

第7回 JAPAN コンストラクション国際賞 先駆的事業活動部門 受賞

スタートアップが切り開く未来 塗る耐震で地震犠牲者ゼロに

株式会社Aster CEO すずき まさおみ
鈴木 正臣

1. はじめに

成田空港から飛行機に15時間搭乗し、ローマに到着。そこから休む間もなく車で4時間疾走し、とにかく先を急いだ。最後は通行止めだらけの山道を右往左往しながら必死に駆け抜け、何とか目的地の近くにたどり着き、降車した。徒歩でゆっくりと街の入り口である石積みの荘厳な城壁に近付き、その門を通り抜けると、そこには一面の瓦礫が広がっていた。私は瓦礫の上を歩き続けた。自分の足で瓦礫を踏みしめる音しかない異様な空間。ごくわずかに残っている、辛うじて存立している建物はその室内が露出し、それはまるで急に現れた100mを超える巨人に家の上半分を手で掴まれて、もぎ取られたかのようなであった。室内には家具や絨毯、暖炉などの日常生活が見え、多数の幸せな家庭が何の前触れもなく一瞬で終わったという現実が、これ以上にないというリアルさを持って見せつけられているにもかかわらず、私の脳と心はその現実を受け止めきれず浮遊感の中にいた。

これは2016年8月、私がイタリア中部にあるアマトリーチェの街を訪れ、初めての地震被害調査に入った時のことだ（写真－1）。イタリア全土から人が集まる有名なフェスティバル開催中に巨大地震が発生、大勢の賑わいと、風光明媚な築500年の建物のある歴史的な街が一瞬で瓦礫と化したのだ。写真－1の範囲周辺だけでも300名以



写真－1 イタリア中部地震の被災状況

上は瓦礫に埋まり亡くなっていた。瓦礫の上を歩き続ける中で出会った幼児用玩具によって現実に引き戻され、自分は何をしたいのか自問した。その原体験によって2019年に“地震犠牲者ゼロ”という使命を達するために私はCEOとして、東京大学の地震工学博士2名と共にスタートアップの株式会社Asterを起業した。

2. 歴史的背景と耐震技術の進化

世界全体の自然災害の中で最も犠牲者が多いのは地震である。地震犠牲者の死因の80%以上は組積造と呼ばれる石やレンガ、ブロックを積み上げた建物の倒壊によって生じている。組積造は人類が太古から建設し続け、現代においても主力建築工法で、同工法で超高層ビルも建てられている。日本人には馴染みが薄いですが、世界人口の60%以上が組積造の建物に居住している。組積

造で使われる建材には安価かつ、現地調達が容易な建材が採用される。欧州においては天然石、フィリピンでコンクリートブロック、インドネシアではレンガというように地域によって変わる。組積造は安価で、高度な建設技術が不要、さらに築年数が数百年に及ぶ建物も珍しくないほど、耐候性に極めて優れている。さらに不燃材であり、断熱材としても夏は涼しく冬は暖かいなどの長所があり世界中に普及しているが、ただ一点、耐震性が極めて脆弱という致命的な欠点がある。

地震に脆弱な組積造が世界的に普及している歴史的背景として科学技術が発達できなかった時代が長く続いたことがある。例えば前述のアマトリーチェの建物の多くは築 500 年を超える。500 年前といえばレオナルド・ダ・ヴィンチが活躍していた時代、欧州では西暦 500 年～1800 年頃までの約 1300 年もの間、キリスト教の教会には全ての知識は既にあると誰もが信じ、教会の常識と異なる科学的な発表をした科学者は異端審問で火刑に処せられた時代が続いた。つまり現代建築において必須の構造計算のような科学技術が発達できないまま世界中に建物は建てられ続けた。世界で科学技術が飛躍するためにはフランス革命によって絶対王政が崩れ、キリスト教の影響力が弱体化するのを待たなければならなかった。

時代は現代に移るが、耐震補強について簡単に説明する。耐震補強方法には三つある。一つ目がプレスや構造合板などによって剛性を高める方法。二つ目がダンパー等を入れて制震や免震をする装置で地震動を熱変換、減衰させる方法。三つ目の変形能を向上させる方法である。このうち産業化されているのは剛性を高める方法、ダンパー等を使う方法の二つだけである。

ここで前提条件と課題を読者と共有したい。組積造の現存する建物としてギョベグリ・テペ遺跡がトルコにある。築 1 万 2000 年の建物であり、少なくともそれ以降、組積造の既存建物（既存ストック）は世界中で分布域を拡大し、棟数も増え続け、地震が来れば街ごと壊滅するという状況が 1 万年以上、ずっと繰り返されている。最近では 2015 年にネパールで発生した地震により約 9,000 人が亡くなったが、震度 3～5 前後であったとい

われている。日本人の感覚ではそれほど強くない地震でも、海外では大きな被害となるような脆弱な既存ストックが地球上に膨大に存在している。現代科学の産物である剛性向上や、ダンパーは組積造には適用できない。人類が 1 万年以上解決できていない課題をどうやって解決するのかがアマトリーチェで私が直面した課題である。

先に結論を述べると、それが三つ目の変形能の向上であり、まだ産業化されていない技術の産業化である。それを実現すべく開発したのが「塗る耐震」という全く新しい概念であり、それを実現する主体が Aster というスタートアップである。

3. 社会課題とスタートアップ

今、この記事を読んでいる読者の中には仕事に対して情熱もなく、会社への貢献意欲も持てない読者も少なくないと思う。米国の調査会社ギャラップの 2024 年の報告によると、日本人の従業員の 6% しか職場への愛着、仕事への情熱や貢献を示す高いエンゲージメントを持っていないという。72% の従業員はただ職場にいて、時計を見つめ終業時間が来るのを待っていると。2023 年に日本企業はエンゲージメントが低いことにより約 91 兆円（日本の GDP の 13% 相当）の収益機会を失ったという。この調査は毎年実施されているが、日本は調査対象 145 カ国中で最下位グループの常連である。

さらに日本の未来を左右する若い世代についてはどうであろうか。ユニセフの 2020 年調査によると日本の子供たちの精神的幸福度は OECD38 カ国中で 37 位である。精神的には満たされず、将来に希望を見出せず苦しんでいるとの調査結果が現状である。

生産年齢人口が減少していく日本において生産性向上は重要な課題であるが、時計を見つめ 17 時になったら帰宅するだけの日本人株式会社のままでは、日に日に貧しい国になる日本の潮流に抗って、成長していくだけの強い推進力を生み出せるとは思えない。そこで日本政府が失われた 30 年を踏まえて起死回生すべく国策に据えたのがスタートアップ支援である。

ここではスタートアップとは革新的なビジネスモデルと技術を組み合わせて社会に新たな価値を提供し急成長を目指す企業とする。今なら Airbnb, Uber, SpaceX, ByteDance (TikTok), メルカリ。前世代のスタートアップであった GAFAM は今や大企業となり世界経済を牽引し、彼らが提供するサービスがない世界は想像できないくらい私たちの生活にも浸透している。Google 検索ができない, Amazon で買い物ができない, Windows パソコンが使えないというのは大変不便で苦痛を感じるのではないだろうか。スタートアップの多くは破壊的イノベーションを活用して市場を変革するので、彼らが脚光を浴び、実社会に影響を及ぼすまでは既存勢力、支配者階級を意味するエスタブリッシュメントからはぞんざいに扱われ、嫌悪され、攻撃されるのが普通である。例えば、私が以前、ある地震多発国にある日本大使館の大使に相談した時に「一民間企業を支援することはできない」と追い返されたことがあったように。日本のオープンイノベーションも大企業側はスタートアップを格下に見て、利用してやろうくらいに思っているのが大半だと思う。

しかし日本にも希望の光が見えつつある。著名なスタートアップである株式会社ユーグレナの CEO である出雲充氏が 2025 年に「社会の価値観の大転換」が起き、社会課題の解決を後押しすると予想している。その根拠は生産年齢人口の過半数をミレニアル世代とそれに続く Z 世代が占めるようになるからだ。出雲氏は「ミレニアル世代には利益を最優先する従来の資本主義に疑問を感じ、社会課題解決のために人生を使いたいという人が多い」と分析する。この予想には私も数々の経験から強く合意する。

私は歴史を学び、経営判断にも生かしているがいわゆる大企業とスタートアップの対立は幕末に類似点を見出せる。一例をあげる。幕末の幕臣、勝海舟が自身の回顧録『氷川清話』の中で坂本龍馬が暗殺の意図を持って自分に面会に来たが、自分の考えに感服し龍馬は自分の弟子となったとある。殺そうとした相手を次の瞬間に師匠と認め、世界に目を見開いた龍馬は傑物だが、勝海舟も龍馬を導き、必死に支援し続けた。彼ら幕末志士の

活躍によって江戸城無血開城を経て明治維新を実現するという世界史上例を見ない偉業を成し遂げた。

社会の価値観が根底から変わる局面ではエスタブリッシュメントと新興勢力の各々が信じる正義どうしが衝突する。そして多くのケースでは初期は強大であるエスタブリッシュメントによって新興勢力がつぶされる。しかし時代の流れは止められない。初期は新興勢力の連敗が続くが、エスタブリッシュメント側の人間の中から新興勢力側に立ち、支援し続ける希有な人物が登場し、そして時代が動くのである。

身近な例を紹介すると JAPAN コンストラクション国際賞の審査委員会において、当社の塗る耐震が途上国の防災課題の解決に貢献し、将来的に大きな可能性があることが評価されたと耳にした。それらの評価者や大企業はエスタブリッシュメント、つまり先程の例で言えば旧幕府側のちょんまげ侍である。建築構造の世界の重鎮たちはラガードである。検証され尽くした積み上げられた厳格な基準があり、その価値観は疑いようがない聖域である。それを破ると過去に起きた耐震偽装問題のようになるので聖域は侵してはならないという立場である。その立場からすると「塗る耐震」は異端技術である。また短期利益を追求する大企業からすれば「塗る耐震」はリスクが高く、これから市場創造をしなければならないすぐには儲からない商材である。今回、国土交通省が破壊的イノベーションを追求するスタートアップである当社を、JAPAN コンストラクション国際賞として表彰したことは、当事者からすれば清水の舞台から飛び降りる覚悟があったのではないかと想像する。そして時代の流れも若い世代が持つエスタブリッシュメントに対する「No」という傾向は日に日に増している、組織や利害を超えた支援者の発現などを総合的に俯瞰して見ると日本国に対して私は希望を感じる。

4. 「塗る耐震」が解決できる理由

人類が地震被害を 1 万年以上を経ても解決できていないのには主に四つの理由があり、塗る耐震はこれらを克服できる。一つ目はコストで、これ

に関するファクトを紹介する。2015年のネパール地震ではネパール国民の20%に当たる560万人が被災し、建物の全壊、一部損壊は90万戸と甚大な被害が発生した。ネパールはアジア最貧国の一つといわれている国であり、この国で地震によって住む家をなくした人々はどうやって家を再建するのかというと、崩れた家の同じレンガを積み上げて家を建て直す。

サラッと読み飛ばさずに、ここで自分が当事者だとして一度、想像してほしい。あなたの家族を、お子さんを生き埋めにして殺した同じレンガを使って家を建て直さなければならない気持ちを。レンガは現地価格で1個10～12円くらいだが一軒家を建てるのに4万～6万個のレンガが必要となる。それを買う資金がないのが多くの国民にとっての現実である。それでも家を再建できる経済力がある人はまだ良い方で、地震発生から数年経った今でも崩れかけた危険な家にそのまま住んでいる人々がいるのも実際に見ている。

2015年に東日本大震災の復興中の仙台で開催された第3回国連防災世界会議で採択された国連文書『災害リスク削減のための仙台枠組み』で提唱された「より良い復興」を意味する「Build Back Better」というフレーズがある。このフレーズは世界の防災業界で標準語となり災害を受けた地域や都市を災害に強くし、サステナブルなまちづくりを目指す素晴らしい考え方とされているが、より良い工法や、より良い建材を使いたくても使えない現実があることも強く認識する必要がある。

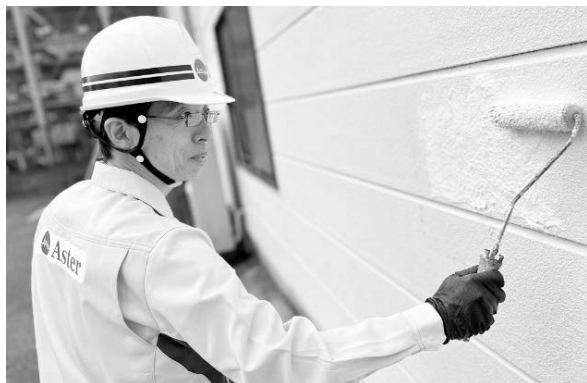
二つ目は文化的な難しさである。2015年のネパール地震後に日本政府もJICAを通じてODAでネパールの復興に多大な貢献をしているが、家は無償で提供すると言っても受け取ってもらえないという実情があることを聞いていた。経済的な理由で自宅の再建ができない人々に対してJICAは耐震性のある住宅を提供しようとしたが、外国人の提供するような家は信じられないというのが理由である。首都カトマンズはまだしも、少し車で移動した地域には外国人はあまりいない。外国人に対する警戒感が相当に強い。同じネパール人同士でも民族やカーストによる文化的分断が残り、まして外国人など信用できないという意識が

強くある。私もネパールで塗る耐震を展開する時に、この国の実態が何も分からないので当時の在ネパール大使館の小川大使に面談を求めて事業計画書の概要を説明し、資料を手渡した。熱心に見ていただいた後で、全くダメだという意味で首を横に振られて、資料を突き返された。そして大使は理由を教えてくれた。「あなたはこの国のことを何も理解していない。この事業計画書にはタマン族と連携してビジネスを始めると書いてある。この国で影響力を持っているのはバフン。そこにつながらないと広がらない。タマン族と提携してスタートしたらバフンとは付き合えなくなる」。

私が歴史を学ぶ中でインド文化圏の影響が強いネパールにカースト制度があることは知っていたが、1962年に法律で禁止されているので関係ないと思っていた。しかし地域社会におけるビジネスに対してどんな影響があるのか無知であった。小川大使にはその後もさまざまに支援をいただき大変感謝している。補足だが日本人はネパールのカースト制度の中でどんな位置付けになるかと調べたら奴隷の身分とのことで仰天し、さらに調べると日本人は顔がタマン族に似ているから実際にはタマン族と同等に扱われるとのことでさらに仰天した。またカースト制度は極めてセンシティブな問題であり、日本人と現地人でも全く異なる見解が出てくるのでここでの記載も多数ある意見の中の、一つだと認識してほしい。

さて、三つ目の理由だが、このようなネパールの田舎でも小さな塗料店が存在し、人々は自分で塗料を購入して家の塗り替えを行っている。塗る耐震で使う「Power Coating」は塗料に特殊繊維を分散混合した製品なので安価に製造できる。実際には今は高級で高品質な原料を基材にした製品を日本から輸出しているので、かなり割高になっているが、将来的にはIP（知的財産）を強化しつつ、ブリミックスや現地生産によってネパールで一番人気の塗料と同水準まで安く販売する計画がある。

四つ目は施工が簡単なこと。既存技術である剛性を高める、ダンパーを入れることに比較すると塗る耐震は壁の塗り替え感覚で耐震補強ができてしまう（写真－2）。



写真－２ 塗る耐震の施工の様子

5. 組積造の建物が地震に弱い理由と解決方法

まず石やレンガを積み上げた組積造の建物が地震に弱い理由を説明する。組積造が地震に弱いのは塑性変形に弱く、特に面外方向（垂直に建つ壁に対して水平方向）への応力に対応できないからである。イメージしやすい例としてダルマ落としを想像してほしい。ダルマ下部の木が積み重なった部分を横からハンマーで叩くと、全体が崩れる現象と同じである。

次に「塗る耐震」がどのようにしてこれを解決するのかについて。組積造の弱点を補うために柱と梁をRC（鉄筋コンクリート）で造り、建物を構成する大部分の空間部分に組積材を詰め込む、RC フレーム組積造も世界では多く採用されている建築工法である。

このRC フレーム組積造が実際に地震動を受けると、壁を構成する組積材が面外方向に抜け落ちるが、これにより柱の強度は75%も低下する。逆にいえば組積材がRC フレームから抜け落ちるのを防ぐことさえできれば、建物の耐震性を著しく向上させることができる。その理由は、組積材は単体として圧縮力に対して比較的強い抵抗力を持っており、組積造建物における壁部分を構成している。柱や梁とは異なり、壁部分は建物全体に対する断面積が大きいので、壁全体として大きな圧縮力を負担することが可能だからである。これにより地震発生時に柱や梁が発生する曲げモーメントや引張力の応力集中によって破壊されることを避けることができるので、建物全体としての

耐震性を高めることができる。

一見類似する工法にFRP（繊維強化プラスチック）やCFRP（カーボンファイバー強化プラスチック）、ポリウレア樹脂等を用いた補強工法があるが全く別物である。一般的に剛性の強さは長所と見なされるが、建築物の耐震補強を行う際にはその長所が、短所となる。剛性が強い素材を壁面に塗布する場合、新築時に行う構造計算の前提条件を変更することになるので、再度、大掛かりな耐震診断、耐震設計、補強設計、補強工事が必要になる。もしこれらの診断や設計プロセスを省いて剛性を変更するポリウレア樹脂を塗布すれば違法改築になる。実際に当社で構造解析すると剛性を高めたことによって耐震性能が低下することはかなりの頻度で起こり得ることを確認している。例えば2階建て建物で1階を補強したら、2階に応力が集中し2階が早期に倒壊するなど。少々専門的になるが建物には重心（重力の作用点）と剛心（剛性の中心）があり、重心は地震力の作用点になり、剛心は建物の変形に対する抵抗の中心点となる。重心と剛心の位置が偏心すればモーメントが発生して構造部材には余分な応力がかかるので構造耐力上は脆弱になる。新築設計ならまだしも、既存建物の改修であれば部位別に異なる建材劣化の要素も加味する必要があるので手間とコストが多分に必要となり、居住者にしてみれば耐震補強をするために、事前到大掛かりな耐震診断やコストが必要になることは経済的にも心理的にも大きな負担となる。耐震補強を行う側の企業の立場からしても手間暇を要する割には利益も取りにくいので、ビジネスとして展開するには魅力に乏しい。一方で剛性に影響を与えず耐震性が向上できるのであれば、耐震診断や新たに構造計算が不要であるので壁に耐震塗料を塗布するだけで簡単かつ低コストで耐震補強が可能になる。これが塗る耐震のビジネスにおける競争優位のポイントである。

6. 海外での導入実績と反響

当社の活動地域は現在、フィリピン、台湾、インドネシアである。他の国でも展開したいがリソ

ース不足で手が回らない。大規模かつ急激な都市化が世界中で進んでいる。2050年までには途上国でメガシティが次々と誕生するが、建設コストを最優先にした都市開発は日々、地震リスクを高めているのでASEANでの展開を急いでいる。次の表は江戸で過去に起きた時期の違う3度の地震（つまり東京首都直下地震）の震度と死者数である（表－1）。震度は同程度でも都市化による人口増が犠牲者を急増させるのは多数の事例がある。Asterは耐震補強のハードルを圧倒的に下げ、手軽かつ近い将来、貧困層でも手の届く価格で耐震塗料 Power Coating を世界中の隅々にまで大量に安定供給し世界の地震犠牲者ゼロを実現する。

表－1 過去の地震の死者数（江戸府・東京府）

	震度	死者数（人）
元禄関東地震	7	340
安政江戸地震	6強	7,000
関東大震災	7	70,000

出典：内閣府防災情報

7. 「塗る耐震」の未来と期待される影響

スタートアップの醍醐味は未来志向にある。過去にとらわれず制限もない。制限がないので面白い展開が次々と起こる。例えば海外投資家へのアプローチを意図していたところ、今年10月に世界最大の投資会社の一角であるKKRの創業者の一人、ヘンリー・クラビス氏との夕食会に招待された。参加したのはREADYFOR, GENDA, 五常・アンド・カンパニー、ヘラルボニーと名だたる日本のスタートアップのCEOたち。我々CEOの怒濤の質問にクラビス氏が3時間、答え続けた。クラビス氏の真摯な姿勢と素晴らしい回答に舌を巻いた。クラビス氏は資本主義の本質として、「人々の可能性を解き放てば、企業も可能性を引き出せるという考えを軸に事業を行ってきた」と述べ、ゼロから総資産5000億ドルの会社をつくった彼の言葉は珠玉に満ちていた。私は資本主義マスターであるクラビス氏に資本主義の限界と防災について議論したが、それは誌面の都合上、別の機会に紹介できる範囲で紹介したい。

最後に、塗る耐震で使う耐震塗料 Power Coating

は耐震性向上の他に、CO₂削減に最も寄与する技術の一つでもある。セメントは世界の全産業中で最もCO₂を排出している産業であり、その排出量は今後ASEANとアフリカの経済成長に伴う都市建設によって激増すると予想されている。セメントを1t製造するとCO₂が0.8t排出される。建物建設には大量のセメントが使われる。地震がない国でも重力や風圧に耐える構造的な強度を建物の構造計算によって求め、設計に基づいて柱、梁、壁を作るために大量のセメントは消費する。地震国であれば地震に備えて、より建物を強く作る必要があり、もっと多くのセメントを消費する。塗る耐震は建物を全体最適化してセメント使用量を減らしても構造的な強度を上げる方法でもあるので、建物内部のパーテーション単位であれば50%、超高層ビル全体としても最適設計によるパーテーション、スラブに使うコンクリートやセメント削減効果による軽量化により最大10%のセメント使用量を削減できる可能性がある。これは地震がない欧州でもグリーンビルディングに寄与するクライメイトテックの重要な技術として塗る耐震は注目してもらえるのではないかと期待している。

CO₂問題はスケール感が大き過ぎて個人として実感しにくいので分かりやすく表現を試みる。現代人はエネルギーを使って車を運転したり、お湯を沸かし、スマホでネット検索をしている。1人当たりの年間のエネルギー消費は22,000 kWh。人間1人が1年間でする仕事は運動エネルギーに換算して100 kWhなので機械を使わずにその恩恵を受けたいのであれば、1人につき200人の使用人が休みなく、1人の主人のために働き続けるのと同等のエネルギーを使っている。しかし人類がこの恩恵を享受するには80億人×200人で1兆6000億人が働く必要がある。地球に1兆6000億人が住むのは許容量を超えている。サステナブルな使用人を使わずに電気などのエネルギーによって豊かな生活は支えられている。これが現状だが贅沢はやめられない。おっと、そろそろこんな記事を読むのはやめて帰宅したらどうですか？ もうすぐ17:00になりますよ。少なくとも、まずは頭の上のちょんまげを切り落とすことから新しい一歩を始めてみることをオススメします。