均 20 個の熱帯サイクロン (台風) がフィリピンを通過、過去 10 年間で上陸する台風の強度 (風速) は増加している。2013 年に上陸した史上最強の台風ヨランダ (Haiyan) は、6,000 人以上の死亡者を出し、9 つの地域で 110 万棟の家屋が損壊し、230 万人のフィリピン人が被災した。

- ・National Disaster Risk Reduction and Management Council (NDRRMC) のデータによると 2014 年から 2017 年の間に 302 件の自然災害が発生している。

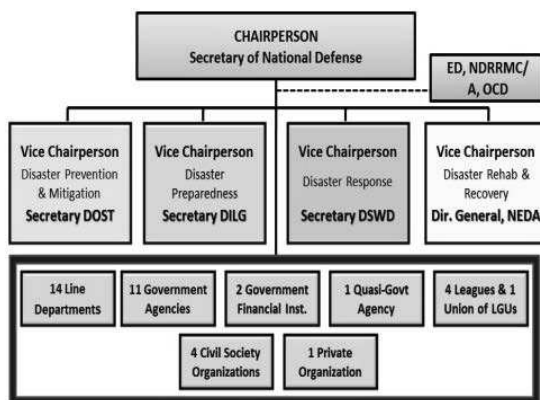


Figure 12. Organizational Chart of NDRRMC



Figure 13. DRRM Network

図 1 NDRRMC (国家災害リスク軽減管理評議会) の体制 (中央及び地方)

この複雑な災害に対処するために、防衛省大臣をトップとする NDRRMC (国家災害リスク軽減管理評議会) を設置 (図 1)、その事務局長は OCD (市民防衛局) であり、これまでの災害後対応に加え、予防、

軽減を含んだ総合的な災害リスク管理を実施することが求められている。緊急災害対応は OCD が担い、24 時間、365 日の監視調整のためオペレーションセンターを設置し、政府から市民、政府から政府のアラートを情報入手次第、15 分以内に発信することを心掛けている。情報収集は、地震・火山は PHIVOLCS(フィリピン地震火山研究所)、台風情報は PAGASA (フィリピン気象水文局) が行っている。

・OCD を頂点として、DRRM (災害リスク軽減管理) を草の根レベルに引き上げるために、地域、州、市、ミュニシパリティ (郡)、バランガイ (村) の各階層に {DRRM ネットワーク} の設立している。なお、災害の規模により、オペレーションの主体が変わる。複数の州が関われば地域レベルで、複数の村が関われば、郡レベルのオペレーションになる。

この防衛省大臣をトップとする NDRRMC(国家災害リスク軽減管理評議会)の中での各省庁の役割は以下の通り。

- ・公共事業省：公共事業のインフラの建設及び復興を担当、耐震強化のための技術基準の作成をするが、法執行の強制力はない。教育省の計画に基づき学校建設を行う。
- ・内務自治省：避難所の整備予算を確保し、地方自治体の災害リスク軽減を担当、DRRM の地方自治体の体制整備を担う。
- ・教育省：学校建設の予算の確保、建設計画を担当し、建設自身は DPWH が担う。
- ・科学技術省：傘下の PAGASA (気象水文局)、PHIVOLCS (フィリピン火山学研究所) が災害情報をいち早く発信、災害リスク軽減に貢献。PHIVOLCS は地震被害のリスク調査 (<https://georisk.gov.ph/>) を用い、事前に地震リスクの予見を行うサービスも開始。
- ・市民防衛局：防衛省傘下の NDRRMC(国家災害リスク軽減管理評議会)の事務局を担う。災害発災時の 24 時間オペレーションルームも設置、緊急対応の指揮命令の統一を目指す。
- ・CHB 非構造壁の関係法令：ASEP (Association of Structural Engineers Philippines) の National Structural Code of the Philippines での建築基準は、表 2 に示した通り。

2-1-2 都市計画・住宅開発計画の現状と課題

都市計画にかかる注目すべき動きとして、メトロマニラ地域における耐震能力向上のためのプロジェクト管理事務所を設立したことがあげられる。

フィリピン大統領は 2018 年 5 月 8 日に大統領令第 52 号 (E052) を発行し、気候変動委員会の議長を通じて大統領に報告する「グレーター・メトロ・マニラ地域の地震耐性のためのプログラム管理事務所 (PMO-ERG)」を設立した。

E052 は、地震に対する国の耐性を強化し、国民の安全と政府の継続性を確保するための政府全体の戦略の中で、組織の役割と責任を定めている。全ての行政部門、局、事務所を代表する大統領直下の PMO-ERG は、公共事業省と緊密に連携して、建物などの構造評価と改修を促進し、地震に強い対策の実施と強化をゾーニング条例の施行や、地震に強い建築・建設基準の採用など、地震に強い対策の実施・強化を監視・評価することになる。

特に E052 号のセクション 5 (地震に強いインフラ) では、以下のことを義務付けている。

政府機関は、「公共インフラ (道路、橋、建物、病院など) の回復力を保証する」ための積極的な措置を取ることを義務付けており、公共事業省との連携が重視されている。

PMO-ERG の主な任務は、第 20 回内閣府令で採択された「地震に強い GMA に向けた二本柱の戦略」の運用を指導することである。PMO-ERG の権限は以下の通り。

- 1) 政府機関の耐震計画と投資プログラムの見直しと監視。

2) 他の開発パートナーが資金提供しているプロジェクト/プログラムを含む)。

E0 52 は、地震リスクの軽減とレジリエンスのための一貫した国家戦略を提供する一方で、Oplan Metro Yakal Plus (OMYP) (マニラ首都圏地震対策計画) では、より具体的に機関の役割、資源、緊急時の準備のための運用体制を特定している。

OMYP は、MMEIRS (マニラ首都圏地震影響軽減調査) と GMMA RAP (GMMA の地震耐性における重要分野) によって示されたシナリオに直接基づいており、マニラ首都圏における壊滅的な地震による極度のリスクに対処するために、複数の機関と複数のセクターのリソースを効果的に統合するための一般的な枠組み、構造、システムを提案している。

マニラ首都圏の内外の他の関係者も含めて、OMYP は政府の対応活動の指針となり、実践的な地震への準備と対応のシステムを制度化することに貢献する。

このように、将来の壊滅的な地震被害に対処する準備を、大統領直轄の国家レベルで行われていることは、フィリピンの地震に対する危機感の表れであり、効果的な耐震方法に関して非常に強い潜在需要があると言えよう。

2-1-3 公共インフラ強靱化のための新政策の動向 (損害保険の活用、JICA, 財務省、損保ジャパン、国際航業)

現在、JICA が委託している損害保険の活用に係る調査に関して、損保ジャパンフィリピン、損保リスクケアと打合せを行った意見交換の内容は以下の通りである。損害保険の実現までには時間がかかる取組ではあるが、塗布するだけで耐震強化が増し、かつ安価で提供できる提案製品は、事前投資の価値を実現する技術として、非常に注目された。公共資産保険、公共構造物への損害保険は、年金機構 (GSIS) が担当し、強制保険となっているが、料率が一定で保険十分ではないのでほとんど機能していない。学校施設を担当する教育省 (DEPED) も、公共インフラを所掌する公共事業省 (DPWH) も同様。公共資産保険をリスクベースで見直し、地震関連では、JICA が 2004 年に行った大規模地震が起きた場合に備え、公共構造物の耐震強化のために事前投資を行った場合には、料率を下げるなり、事前投資を奨励しようという取り組みができないか、検討中であり、塗るだけで耐震化が図れる提案製品は、有効な事前投資の技術として推奨される可能性がある。

損保リスクケアは、JICA 調査のフェーズ 2 を昨年開始、今後課題を整理し、技術協力プロジェクトとして提案していくことを想定。メトロマニラで分析した対象を全国に広げ、全国版リスクベース保険料率計算システムの導入を検討している。保険料の低下でインセンティブを付けようとしているが、そのメリットを回収するのに 100 年以上を要し、現実的なアプローチでないことも課題である。GSIS にはエンジニアが 2 人しかいないので、ここが人材養成のターゲットになるが、エンジニア面では、DPWH との連携は必須と考えており、耐震技術の評価の観点で、連携の可能性も検討できる。

3. 当該開発課題に関連する我が国の国別開発協力方針

国別開発協力方針 (政府開発援助方針) との合致

フィリピン国別開発方針	
重点分野	包摂的な成長のための人間の安全保障の確保
開発課題	2-1 災害リスク軽減・管理
関連する協力プログラム	災害リスク軽減・管理プログラム

関連案件 1	マニラ首都圏における災害に対する公共インフラ強靱化のための損害保険活用に係る情報収集・確認調査（基礎収集調査）
関連案件 2	災害リスク軽減・管理能力向上プロジェクトフェーズ 2（技プロ）
関連案件 3	火山、地震、津波の観測、警報、および情報発信のための能力開発プロジェクト

4. 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析

4-1 我が国の ODA 事業

日本と共通の災害大国であるフィリピンに対しては、これまで多くの地震対策に係る案件が取り上げられてきた。特に、PHIVOLCS を対象機関として、無償資金協協力による「第 1 次地震火山観測網整備計画（1999 年）、「第 2 次地震火山観測網整備計画」（2001 年～2002 年）を実施し、地震火山ネットワークの設置を行った。また、これらの運用指導を行う技術協力プロジェクト「地震火山観測網整備計画」（2004 年～2006 年）を実施した。

2004 年には、後述する世界銀行のマニラ首都圏の政府構造物の耐震強化プロジェクトの問題提起とされる開発調査「マニラ首都圏地震防災対策計画調査」（2002 年～2004 年）が実施され、ウエストバレー断層を震源地とする最悪のシナリオで試算したところ、マニラ首都圏の一般住宅のうち 165,300 軒が大破し、339,800 軒が一部損壊、死者は 33,500 人を超え、負傷者は 313,600 人と予想している。

さらに、地震対策の要となる機関である PHIVOLCS に対して、地球規模課題対応国際技術協力（防災分野）では、「フィリピン地震火山監視能力強化と防災情報の利活用推進プロジェクト」として、本調査において（株）Aster が共同研究締結した防災科研が中心に、PHIVOLCS の研究開発能力の強化と実践的な防災情報の利活用が検討された。

地震・火山発災後の協力としては、マニラ首都圏から北方 90 km に位置するピナツボ火山が 460 年ぶりに噴火し、火山泥流被害によるインフラ復旧のために、「ピナツボ火山災害緊急復旧事業」（1996 年）が円借款により実施、2013 年、ボホール島地震に対して緊急支援を実施し、専門家による被災地評価を行った。今回の提案もこの被災地における報告に基づき行う契機となった。

また、避難所支援では、無償資金協協力により「マヨン火山周辺地域避難所整備計画」として、アルバイ州において 79 教室（6 校）に対して 784 百万円のコストがかかった。モデル的なシェルターとして、発電機、シャワー室、調理室、洗濯場等、従来の学校にはないシェルターとしての機能を備える極めて理想的な施設の提案であった。2013 年レイテ、サマールを襲ったスーパー台風ヨランダに対しての緊急復興支援でも、アルバイ州のような多機能なのではないが、避難のために広い廊下（ピロティ）を確保するものであった。こうした日本の経験や技術に基づいたモデルの提供は、広報効果も高く、間違いなく役立つ事業であるが、これをモデルにしてフィリピンで展開できるまで、普及していないことが課題である。

また、現在進行形の防災案件である「災害リスク軽減・管理能力向上プロジェクトフェーズ 2」は、これまで OCD が中央防災機関として他関連機関との調整や防災主流化の促進等を実施できるよう、組織強化及び人材育成の支援を実施してきたことを受けて、さらに地方における DRRM 活動の促進を目的としたものであり、発災よりも、減災に力を入れる取り組みである。

従来の日本の経験や技術に基づき、地震関連及び災害リスク軽減関連で多くの案件が実施しているが、フィリピンが抱える公共事業構造物の脆弱性を解決する技術はまだ紹介されていない。フィリピンの予算状況を踏まえた現実的で、かつ抜本的な解決につながる新しい技術が期待される。



写真 15 マヨン火山周辺地域の避難所として建設された小学校（ODA 見える化サイトより転載）



写真 16 「台風ヨランダ災害復旧・復興計画」で、高床式の建物に再建された小学校（ODA 見える化サイトより転載）

4-2 他ドナーの先行事例分析

●世界銀行

特に、マニラ近郊に起きる大規模地震を想定した政府構造物の耐震強化とそれに伴う DPWH の体制整備を行うべく、2021 年 2 月から開始されたプロジェクトが本調査の目的と合致している。概要は以下の通り。

Philippines Seismic Risk Reduction and Resilience Project (2021 年 2 月、309.5 百万ドル) を、DPWH を実施機関として開始、マニラ近郊の政府構造物の耐震強化のために開始、プロジェクトの開発目的は以下のとおりである。

- ① マニラ首都圏の特定の公共建築物の安全性と耐震性を高める。
- ② 公共事業・高速道路省の緊急事態への準備と対応能力を強化することである。

このプロジェクトは以下のコンポーネントで構成される。

1. 公共の建物・施設のマルチハザード対応力の向上

約 425 棟の建物が構造的・機能的に改善され、推定 29 万人の居住者が対象となる。

1-1 公共建築物の耐震化

対象となる学校および保健所の暫定リストを作成し、詳細な耐震評価、改修設計、および最終的なアップグレードを行い、フィリピンの建築規制を全面的に準拠する。特に、落下の危険性のある天井、仕切り、機器などの非構造部材の固定、出入り口の改善もアップグレードに含まれる。

1-2 実現可能性調査、詳細設計、および品質保証

上記を実現するため、建物レベルの詳細な構造状態の評価、地盤工学およびその他のサイト調査、実現可能性のある設計研究、品質保証のためのコンサルティングサービス を対象にする。

2. 公共事業における緊急事態への準備と対応の改善

大規模地震への対応と早期復旧を支援するための DPWH の能力を強化する。

2-1 輸送・移動手段の復旧、および通信用の緊急対応機器

本計画では、輸送・移動手段の復旧に必要な機材（マニラ首都圏の比較的危険度の低い場所に戦略的に設置される）、重要な通信・情報管理システムを支援し、対応活動の適切な実施と DPWH の緊急対応チームの調整を図る。

2-2 公共事業における緊急事態への準備と対応のための能力開発

実際の災害を想定し、情報管理、危機管理計画（健康関連の緊急事態を含む）及び瓦礫管理等へのDPWH職員の意識を高め、被災者の特定のニーズに対応できるよう適切に準備するために訓練を実施する。

3. プロジェクト管理

このコンポーネントでは、プロジェクト実施ユニット（PIU）を効果的に管理するための専門技術コンサルタントと管理サポートに資金提供を行う。

4. 偶発的な緊急対応

偶発的緊急対応コンポーネント（CERC）は、政府が緊急事態に対応するための資金を迅速に調達するための事前のメカニズムであり、未発注のプロジェクトを緊急対応迅速に再配分することを可能とする。

世界銀行の取組は、地震に対する公共構造物の脆弱性にフォーカスし、従来の耐震強化を行う取り組みであるが、提案製品を活用すれば、より一層の面的な普及が可能となる。

●アジア開発銀行

ADBの国別援助戦略（Country Partnership Strategy, Philippines, 2018-2023 -High and Inclusive Growth）によれば、3つの戦略は以下の3本柱である。

Pillar 1: Accelerating infrastructure and long-term investments

Pillar 2: Promoting local economic development.

Pillar 3: Investing in people

この3本柱を貫くCross-cutting themeとして、防災が取り上げられ、民間との連携も重視している。また、Knowledge managementとして、①気候と災害に強いインフラ、②地域経済の発展、③社会イノベーション、④ジェンダーの平等、⑤4.0産業革命をとりあげており、知識の生産と普及において、他の開発パートナーや、シンクタンクや大学を含む知識機関との知識パートナーシップの促進を図るとしている。

ADBの防災責任者の一人であるCharlotte Benson（Principal Disaster Risk Management Specialist, Sustainable Development and Climate Change Department, ADB）氏との間でオンライン会議を持ち、本調査の概要と耐震塗料の概要を説明したところ、フィリピンへの直接オペレーションを実施している立場ではないが、地方都市の防災事業の一貫や、貧困層に向けたコミュニティグラントで活用の可能性があるとの示唆を得た。

●フィリピン災害軽減課基金（PDRF）

PDRF（Philippines Disaster Resilience Fund）は、NGO組織であるが、マニラ財界、財閥が主導するノーブレスオブリージュを主導する団体で、事務局長は、ビルルース（National Competitive Council）氏が務めている。ビル氏とのオンライン会議によれば、教育省との連携で「Safety school Project」を推進しており、実験により良い成果が出れば、このプロジェクトとの連携も期待されている。フィリピン財界の発言力のある方々がメンバーになっており、このプロジェクトで取り上げられる宣伝効果は非常に高い。

第2章 提案法人、製品・技術

1. 提案法人の概要

(株) Aster は、鈴木が持つ耐震塗料の技術とその適用のため山本東京大学特任助教の研究、さらに東京大学目黒研の博士課程修了をした C00 であるシャンタヌが持つ数値解析と構造解析を加え、より安全性の高いサービスを提供できる事業を提供する大学の研究成果を活用した東大発スタートアップである。

1-1 企業情報

1. 提案法人名	株式会社 Aster
2. 代表法人の業種	[①製造業、建設業、運輸業、その他] ()
3. 代表法人の代表者名	鈴木正臣
4. 代表法人の本店所在地	東京都中央区八重洲 2-6-5 八重洲 5 の 5 ビル
5. 代表法人の設立年月日 (西暦)	2019 年 1 月 31 日
6. 代表法人の資本金	999.9 万円
7. 代表法人の従業員数	3 名
8. 代表法人の直近の年商 (売上高)	647 万円

1-2 海外ビジネス展開の位置づけ

本製品は、当初から、組積造を使用する世界最大市場であるインド進出のための足がかりとなり、将来の予測被害者数が総人口に占める割合が世界で最も高いネパールを初期対象国としていた。ネパールでは、富裕層向け新築分譲住宅（依然として脆弱な組積造）を想定し、現地大手デベロッパーや現地大手ゼネコンと契約交渉を進めている。

他方、リスク分散としてもう 1 地域を選定するために、組積造において世界第二位の市場であるインドネシアへの足がかりとして、同 ASEAN 地域のフィリピンへのビジネス展開を検討したところ、有力な市場となりうるということが明らかとなった。フィリピンでは、市場調査や営業の結果、公共事業省から、本製品を使用するためにフィリピンにおける実証試験を依頼されたことを経緯として、ネパールとは異なり BtoG 市場展開を初期の方針とする。

2. 提案製品・技術の概要

2-1 提案製品・技術の概要

東京大学目黒教授が、橋梁等の維持管理用に開発された塗料の材料特性に注目し、海外において組積構造物の耐震補強に活用するという着想を得た。東京大学目黒研究室の山本特任助教が、その強靱性を実証する研究を行い、材料そのものが持つ強さと塗布後の組織造構造物の耐震性を実証、耐震技術としてこれまでにない高い革新性を有する技術であることが確認された。

以下の競合比較に示す通り、他の耐震技術と比較しても、耐震性、コスト、施工性、意匠性、環境適応性について非常に高い評価となっている。

表 5 競合比較

表1: 競合比較	Power Coating	新規・既存建物両方に使用可能な一般の組積造耐震補強			一般の高強度樹脂	
		①吹付コンクリート (steel jacketing) 	②センターコア 	③ブレース (日本の標準) 	④FRP等一般の高強度樹脂 	
耐震性向上	○ 震度7まで対応可能	○ 但し建物の質量も変わる (地震による外力が増加)	△ 場所により強度が偏る	△ 構造的に強くなるが組積造壁崩壊を防げない	○ 震度7まで対応可能。但し接着剤強度に左右され、剥がれるため100%耐震性を発揮できない	
コスト	○ 住宅コストの10%程度	△ 住宅コストの30%程度	△	× 住宅コストの10%程度が各部屋にかかる	× ネパール住宅コストの100%以上	
施工性	施工技術の要否	○ 塗るだけ	× 高度な機械・技術作業工程が多い	× 高度な機械・技術	× 高度な機械・技術	△ 巨大なFRP・接着剤 (エポキシ樹脂) の取り扱いが技術必要
	施工スピード	○ 1日/最低1人	× 不確定だが一時立退き必要	× 不確定だが一時立退き必要	○ 時間はかかるが基本的には立退き不要	○ 1日/最低2人
意匠性	○ 色・材質自由	△ 建物の寸法が変わる	○	×	×	
環境適応性	○	○	○	○	× 紫外線に弱い建物との熱膨張係数の違いで剥がれ	

本製品は、特殊加工した繊維を分散混合した強化塗料で、壁が一面で剥落する事を防ぐことができる十分な引張強度と密着力を有している。組積造建物の内外壁に塗布することにより、レンガが水平方向の地震動により剥離・崩落する事を防ぎ、組積造の壁の崩壊・倒壊を防ぐことができる。また崩壊・倒壊しない組積造壁は上階の荷重を支える構造部材の一部となりうるため、複数階層の組積造建物に関しては、特に柱梁の寸法に関しても不適合なノンエンジニアド構造物では、層崩壊(pancake collapse)をも防ぐ改修工事として効果的に活用できる。加えて、施工の容易性から新築建設にも、既往の建物の耐震補強にも使える。

(本製品を塗布した実際のレンガを使った引張強度のデモンストレーション)



(東京大学生産技術研究所における振動台実験)

本製品を用いた補強法による組積造の耐震性向上について、以下の表の複数種類の模型実験の結果では未塗布 (Not coated) は、最大震度5の1回の振動で壊れたが、塗布 (Coated) は、最大震度7の地震動に2回耐えるスペックになっている。一方これらは、レンガを用いた組積造の実験であり、フィリピンの現地適合理化には新しい実験が必要である。

表 6 レンガ組積造に対する振動台実験結果

未塗布 (Not Coated)	重度の損傷 (粉塵・煉瓦落下多数)			全壊			未塗布： 震度5弱で全壊			塗布：震度7で 2回まで一部崩壊							
	なし			軽い損傷			中程度の 損傷			重度の損傷 (粉塵・煉瓦の落下は無)			一部崩壊		全壊		
加速度 (gal)	400	600	800	400	600	400	800	1000	1200	1400	400	600	800	1200	1200	1200	
周波数 (Hz)	10	10	10	5	5	2	5	5	5	5	2	2	2	2	2	2	
震度	~4			5弱			5強			6弱			6強		7	7	7
試行回数	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	

※尚、未塗布の住宅は中程度の損傷時から粉塵の発生と煉瓦の落下が見られた一方、塗布住宅は一部崩壊まで粉塵の発生や煉瓦の落下は見られなかった。

※組積造倒壊による粉塵窒息の犠牲者は多い。

また、日本国内における価格は4,000~6,000円/m² (材工込み) であるが、途上国展開においては新築住宅の10%程度を現時点では狙っている。なお、現在一般に用いられている耐震補強の競合価格は表5を参照とされたいが、それらと比較しても、価格競争力には大きなアドバンテージがある。今後、現地生産、大量生産により通常の塗料と同様な価格まで下げていく方針である。

2-2 ターゲット市場

・対象マーケットの概況

フィリピン国内における地震リスクは非常に大きく、既存構造物に対する最新の耐震基準に基づく耐震性能評価と耐震補強、建替について、その必要性が認識されている。現状のところ、以下の3つの市場（公共構造物の耐震強化、民間住宅の富裕層、公共インフラの維持管理用塗料）を対象としている。振動台実験により、既往の構造物への塗布により、耐震性の大幅な向上が検証できたため、今後の市場調査では、既往構造物の市場を優先的に検討していく。

また、地域的には、2021年1月から2022年5月22日までの間にM5以上の地震が発生した件数は、53件、そのうちミンダナオのダバオ周辺（ダバオデルスール州、ダバオオキシデンタル州、ダバオオリエンタル州）が30件と全体の半数以上を占める。その他、ビサヤ北部（オキシデンタルミンドロ、マスバテ、カマラヤーネスノルテ、北サマール）に7件、ルソン中部のバタアンが5件と地域的に集中する一方、その他の地震はフィリピン全体に広くも分散しており、国全体のリスクが大きいのが良くわかる。これまでのフィリピンの地震の研究成果等も踏まえて、地域的な絞り込みも今後検討していく。

・提案ビジネスに対する現地ニーズ、対象とする顧客層

○公共事業構造物の耐震強化による強靱化

（小・中学校の新設・改修）

教育省は、5ヶ年計画（学校改修）では、2017年~2021年まで12万クラスを改修、2022年から2024年には、毎年4.3万クラスをターゲットに新設・改修する予定。さらに、新設に至らなくても、状態の良い学校23万校、マイナー改修21万校を含めて2028年迄の計画では80万校の修復を検討している。

	2022年	2023年	2024年	2025年	2026年	2027年	計
教室数	2 (パイロット)	500	1000	2000	4000	8000	15,502

(避難所としての既存学校、政府公舎、ヘルスセンターの再整備)

OCD(市民防衛局、2019年9月)の資料によれば、全国の避難所は約25,000、そのうちの63%が学校(9,730校)、政府・町公舎(6,193ヶ所)の公共構造物であり、避難所に指定された既存学校や政府公舎の耐震強化が喫緊の課題。

	2022年	2023年	2024年	2025年	2026年	2027年	計	避難所1=12教室試算
避難所数	0	50	100	200	400	800	1,550	139 m ² ×12=1,668 m ²

○民間住宅の高所得者向けマーケット

メトロマニラでは、subdivisionとして、高級住宅地が周辺の環境から独立して存在し、多くの富裕層や外国人の居住スペースとなっている。マカティの代表的な subdivision では、数億ペソの価値のある超富裕層が存在する。

	2022年	2023年	2024年	2025年	2026年	2027年	計	対象家屋=3教室試算
対象家屋	5	100	200	400	800	1,600	3,200	139 m ² ×3=417 m ²

○公共インフラに対する維持管理塗料としての活用(国内への事業実績を踏まえた対応)

公共事業省(以下「DPWH」)が維持管理する道路及び橋梁の老朽化が課題となり、JICAでも協力実績がある。本製品は橋梁維持管理用塗料として日本でも実績があることから、公共事業省に本製品の有効性を説明し、その活用の方策を探る。

3. 提案製品・技術の現地適合性

企業機密情報につき非公表。

4. 開発課題解決貢献可能性

4-1 不良施工や材料の低品質による脆弱な公共構造物への耐震強化必ずしも大きくない地震で被害が出たボホール地震に代表されるように、公共構造物の地震に対する脆弱性は、不良施工や材料が問題と指摘してきたが、地震が起きて初めてその脆弱性が露見することも事実である。「塗る」耐震を推進する提案製品だからこそ、不良施工か否かに関わらずに、簡便に低価格で多くの公共構造物に対して塗布することができることは、フィリピンの公共構造物の脆弱性を根本的に解決する手段になる。

4-2 避難所の必要性

多くの避難所は、公共構造物が災害時に転用されるのが一般的である。公共構造物が提案製品により耐震強化されることは、より安全に多くの避難所が機能するということになる。換言すれば、コロナ禍で密を回避するために必要とされる避難所をより効果的に創出するかは、提案製品を活用するかにかかっている。

4-3 既往学校への耐震強化

安全な環境で命を守る必要がある学校も公共構造物の代表例である。子供たちが安全に学ぶことができる環境作りのためにも、公共構造物の中で学校がより優先的に耐震強化が図られるべき。不良施工や材料の低品質で安全な教育環境が損なわれるべきではない。

4-4 サプライチェーンの確保

セブの民間企業（日系企業）から引き合いがあり、第1号フィリピン案件として動き始めている。フィリピンには約1,500社の日系企業が進出しており、フィリピン全国で地震リスクは高いものとなっているので、提案製品を活用し、耐震強化が可能となれば、災害によるサプライチェーンの分断も最小限に抑えることができる。

4-5 マニラ地区の貧困層への対応

マニラの地震被害リスクは非常に大きく、中でも貧困層が住む複数階の集合住宅は、非常に脆弱である。ADBが提案したコミュニティグラウンドを活用し、提案製品を貧困層へ普及できれば、世界銀行が懸念するマニラ地区での地震被害をおさえることができる。

5. 実験の計画・実施および現地国カウンターパート（DPWH）とのコミュニケーションにおける教訓

5-1 遠隔型によるコミュニケーションの弊害

本調査はコロナ禍での契約開始であったため、遠隔型の想定で現地カウンターパートとのコミュニケーションはすべて ZOOM および Teams 会議を通じて行われた。一方 DPWH 先方としても国内における様々な他の業務が存在している。そのため、先方に宿題を出したとしても、こちらが現状を確認した結果、全く手がつけられていなかったというケースは何度もあった。ゆえに当方では1週間または2週間に一度の定期的なミーティングを開催し、その都度プッシュしていく方針を取ることで前に進むようになった。先方と共同でプロジェクトを進める必要がある際は、遠隔型であれば、定期ミーティングの開催が必要である。またミーティングのアポイントに関しても、ミーティング内で次のアポイントをしっかりと取り先方の同意を得た上で、さらにメール等によるリマインドとアジェンダの確認による土壇場キャンセル・無断欠席・宿題忘れを防ぐことで、大部分の問題は解消される。しかしもっとも有効なのは現地に直接赴いた上でコミュニケーションや共同作業を行うことである。またこのようなコミュニケーションはカウンターパートの担当者が杜撰でないか、また担当者のコミュニケーションの早さが重要であり、そのような担当であるかどうかを見極める必要がある。更に可能であれば、現地のコミュニケーション慣習をよく知る現地人で現地において動ける当方人材の確保をされたい。また最悪の場合カウンターパートを部署や組織ごと変更する思い切りも必要である。このような切り替えを迅速に行えるようにするためには、並行して多くの関係者とコミュニケーションを取っておく必要がある。

5-2 実験における教訓

コロナ禍遠隔型における弊害は実験の設計や供試体作成においても存在しており、今回は遠隔型であったため振動台実験における供試体作成は現地職人を派遣せず、すべて日本人職人の手により行われた。その結果、現地の現状よりはるかに施工性の良い供試体が出来上がり、想定よりも崩壊までに時間を要した。供試体の設計は、遠隔型であったため現地の現状を直接調査せず、カウンターパートから提供されたデータや一部の研究内でのデータを利用して行われた。本調査では、現地の現状を最重要と認識し、カウンターパートの提供する情報を優先的に採用した。一方、その情報に基づいた施工を日本人職人により行うことで想定より強靱な供試体が出来上がったというのが本ケースである。またカウンターパートの情報も提供タイミングにより不確定であり、様々なケースが存在することが判明した。元来、カウンターパートの提供するデータは、優劣の幅のある現状の中でも比較的品質低い部類の現状がピックアップされたものであり、我々の想定する、最も劣悪な部類の現状の方ではなかった。最良な手段は現地構造物を直接調査しデータを得、かつ現地職人を採用することであるが、本件のように遠隔型で行う場合、現地構造物の調査データをできるだけ多く集め（日本人研究者によ

る調査結果であればなお良)、かつそのデータに基づき日本人職人による小規模の模型再現を行い(本ケースであれば壁模型のような大きい者ではなくラボテストレベルのものを一度行う)、日本人職人の施工性でどう強度が変わるのかを把握した上で、施工性及び使用材料等の調整を行い、日本人職人が作ったとしても現地職人と同様の強度が発現するような試行錯誤が必要である。今回は日本人職人自身が既にフィリピン国の住宅の供試体作成を経験しており試行錯誤をそれほど重要視していなかったこと、さらに振動台の予約期間やブロック輸入の関係で、かつ 0 の理由による計画の遅延のため、その時間を十分に設けることができなかつたことが、今回の事象発生の原因である。ゆえに、本ケースのように現地材料を用い、現地カウンターパートとコミュニケーションを取りながら日本で実験を行う際は、本セクションの教訓による対策をすべて行い、試行錯誤の時間も十分に取ることで再発防止を防がれたい。

第3章 ODA 事業の内容/連携の可能性

1. ODA 事業の内容/連携可能性

第1章対象国・地域の課題において、日本ではほとんど建物被害を生じない地震においても、大きな被害が生じているフィリピンの構造物の脆弱性を述べた。特に顕著な例は建物の外壁、間仕切り壁の被害の甚大さであり、コンクリートブロック自体の強度やコンクリートブロックの空洞部の充填するモルタルの強度が小さいことや、空洞部の充填するモルタルの突き固めが十分でないことが原因であることが判明している。これらは、材料の品質や CHB 壁の施工不良によるものであり、特に、特別な施工を必要としない地元の建設業者が行う政府の公共施設の多くが該当し、災害時の避難所にも指定されている場合が多い。

地震による被害から判明する政府構造物の脆弱性は、予算が新規建設に振り分けられる中、適切な改修を行わずに放置され、地震による倒壊の危険性があるにも関わらずに、何百、何千もの被災民を受け入れ続けている。

こうした課題に対応するために、これまで ODA 事業では、無償資金協力、有償資金協力により災害に強い教育施設(学校建設)を行ってきたが、近年は避難所を併用した教育施設を提供することも行っている。(無償資金協力「マヨン火山周辺地域避難所整備計画」、無償資金協力「台風ヨランダ緊急復興支援」)フィリピンに対して支援は、フィリピンと同様に災害大国である日本の経験や技術に基づいたモデルの提供は、広報効果も高く、間違いなく役立つ事業であるが、これをモデルにしてフィリピン自身が展開できるまで、普及していないことが課題である。日本の ODA は価格が高く、途上国では普及しにくいと批判される要因でもある。また、ODA の性格上、施工後の瑕疵担保責任を明確化するために既往施設を改修することは制度上やりにくいと考えられるが、提案製品のように既往建物を安価で確実に整備することが可能な技術があれば、フィリピンがリプロケイトすることが容易に可能となる。

教育省は、災害に強い学校建設を進める一方で、5ケ年計画(学校改修)では、17~21年まで12万クラスを改修、22年から24年には毎年4.3万クラスをターゲットに新設・改修する予定。必要な経費を改修事業で

2030年：基礎教育中期計画の達成に必要な経費

必要経費	School Year										合計 (百万ペソ)
	2022/ 2023	2023/ 2024	2024/ 2025	2025/ 2026	2026/ 2027	2027/ 2028	2028/ 2029	2029/ 2030	2030/ 2031		
教師(給与)	15,775	39,150	63,278	91,080	128,301	140,166	144,999	146,391	157,376	750,073	
教室新設	4,213	14,567	17,491	19,164	27,232	10,178	7,143	7,658	8,431	289,944	
Eラーニング	19,000	22,012	24,012	26,524	29,044	19,716	19,205	19,280	19,347	235,777	
教室改修	42,576	42,576	42,576	42,578	42,576	124,180	124,180	124,180	124,180	816,040	
										2,091,835	

(The Basic Education Development Plan 2030 (フィリピン教育省2022年5月30日)より転載)

費を改修事業で42,578百万ペソ(約1,022億円)を予定している。これは100万ペソ(=99万ペソ

(240 万円))/1 クラスで、ほぼ全面的に建て替えるための試算となっている。

実際の予算を見ると 18 年までは K-12(基礎教育年数 10→12 年)のために学校新築予算を大幅(106,679 百万ペソ(2,548 億円))に増やしていたが 19 年以降は新築・改修を併せて 18,000 百万ペソ(432 億円)から 24,000 百万ペソ(576 億円)を幅で安定している(22 年は前年のコロナ禍による執行残で大幅に見直された例外的な数字)。当面の改修経費が約 1,000 億円/年必要だとする後述の中期計画と比較すると、実際の予算額はその半分の 500 億円/年

教育施設予算の推移【2018～2022】

～各年度の National Expenditure Program (予算管理省)より抜粋～

	2018	2019	2020	2021	2022
基礎教育に必要な施設整備費全体(百万ペソ)	126,033	34,742	36,006	24,146	5,044
学校新設・改築	106,079	14,163	19,900	12,870	2,920
学校修理・改修	6,300	10,500	6,501	4,706	1,032
技術費・管理費	539	71	100	60	2
調査・詳細設計	5,000	3,500	1,000		
家具	3,478	2,137	4,833	4,833	115
PPPリース代	1,628	1,628	1,628	1,628	1,628
NHA建設費	43	43	43	43	43
オフグリッド電化等	2,970	2,697			
衛生(水・トイレ)					358

であり、必要経費を満たさない。このギャップを軽減させることに、建て替えに較べ大幅に安価改修できる提案製品が貢献できる。K-12 推進プロセスで、僻地のオフグリッド地域での学校建設に特別な予算計上 2,970 百万ペソ(72 億円)を行ったこともあり、提案製品もパイロット事業による技術的適合性を確認し、DPWH の大臣令で推奨されれば特別な予算計上の可能性もあり得る。

案件化調査で現地資材への適応性等技術的な検証を行い、地震に対する強靱性は明確にしてきたが、新しい「塗る耐震」を本格的に採用するためには、全国的な規模で PoC(Proof of Concept)を展開し、塗布後のモニタリングによりデータを集めて検証していくことが必要である。しかしながら、案件化調査でも、限定的に一部教室のみを塗布することしか計画できておらず、最近大地震があった北ルソン、ミンダナオ等における多くの学校施設でパイロット事業の要望が公共事業省から出されたが、対応することは困難であった。ODA 連携の一つの事例として、普及実証事業を提案することとしたい。

本件に関して、追加渡航でフィリピンを訪問した際に、2023 年 1 月 31 日、フィリピン教育省で学校施設建設を担当するデンシン次官 (Epimaco V. Densing)、学校インフラ部局、災害危機管理室らと面談し、提案製品の技術的説明及び今後の普及実証調査の可能性を説明したところ、以下の通り、大変高く技術を評価していただき、学校施設への適用について言及してもらったことは大きな前進と思料する。

- ① 必要な学校新設数は 165,000 クラスに対して、6,200 クラスの予算措置しかできていないので、サラ副大統領からは、他の資金ソースも含めて新設校を拡充するように強く指導されている。10 クラスに必要な予算は、25M ペソ(6,000 万円)であり、この塗料を活用できれば、既往の古い校舎の更新が安価でできる可能性がある。
- ② DPWH が何らかの理由で建設途上で未完成の学校が、387 校存在している。この扱いにも苦慮しており、この学校への適用も可能性がある。
- ③ 学校施設は、避難所と活用されるのでこの技術を使えば、生徒の安全だけでなく避難所としての強靱性を確保できることも大きなメリット。地域にも貢献する技術である。
- ④ 災害の事前投資は、災害時と比較し 6 倍以上の価値があるとされているので、2024 年予算を現在編成中であるが、災害事前投資としての予算を別途確保しておけば、この技術の活用も可能となるので、早速予算要求に含めたい。昨年のアブラ地震でも、被害の大きさが確認されているので、この事前投資の意義は説明できると考える。
- ⑤ まずは DPWH のパイロット事業のモニタリングを終了させ、次期フェーズが実現可能であれば、教

育省（自分）と相談し、パイロットの地域の選定の仕方や対象校の選定を進めたい。地震頻繁地域を対象にしていく必要があり、今後協議して進めたい。

なお、既存 ODA 案件としては、以下の案件が該当する。

- ・既存 ODA 案件の概要

「マニラ首都圏における災害に対する公共インフラ強靱化のための損害保険活用に係る調査」
今後の技術協力案件として検討

損保公共資産保険、ものへの損害保険は、年金機構（GSIS）が担当し、強制保険となっているが、ほとんど機能していない。学校施設を担当する教育省（DEPED）も、公共インフラを所掌する公共事業省（DPWH）も同様。公共資産保険をリスクベースで見直し、地震関連では、JICA が 2004 年に行った大規模地震が起きた場合に備え、耐震強化のために事前投資を奨励しようという取り組み。

- ・上記 ODA 案件との連携方法

ODA 事業として、公共インフラ強化のための損害保険活用が検討され、公共構造物に対する耐震強化にかかる事前投資が評価されることは、本製品の普及に大きなレバレッジになる。

2. ODA 事業実施/連携におけるリスク・課題と対応策

2-1 許認可等取得の必要性

現在 DPWH の実施する PAS 認証を進めており、政府調達にはこの認証が必要である。現地建材 CHB を用いた実証実験は終了したが、PAS 認証には時間がかかる。提案製品は、パイロット事業の 1 年を通じたモニタリングを経て、仮認定の段階に進むが、今回、実際にパイロットの塗布に渡航を追加し立ち会うことができたので、塗布の品質管理にも留意したので最小限のリスクに抑えることができた。

2-2 許認可等取得の必要性

これまで災害対策としては、基準整備も含め台風への対応が優先されており、地震対応への優先度が低くなることが懸念される。2022 年は 2 度にわたりマルコス大統領の出身地に近いアブラで大きな地震があり注目を集める一方、年間の半数以上の比較的大きな地震が発生しているダバオ市の市長を務めたサラ副大統領が教育大臣に任命されたことから、地震に対する政策優先度が上昇したと考えられる。

2-3 教育省の予算執行能力

昨年度問題視された教育省の予算の未消化問題は、実際には予算を執行する DPWH 側の予算執行能力が課題であった。これにより年度予算の割当が減少する等学校建設に関して大きな障害となっていた。提案製品は、単に塗布するだけなので、製品自身の妥当性を DPWH が認めれば、計画段階の図面作成や施工上の課題も大きくなく、円滑な実施が確保でき、予算執行能力を向上させることが可能である。

3. 環境社会配慮

製品そのものの環境への影響も最小限であり、人体へも安全な製品であることから、作業上の制約さえなければ、学校を対象にした改修の場合、授業を中断することなく行える。また、既往、新設問わず、環境社会配慮を施設建設時に確認することで、提案製品を塗布すること自体で確認すべき環境社会配慮事項はないと言える。したがって、環境カテゴリー分類は、カテゴリーC として、環境や社会への望ましくない影響が最小限、またはほとんどないと考えられる。

4. ODA 事業実施/連携を通じて期待される開発効果

広義の観点から、これまで ODA が成し遂げられなかった日本の経験や技術のモデルの普及に関して、提案製品を活用することで、簡便にかつ安価に実現することが可能となる。これまで、台風に強く、耐震技術を反映し安全で安心な学校施設を建設するために、当初はプレハブ工法を持ち込み、その後は現地工法を踏まえた学校施設建設を、無償資金協力として「学校校舎建設計画（1988-1993）」

（360 校の教室等建替）、6次に渡る「教育施設拡充計画（1993-2003）」（全国で計 443 校の教室等建設）を行う一方、有償資金協力として世界銀行との協調融資により「貧困地域初等教育事業（1997-2004）」（貧困 22 州に対して初等教育の質・量両面を改善する事業で校舎建設も含まれる）、アジア開発銀行との協調融資により「貧困地域中等教育拡充事業（1999-2006）」を行ってきた。また、国際比較における日本の政府開発援助の高コスト体質が、たびたび国会、マスコミ等で取り上げられ、様々な議論がなされた。特に、特別な施工が不要な学校建設事業が他国の援助と比較し高コスト体質の代表例として挙げられることが多かった。こうした議論を踏まえ、途上国の教育ニーズに基づき様々な見直しが行われたが、大きく分けてまったく二つの方向が示された。

① 日本ならではの質の高いインフラ整備を推進する動き（高コスト高水準）

前述した最近の対フィリピン ODA（無償資金協力「マヨン火山周辺地域避難所整備計画」、無償資金協力「台風ヨランダ緊急復興支援」）等は、この好例であり、より施設に付加的機能を持たせた高水準のモデル型を示す例であり、フィリピン等の中進国へ適用。高水準のモデルであるが故、現地で予算化して普及することには限界があった。

② 現地の工法に準じ、ローカルコントラクターを活用するコストを縮減する（低コスト現地水準）

調達代理機関を通じ、現地建設業者を活用した現地水準を確保しつつ、調達の透明性を確保するノンプロジェクト型の無償資金協力。多くはアフリカ等の LLDC で適用。日本の業者を活用する場合と比較し、コスト縮減は行えたが一定の品質を確保することには、限界があり、多くの追加的なフォローアップ事業が必要であった。

提案製品は、特に、上記①に資する日本の ODA の特徴である質の高い品質を維持しつつ、日本の ODA がこれまで抱えてきたコスト高という観点を、「塗る耐震」という新しい技術で刷新するものである。既往施設を改修し、より安全な耐震性能を提供できることは、施設の新設より安価であることに疑いなく、その施工性の高さ故に、より迅速に対応することもコスト縮減につながる優れた技術と言える。なお、②への貢献に関して、アフリカ等の LLDC で建設したほとんどの学校施設は提案製品が対象とする組積構造物であるので、地震リスクが高い地域の耐震強化に技術的に有効と思われる。地震リスクとコスト面を比較し提案製品を適用することは今後の課題として検討する。

他方、フィリピン側からの観点では、地震発生後、多くの施設の施工不良が原因で崩壊もしくは一部崩壊することが判明するが、事前にどの施設が危険か判断することは非常に難しい。提案製品を活用することで、より広範囲に対象を広げることができるので、地震リスクを常に意識した現状下から、安全な学習環境を提供することができ、学習意欲の向上に貢献することが期待できる。

狭義の観点から、普及実証事業を実施する成果は、以下の表のように整理することができる。今後の提案製品を如何にフィリピンで展開するか、実際の施工を通じて、実施上の課題を整理、提案製品の活用のインパクトを検証することが可能となる。

成果	指標
公共施設の市場ニーズを把握する	<ul style="list-style-type: none"> ・断層上の建設された学校数（断層上の学校をターゲットにするかは要検討、公共施設の脆弱性の一つの指標） ・建設基準毎の学校数（古い建設基準に基づく学校の数はターゲット）

	<ul style="list-style-type: none"> ・教育省の学校安全に係る考え方をヒアリング ・PHIVOLCS からの地域ニーズをヒアリング
パイロット事業を通じた民間市場への開拓が進む	<ul style="list-style-type: none"> ・パイロット事業が実施される ・パイロット事業を活用した製品展示会の回数と参加者 ・パイロット事業の SNS への反響 ・民間事業モデル事例の SNS への反響
全国展開のビジネスモデルを確立する	<ul style="list-style-type: none"> ・塗装技術のトレーナーズトレーニングが実施される。 ・パイロット事業の現地再委託（ローカールコントラクター）が競争で決まる。 ・パイロット事業の作業監理が円滑に行われる。 ・実際に係った経費から売値を決め、提案法人及び現地販売代理店の利益を想定する。
フィリピンにおける現地適応性が証明される。	<ul style="list-style-type: none"> ・フィリピンの自然条件下での塗布後の照光、温度、湿度等への品質への影響技術的にモニタリングする。 ・PHIVOLCS の地震状況モニタリング結果を参考に構造への影響を把握する。 ・パイロット事業地において大きな地震が発生した場合の影響評価を行う。 ・他の未塗布の構造物の影響も調査・分析、パイロット事業との違いを明確にする
DPWH 制度化調査を通じ、パイロット事業を通じ全国へ普及する準備が整う	<ul style="list-style-type: none"> ・良いモニタリング結果が出ること ・DPWH の調達において仕様書に提案製品を明記する。 ・耐震強化の有効な策として提案製品の活用を制度化し、大臣令による製品活用の指示がだされる。
地震被害多発地域の対象施設が耐震化される	<ul style="list-style-type: none"> ・対象校の完工とその後のモニタリング記録 ・学校関係者からの開発効果のヒアリング
事業計画が策定される	<ul style="list-style-type: none"> ・ビジネスモデルが構築、再検討される。 ・収支計画、資金調達計画が策定される。 ・ビジネススケジュールが策定される

第4章 ビジネス展開計画

1. ビジネス展開計画概要

本案件内では主に 2 つの市場が具体的な蓋然性を持って創造できることが明らかになった。1 つ目は公共構造物・既存建物である。背景から述べているように近年の地震により多くの学校特に非構造部である CHB 壁の崩壊が相次ぎ、教育省(DepEd)や公共事業省(DPWH)も問題視している。こちらは PAS の第二段階が終了して初めて政府調達が解禁されるため、23 年 2 月パイロット塗布が終了した現在、あと 1 年間のモニタリングを持ってして初めて市場が創られるといったところである。長期的視野ではあるが堅実な市場であるといえる。2 つ目は民間企業建物（日本企業）である。現在日本企業から現地工場の塗布の依頼が来ており、最初のハードルとして設けられているパイロット工事がうまく行くことが前提だが、その後大面積を徐々に塗布していくプロジェクトが始まる。日本国内でも同様の案件が複数あり、1 件完了すれば水平展開が可能になり、当該プロジェクトを見据えた営業活動も視野に入れている。

2. 市場調査・民間企業からのヒアリング

企業機密情報につき非公表。

3. 進出形態とパートナー候補

企業機密情報につき非公表。

4. バリューチェーン

企業機密情報につき非公表。

5. 収支計画

企業機密情報につき非公表。

6. 想定するビジネスリスクと対応策

企業機密情報につき非公表。

7. ビジネス展開を通じて期待される開発効果

都市が脆弱な建物で構成されている場合、当該都市が地震被害を受けるとその人的被害の大部分が建物崩壊によるものであることは過去の多くの研究より明らかになっている。例えば、1995年に発生した兵庫県南部地震を例にとれば、建物崩壊に起因する死者は90%を超える。またこのケースは対象構造物が組積造となればなお顕著であり、世界的に見ても組積造崩壊による人的被害は約80%である。当該地震による脆弱な建物の被害による直接的な経済損失は言うまでもないが、一方でこれに伴う人的被害による間接的な経済損失もその地域の経済発展に大いに影響することが明らかになっている。つまり、ある個人が人的被害を受けなければ生産していたであろう一人当たりGRP(Gross Regional Product: 地域内総生産)が失われるという計算である。兵庫県南部地震の場合、震災が与えた社会的損失の研究は多くなされ、1.5兆円を超えるとされる[33]。ゆえに当該製品の普及は、対象地域の組積造壁（フィリピン国においてはCHB壁）の地震被害を圧倒的に少なくし、それに伴う建物崩壊の経済損失だけでなく、人的被害による社会的経済損失も防ぐ、当該地域への大きな事業インパクトを与える。

8. 日本国内地元経済・地域活性化への貢献

提案法人は、静岡に工場を拡充する計画を有しており、ODA案件化及び海外展開の実施により、提案法人の製品輸出が促進されることで、提案法人のみならず、原材料や資機材を提案法人に対して供給する県内等の国内関連企業の売上が増加する。また、輸出・売上の増加に伴い、提案法人及び国内関連企業において追加雇用が創出される。さらに、中長期的には、提案法人の海外展開の拡大に伴い、国内関連企業や大学、研究機関等とも連携した海外市場向けの研究開発や新製品開発が一層促進されることが見込まれる。

防災・耐震に関する技術は、調査・設計・施工といった面での技術・品質向上と抱き合わせで実施することで、さらなる効果が発現し得る。こうしたなか、本事業においては、提案製品の優位性及びニーズがフィリピンのユーザーの間で確認されることにより、一貫した防災技術のフィリピンへの輸出を目指すために外部人材である東京大学、(株)reaple等も連携し、「フィリピン防災事業プラットフォーム」の構築することが可能。こうした取り組みを実施することで、提案法人の取引先企業である静岡県・東海圏の防災関連クラスターをまとめてフィリピンへの事業展開を目指していく。

9. ビジネスモデル具体化に向けた活動における教訓

9-1 特許申請タイミングによる調査の遅れ

レアなケースではあるが、研究開発後、後回しになっていた特許申請の予算が本調査期間中に確保され、急遽特許申請をすることとなった。特許申請が可能となった事実自体は良いことではあるが、それにより現地での製品の使用が遅延されることとなり、当初予定していたパイロット工事の時期が大幅に遅れることになった。パイロット工事が遅れるということは、製品が市場に出回る時期が遅れるということであり、ビジネスとしては大変心苦しい状況である。本ケースは技術の開発時期と特許申

請時期がだいぶ乖離してしまったため起こった稀なケースではあるが、調査中に行った研究開発の知財確保により調査自体が遅れる可能性があることは十分覚悟しておき、柔軟な対応ができる準備はしておきたい。

9-2 トップと実務者の意識の違い

DPWH とのコミュニケーションにおいても同様であったが、先方が大きな組織であればあるほど、先方意思決定者と実務者のスタンスが違うことが多い（意思決定者が Go サインを出す一方、実務者において能力または熱意が低い、またはその逆）。その両者の意見の食い違いでプロジェクトが前に進まず埒があかなくなることは多々ある。現時点では、基本的には忍耐が必要としかいえないが、短期間で解決したい場合、担当者を変えるか、最悪カウンターパートを別の組織に変えるという手段を取る必要がある。

9-3 ロジスティクスにおける不確実性

輸出入の時間は、遅延時間を含めて十分に確保する必要がある。本調査内では、船便の大幅遅延はなかったが(船便に関しては大幅遅延の可能性を見越しかなり時間のバッファを作った)、サンプル等少量をすぐに送りたい場合 EMS 航空便を用いたが、EMS は税関の状況により 1 週間程度ですぐ先方に到着するケースもあれば、3 ヶ月程度とかなり遅れるケースもあり不確定要素が大きかった。ゆえに費用は少々かさんだとしてもスピード輸送を行う場合 DHL のような自社航空機等を持つ会社を使う手法が確実である。

以上

参考文献

- [1] フィリピン建築基準 (NBCP National Building Code of the Philippines。1977 年発出の Presidential Decree No.1096)
- [2] フィリピン構造基準 (NSCP National Structural Code of the Philippines。初版 1972 年発行、最新版は、2015 年発行の第 7 版)
- [3] 檜府龍雄(2014) 「2013 年フィリピン地震・台風建築物被害調査」日本建築学会
- [4] 檜府龍雄、今井弘他 (2012)「開発途上国における建築許可制度の枠組み及び運用実態に関する調査研究 その 2 フィリピン(1)」日本建築学会
- [5] 宮田伸昭、檜府龍雄、今井弘他 (2012)「開発途上国における建築許可制度の枠組み及び運用実態に関する調査研究 その 2 フィリピン(2)」日本建築学会
- [6] 檜府龍雄、石山祐二他 (2016)「連載 海外の構造基準との比較—開発途上国を中心としたケーススタディ 第 3 回フィリピン構造基準による設計法」建築技術 2016 年 3 月号
- [7] 檜府龍雄他(201' 7) [開発途上国の建築物の安全性に関する基礎的研究—鉄筋の品質の国際比較研究—その 1 調査研究の概要とフィリピンの事例報告]、日本建築学会
- [8] 檜府龍雄他(2009)「途上国の組積造の耐震性に関する基礎的研究—モルタルの強度の品質の比較実験研究—」日本建築学会技術報告集
- [9] 今井弘ほか (2012)「実大フィリピン型コンクリートブロック造振動台実験実験の概要と結果」日本建築学会大会学術講演梗概集、
- [10]三田紀行、今井弘(2014) 「コンクリートブロックの品質」
- [11]国際協力機構 (2019)「フィリピン地震火山監視能力強化と 防災情報の利活用推進プロジェクト 詳細計画策定調査」
- [12]国際協力機構 (2016)「外部事後評価報告書 無償資金協力「マヨン火山周辺地域避難所整備計画」
- [13]国際協力機構 (2013)「事業事前評価表フィリピン共和国 台風ヨランダ災害復旧・復興計画」
- [14]国際協力機構 (2018)「フィリピン国 マニラ首都圏における災害に対する公共インフラ強靱化のための損害保険活用に係る情報収集・確認調査 ファイナル・レポート」
- [15]国際協力機構 (2004)「フィリピン国マニラ首都圏地震防災対策計画調査最終報告書」
- [16]国際協力機構 (2004)「フィリピン国防砂分野プログラム化促進調査」
- [17]国際協力機構 (2013)「事業事前評価表フィリピン共和国 台風ヨランダ災害復旧・復興計画」
- [18]H. Imai, *et al.*, (2012) Shaking Table Experiment for Philippine Full-Scale Concrete Hollow Blocks (CHB) Masonry Houses, 12WCEE, e-journal,
- [19]B. Binici, *et al.*, (2019) Seismic behavior and improvement of autoclaved aerated concrete infill walls, Journal of Engineering Structures, 193(2019): 68-81
- [20]H. Choi, K. Matsukawa, Y. Sanada, Y. Nakano. (2016) Experimental Study on Out-of-plane Behavior of Infill Wall Built in RC Frames, Bulletin of ERS, No. 49
- [21]K. Yamamoto, *et al.*, (2015) Shake table tests on one-quarter scaled models of masonry houses retrofitted with fiber reinforced paint, 14th USMCA,
- [22]Grünthal, G., (ed.). (1998): European Macroseismic Scale 1998. Volume 15, Luxembourg,
- [23]J. M. Padagdag(2018)「THE PHILIPPINE DISASTER RISK REDUCTION AND MANAGEMENT」DRC Visiting Researcher Program SYSTEM
- [24]世界銀行 (2020)「Project Information Document :Philippines Seismic Risk Reduction and

Resilience Project (P171419) 」

- [25] アジア開発銀行 (2018) 「Philippines-Country-Partnership-Strategy」
- [26] フィリピン大統領府 (2018) 「フィリピン大統領令第 5 2 号」
- [27] UNDRR (2019) 「Disaster Risk Reduction in the Philippines Status Report 2019」
- [28] DILG (2017) Policy Guidelines and Prosedures in the Implementation of the FY2017 Local Government Support Fund-Assistance to Disadvantaged Municipalities(LGSF-ADM)Program
- [29] PSA (1984) Philippine National Standard-Specification for Concrete Hallow Blocks.
- [30] DEPED (2021) Upgrading of school Building Designs to Conform with Changing Environment and Building Requiurements of Schools
- [31] DPWH Proposed Permanent Evacuation Center/Multi-Purpose Coverd Court, Structural and Electorical Plans
- [32] DTI (2017) PCAB Categolization -Classification Table
- [33] 河田 恵昭, 柄谷 友香 「大規模な人命の損失に伴う社会的価値の損失の評価」 土木計画学研究・論文集, 第 17 巻, pp. 393-400, 2000 年 9 月.

<WEB ページ>

- [34] フィリピン公共事業省設計基準
https://www.dpwh.gov.ph/DPWH/references/standard_design/school_buildings “ DPWH, Standard Design Plans for School Buildings”
- [35] Humanitarian Shelter Working Group, Concrete Hollow Blocks (CHB) in Philippines, 2014 (<https://www.sheltercluster.org/sites/default/files/docs/Key%20Messages%20CHB%20V1.1.pdf>,
- [36] フィリピン国国家災害リスク軽減委員会
<https://ndrrmc.gov.ph/>
- [37] フィリピン国国家防衛局
<https://ocd.gov.ph/#>
- [38] フィリピン国公共事業省
<https://www.dpwh.gov.ph/dpwh/>
- [39] フィリピン国内務自治省
<https://www.dilg.gov.ph/>
- [40] フィリピン国教育省
<https://www.deped.gov.ph/>
- [41] フィリピン年金機構
<https://www.gsis.gov.ph/>
- [42] UNICEF 避難所ガイドライン
<https://www.unicef.org/philippines/media/476/file/Building%20Safe%20Spaces%20for%20the%20Community.pdf>
- [43] ワールドオンライン避難所の再考察
<https://www.bworldonline.com/rethinking-evacuation-centers-for-a-post-pandemic-world/>
- [44] フィリピン地震火山監視能力強化と防災情報の利活用推進プロジェクト

<https://www.jica.go.jp/project/philippines/016/outline/index.html>

[45] 災害リスク軽減・管理能力向上プロジェクトフェーズ 2

<https://documents1.worldbank.org/curated/en/150861613466936773/pdf/Project-Information-Documents-Philippines-Seismic-Risk-Reduction-and-Resilience-Project-P171419.pdf>

[46] PDRF

<https://www.pdrf.org/>

[47] 新聞記事フィリピンスター、避難所増設

<https://www.philstar.com/headlines/2021/12/23/2149588/philippines-needs-permanent-evacuation-centers-eleazar>


[48] フィリピンニュース局、避難所増設

<https://www.pna.gov.ph/articles/1162575>

[49] 日本商工会議所の HP でシンポジウムを紹介

<https://www.jccipi.com.ph/partnernews/2022jetro-asiadx-info/>

**SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector
for Strengthening of Structures with Japanese Earthquake
Resistant Paints in the Philippines
Aster Co.(Tokyo,Japan)**



11
住み続けられる
まちづくりを

13
気候変動に
適応する

17
パートナーシップで
目標を達成しよう

Development needs (issues) in the field of earthquake disaster in the Philippines

- The Philippines, like Japan, is a country with high seismic risk.
- According to a JICA survey (March 2004), the worst case scenario of an earthquake disaster with its epicenter on the West Valley Fault is expected to kill more than 33,500 people in Metro Manila.
- The number of classrooms that need to be strengthened against earthquakes is 800,000, and reinforcement measures that do not require rebuilding are needed.

Proposed products and technologies

- The proposed product/technology is an earthquake -resistant coating (Power Coating), which is a reinforced coating made of a specially dispersed mixture of glass fibers.
- The toughness of the proposed product has been demonstrated by the Meguro Laboratory of the University of Tokyo.
- The product is highly competitive in terms of earthquake resistance, cost, workability, design, and environmental adaptability.

Survey Outline

- **Contract period** : October 2021 – February 2023
- **Target country/region** : Metro Manila, Batangas Philippines
- **Counterpart agencies** : Bureau of Standardization and Research, Department of Public Works & Highway, Philippines
- **Project Summary** : To verify whether the earthquake -resistant paint developed by Aster Inc. and the University of Tokyo is also compatible with Philippine construction materials. Based on the results, a business model will be developed to strengthen the earthquake resistance of public structures such as evacuation centers, schools, and private residences for the wealthy, which are susceptible to collapse due to earthquakes.



If the paint is applied and dried, it will not break even if two people ride on it.

How to Approach to the Development Issues

- Effectiveness of seismic strengthening using Philippine construction materials by Power Coating will be verified, and the product will be registered in the product registration system of the Department of Public Works & Highway.
- Target customers are public structures such as schools and shelters, as well as private residences for the wealthy.
- Establish a sales model through local agents, and conduct quality control on technical training for application.

Expected Impact in the Philippines

- To reduce the risk of building collapse due to earthquakes, and move toward a society with zero fatalities.
- Enjoy stable economic growth through a safe and secure society.
- Foster confidence in the government by improving the safety of public structures.
- Contribute to the reduction of Co2 emissions by reducing cement consumption

As of January ,2023

英文要約 (Summary Report)

Summary Report

Republic of Philippines

SDGs Business Model Formulation Survey with
the Private Sector for Strengthening of Structures
with Japanese Earthquake Resistant Paints in the
Philippines

February, 2023

Japan International Cooperation Agency

Aster Co., Ltd.

1. Background

The Philippines is exposed to the risk of natural disasters such as typhoons, floods, earthquakes and volcanoes. damaged. Regarding earthquake disasters, according to the Metro Manila Earthquake Disaster Mitigation Plan Survey (March 2004), 165,300 ordinary houses in Metro Manila were severely damaged and 339,800 were destroyed in the worst-case scenario with the West Valley fault as the epicenter. was partially damaged, with over 33,500 dead and an estimated 313,600 injured.

Since 2004, the Philippines' economy has tripled in size over the past 10 years, and the rapidly expanding urban functions are more fragile than they were in 2004, and there is a high possibility that earthquake damage will increase. The last quake to be attributed to this fault was in 1658, and experts warn that another quake could happen at any time.

In order to deal with natural disaster risks, the Philippine government enacted the Disaster Risk Reduction and Management Act (RA10121) in 2010 to strengthen the disaster risk reduction and management system. In the Duterte administration's medium-term development plan (2017-2022), efforts on disaster prevention and climate change are positioned as cross-sectoral issues, reducing vulnerability to natural disasters and promoting safe and secure development against natural disasters. One of the main measures is the construction of local communities. On the other hand, some problems have been pointed out in promoting the measures. Taking the example of schools under the jurisdiction of the Philippine Department of Education, according to a 2017 announcement by the ministry, 800,000 classrooms need to be reinforced against earthquakes, but only 600 have been quake-resistant at present. Behind this is the fact that many schools have not been constructed according to the design and the structures do not have the necessary earthquake resistance. The problem is that with the current technology, there is no way to secure classrooms that guarantee earthquake resistance except by rebuilding. In addition, since 2012, the Philippines has introduced a new education system called K-12, which extends pre-university education from the conventional 10 years to the international standard of 12 years. However, there are also situations where it is physically difficult to rebuild classrooms.

The Department of Public Works and Highways(DPWH), which is in charge of making public structures earthquake-resistant, is paying close attention to this product and are strongly requesting a demonstration test of Power Coating (Suggested technology) in the Philippines (application to CHB; Concrete Hollow Blocks, which is a local building material). This technology does not require eviction during construction and prevents temporary shortages of usable classrooms during construction and can be provided at about 1/15th the cost of rebuilding classrooms, regardless of whether it is constructed as designed or not, and as mentioned above, it does not require rebuilding. So this technology is expected to make a significant contribution to the seismic retrofitting of schools.

2. Details of suggested technology

Power Coating



Power Coating, suggested technology in this survey, is the fiber reinforced paint, whose prototype was invented by SUZUKI, CEO of Aster Co., Ltd. and developed for the seismic retrofitting of masonry structures by him and YAMAMOTO from the Univ. of Tokyo. In the several experiments done in the Univ. of Tokyo, the efficacy for increasing seismic capacities for CHB block walls in Philippines has been proved. The advantages of this Power Coating is below:

A) Easy for the application

Power Coating Is the liquid that has relatively high viscosity. And therefore skilled plasterer can easily apply with spatulas. If the user does not have any skills of plastering if half day of training is enough for the one to use it.

Because of this advantages it can be used anywhere in the world and there is no necessity of special skills or engineers or equipment.

B) Applicable for both new and existing buildings

To improve the seismic capacity of the wall, all the one need to do is just coating. This works even on the plaster. And therefore Power Coating can be applicable for both new and existing buildings. Especially the potentials for existing buildings is highly expected in Philippines.

C) Cheap investment

If the wall collapses in the earthquake recently occurs frequently, the direct economic loss of the building and indirect economic loss because of casualties is very high. Even though the wall is vulnerable, less than 1/10 of additional investment can enable the buildings vulnerable walls seismically improved.

D) Durability

It has passed several tests following JIS durability testing including temperature fluctuation, water saturating, algae, mold. Also, in the perspective of the actual on-site study, in Japanese market the prototype has been used for more than 20 years and in one of the field that has been coated in 2000 the place still do not have any problem. In Philippines, whose UV ray and average temperature is higher than in Japan, the durability should be considered as 1/3, though.

3. Outline of this survey

(1) Purposes

In this survey, the proof of concept as a seismic retrofitting material to the public and private market in Philippines were investigated. Especially,

- A) the effectiveness of seismic reinforcement of Power Coating in the non-engineered walls of Philippines large structures such as 3 or 4 stories with real Philippine substandard CHB.
- B) exploring market possibilities of building in a private sector and build a business model
- C) exploring market possibilities of building in a public sector and the possibility of utilization of government procurements.

(2) Survey activities

To achieve the purpose above, the activities below were done in this survey.

- A) the lab testing using real imported substandard CHB used in Philippines local area by doing material testing and specimen testing under the monitoring of DPWH
- B) the full scale shake table test of the wall in schools in Philippines using real imported substandard CHB used in Philippines local area under the monitoring of DPWH
- C) the pilot coating to investigate how the local contractors could be able to treat the product and check the feasibility on the real wall in Philippines
- D) communicating with large local potential partner in the construction market and get an idea of market penetration and check how it works
- E) having an enlightenment activities showing the achievement of A) and B) to the several sectors such as ministries like DPWH and DepEd, or local government or private companies.

(3) Counterparts

- Bureau of Research Standard (BRS) from DPWH
- (related organization) Department of Education (DepEd)
- (related organization) EEI Corporation (local private partner)

(4) Target area

Metro Manila and Batangas Province, Philippines

(5) Duration

- Oct 2021 to Feb 2023

(6) Schedule

- Oct 2021 to Mar 2022: [remote] testing with BRS
- Apr 2022: [remote] holding a seminar using the testing result for the enlightenment and reaction survey to the several sectors such as ministries or local government or private companies
- Oct 2021 to Aug 2022: [remote] communicating with EEI Corporation for market penetration
- May 2021 to Nov 2022: [remote] communicating with BRS and sample testing in BRS laboratory for product accreditation of Power Coating
- Dec 2022: Export *switch from remote activities to offline
- Jan 2023 to Feb 2023: Pilot Coating in the schools in Batangas District

4. Result of the survey

In this section the results will be shown according to the activities written in **3(2) Survey activities**.

A) the lab testing using real imported substandard CHB used in Philippines local area by doing material testing and specimen testing under the monitoring of DPWH

Under the monitoring of DPWH, an axial tensile testing of Power Coating and in-plane and out-of-plane testing using imported CHB were conducted in the laboratory of both Univ. of Tokyo and BRS. The test result showed Power Coating had both strength and deformation capacity, and therefore it improved the CHB specimens' both initial strength and also the deformability before and after the cracking of the CHB specimen itself.



After the shaking the non-engineered wall (right) that is made in the real situation in Philippines local area, not following the building standard, had a large collapse of its wall and the damage was very similar to the typical damages occurred in recent earthquakes in Philippines. On the other hand, the coated with Power Coating wall (left), made under the same condition as the non-engineered wall but just coated with Power Coating, had almost no damage.

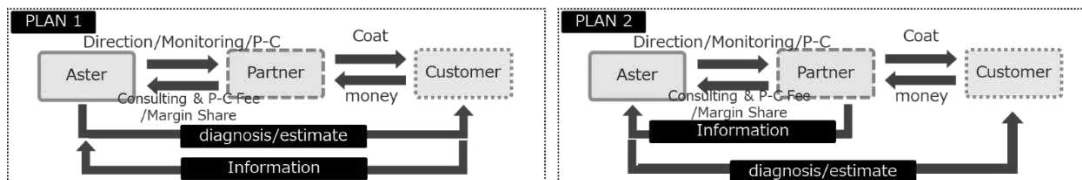
C) the pilot coating to investigate how the local contractors could be able to treat the product and check the feasibility on the real wall in Philippines

Finally the coating itself was finished but many expected and unexpected problems were occurred because of the remote communication. The time of coating on schools was the 1st time for the local contractor to use Power Coating. Therefore, the workability was out of their expectations and it took more time for the finishing. In the communications before the actual coating remotely, many explanations for required skills and equipment were given to them, but it was not followed well mainly because of the difference of construction customs. Therefore, the lessons on this pilot coating was to make a time for real face-to-face communication and having a time for training of the actual material. For a year the coating will be monitored for its durability under the climate of Philippines.



D) communicating with large local potential partner in the construction market and get an idea of market penetration and check how it works

In discussions with EEI, a major general contractor, who is a candidate for a local sales and construction partner in the Philippines, we have proposed a group structure as shown below.



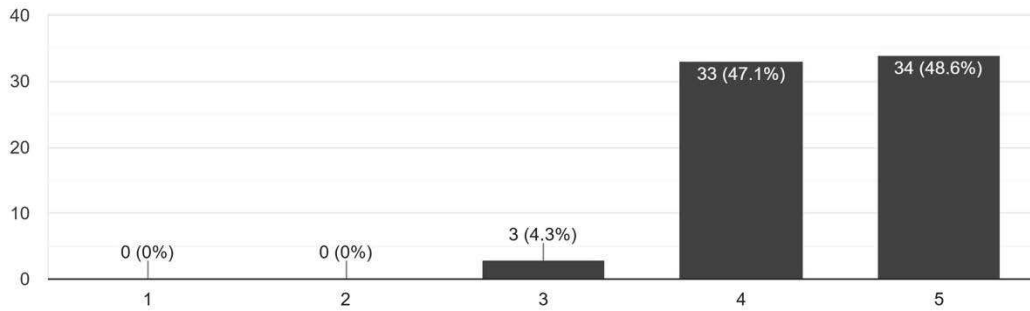
EEI argues that the most important thing for market penetration is to have the designer, who is entrusted with the design at the construction site, incorporate it into the design. Based on this idea, EEI Business Solutions Inc. (EBSI), a subordinate organization (subsidiary) of EEI that deals with new materials from overseas, made a presentation to designers at the exhibition. As a response, we received a market response that it cannot be adopted unless there is a site where it has actually been applied, that is, there is no Proof of Concept (PoC). Therefore, the pilot construction in C is an opportunity for both the proposing company and EEI to create the necessary PoC on site.

E) having an enlightenment activities showing the achievement of A) and B) to the several sectors such as ministries like DPWH and DepEd, or local government or private companies.

On the other hand, in order to clarify what kind of customer reactions there are, we carried out enlightenment activities through seminars aimed at various sectors. Here, we invited potential customers of Power Coating from each sector (local governments, ministries, local subsidiaries of Japanese companies, local contractors) and observed their reactions. As a result, it was found that 94.3% were interested in this topic, including the explanation of Power Coating, the results of shaking table experiments, and the current state of CHB. In addition, 62.9% answered that they would like to be directly involved in this project in the future.

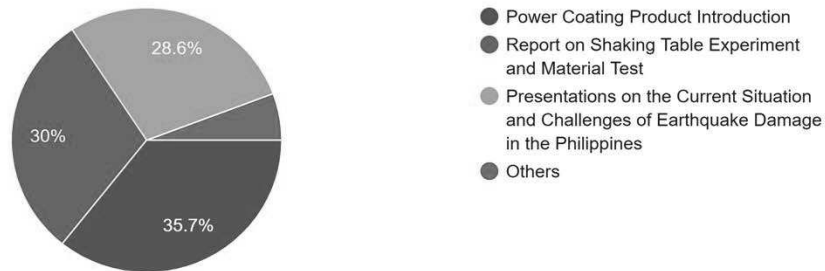
How satisfied were you with the symposium?

70 件の回答



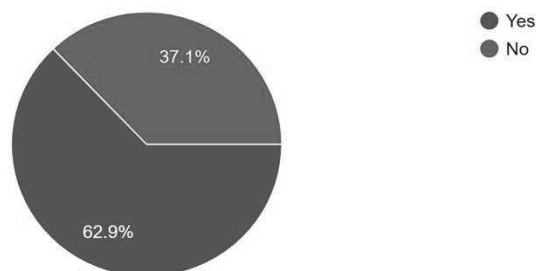
Which presentation interested you?

70 件の回答



We are currently planning on a pilot project to seismically retrofit buildings in the Philippines. Would you like to be among the first few to get t...rotected against earthquakes using Power Coating?

70 件の回答



After the seminar, there was an offer for coating from a local factory of a Japanese company. In the factory project, since they handle the parts of their own customers, there were inquiries about the safety of the factory, and it became clear that they felt uneasy about the earthquake resistance of the factory built by CHB. As a result, we confirmed that not only B to C but also B to B markets exist in the private market. We are currently working on this.

Also, in a presentation to the Undersecretary of DepEd, they answered that they would try to allocate a budget so that they could be used as soon as the permit for government procurement was granted. It is a long-term project, as one more year of monitoring is required at the pilot construction site before government procurement begins, but we have learned that there is certainly demand in the public market as well.

5. Conclusion and future prospects

(1) Conclusion

- In the lab test using imported CHB, Power Coating improved both strength and deformation capacity of CHB masonry specimens
- In the shake table test targeted school building, Power Coating improved seismic capacity of CHB wall and had almost no damage on input motion which is made from Kobe Earthquake (1995) and the PGA of which was more than 1500 Gals
- The pilot coating of local schools in Batangas region showed the importance of face-to-face communications between makers and contractors (users) and try and error under the condition of local construction culture. The durability will be investigated in 1 year of monitoring
- In the communication and the 1st marketing by the local distributor to the architectures found that first PoC showing the real structure coated is needed.
- All the sectors including local governments, ministries, local subsidiaries of Japanese companies, local contractors were found to be interested in the product Power Coating and CHB wall's current situation in the enlightenment seminar.
- In the seminar, a new private market segment; local CHB factory of private company has been found that is included in B to B business.

(2) Future prospects

- Pilot study has been done and this will be helpful to achieve the PoC and also the certification of government procurement. From Feb 2022 to Feb 2023, the monitoring by Aster and DPWH-BRS will be done to pass the phase.
- After the achievement of the PoC the further discussion is needed with EBSI from EEI for the market penetration and how to make a business model for each segment of market including private and public sector.

別添資料

企業機密情報につき非公表。