

解説

SAMPE 2025 学生ブリッジコンテストにおけるリサイクル炭素繊維カテゴリーへの挑戦

森島拓生, 郭子睿, 万熠, 高橋淳

1. はじめに

1.1 参加目的と報告書のねらい

我々は、2025年5月にアメリカ・インディアナポリスで開催された「SAMPE 2025」において、SAMPE JAPAN 代表チームの一つとして Bridge Contest に出場した。今回我々が参加した Category C は、リサイクル材を用いたブリッジを製作・評価する部門であり、当研究室としても初めての挑戦となったカテゴリーである。本報告書では、本大会における参加活動の全体像を記録するとともに、ブリッジコンテストの設計・製作過程および大会結果の詳細を報告し、さらに企業展示会場で得られた最新技術情報の所見をまとめる。

1.2 SAMPE25 Indianapolis とブリッジコンテストの位置付け

SAMPE 2025 は、5月19日から22日にかけてインディアナポリス・コンベンションセンターにて開催された。ちょうどこの時期、市内では有名なカーレースイベント「Indy 500」も行われており（図1）、町のスポーツパーではレース映像が終日放映されるなど、街全体が賑わいを見せていた。

ブリッジコンテストは、SAMPE が主催する学生向け競技の中でも最も人気のある部門の一つであり、設計力・製造力・実験検証力が総合的に問われる競技である。その他にもポスターアワードなどの学生部門が存在するが、ブリッジコンテストは特に観客動員が多く、競技当日は会場に立ち見が出るほどの盛況であった。



図1 マリオットホテルの Indy500 広告

2. SAMPE Bridge Contest 概要

2.1 コンテスト概要と性能評価指標

Bridge Contest（図2）は、Category A から H ま

での計8部門に分かれており、それぞれのカテゴリーにおいて使用できる材料、設計条件、性能評価指標が異なる。我々が参加した Category C では、以下の要件が課されていた：使用材料はSAMPEが認定したリサイクル炭素繊維材料であること。ブリッジの断面寸法が4インチ×4インチ（約102 mm×102 mm）以内であること。ブリッジの全長が24インチ（約610 mm）を超えること。評価指標としては、まず規定荷重である7200 lbfを超える強度を有することが前提条件であり、その条件を満たしたブリッジの中で、最も軽量なものが高く評価される仕組みであった。



図2 ブリッジコンテストの会場の様子

2.2 参加チーム・カテゴリーの全体像

本大会には、日本から東京大学の他に、日本大学および金沢工業大学のチームが参加した。東京大学は Category C、日本大学は Category B（炭素繊維またはアラミド繊維によるスクエアビーム）、金沢工業大学は Category G（設計デザイン制限なし）にエントリーした。各チームは非常に独創的な構造・デザインを採用し、コンテスト前日のブリッジ展示セッションでは多くの参加者が各校のブリッジに興味を示していた。さらに各チームは、設計のアイデア、製造技術、シミュレーション結果をポスターで共有し、その多様な解決策と洞察は大変刺激的であった。互いの経験を通じて学び合い、新たな視野を広げることができる貴重な機会となった。とりわけ日本からのブリッジは製造精度の高さや工学的な工夫が評価され、海外の学生や技術者と活発な意見交換を生むきっかけとなっていた点が印象的であった。

3. 東大チームのブリッジ設計・製造プロセス

3.1 設計デザイン

我々のブリッジは、スクエアビーム構造をベースとし、特に応力集中が予想される箇所に対して局所的な積層追加を行う設計とした。これにより、重量増加を最小限に抑えつつ、必要な耐荷重性能を効率的に確保することが可能となる。設計検証にあたっては、**FEM（有限要素法）シミュレーション**を活用しながら、複数の試作を通じて最適な積層構成を導出した。（図3）

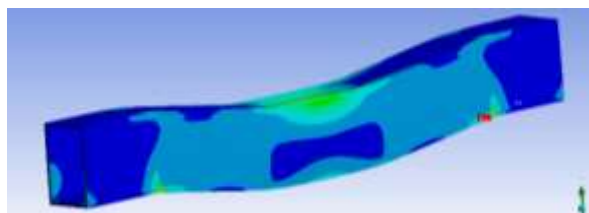


図3 シミュレーションの様子

3.2 使用材料

使用した強化繊維は、ミライ化成株式会社より提供されたリサイクル炭素繊維不織布（**MRF-HP-50**）である。マトリックス樹脂にはエポキシ（主剤 **LY554**、硬化剤 **HY959**）を用いた。成形後のリサイクルCFRPは、力学特性と成形性のバランスが良く、リサイクル材料でありながら、実使用に十分な物性を有している。

3.3 製造工程

製造は、まず設計通りにプリフォームをカットし、樹脂を含浸させながら指定の積層順序でプレスタッキングを行った後、金型に沿って成形を行った。（図4）成形は乾燥機を用いた加熱・圧縮方式により実施し、十分な樹脂流動と含浸を確保した。（図5）成形後は冷却・トリミング処理を経て、最終形状とした。（図6）



図4 成形と樹脂含浸作業の様子



図5 加熱・加圧の様子



図6 完成したブリッジ

3.4 品質検証

作成したブリッジ試作品は3本であり、そのうち2本に対して3点曲げ試験を行い、破壊荷重が基準値を超えているかを確認した。残る1本は大会当日に使用する本番試験体とした。破壊試験における荷重-変位曲線は予測値とよく一致し、また目視および触診による検査でもボイドや樹脂溜まり等の欠陥は見られず、良好な品質であった。

4. コンテストの結果

4.1 破壊荷重・変位挙動の実測データ

我々のブリッジの破壊荷重は、**7250lbf** と基準荷重 **7200lbf** をわずかに上回る結果であった。この値は、設計段階のシミュレーション結果と非常によく一致しており、設計・製造・試験の一貫性の高さを示している。また、破壊挙動としては最大荷重まで滑らかな荷重増加が見られ、急激な破壊や不連続な挙動はなく、成形品の品質が高いことが窺えた。（図7）

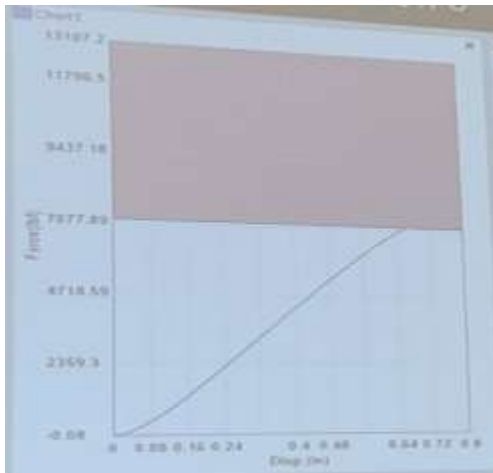


図7 当日の荷重変位挙動

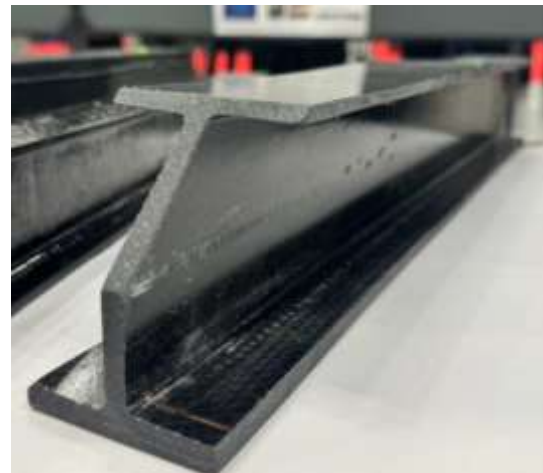


図9 優勝したワシントン大学のブリッジ

4.2 競技順位と他チームとの比較

我々のブリッジは、基準荷重を超えた数少ないチームの一つであったが、最終的な自重においてワシントン大学チームに100g及ばず、惜しくも2位となった。（図8）興味深い点として、我々が唯一スクエアビーム構造を採用していたのに対し、他チームはIビームを採用していた点が挙げられる。また、優勝したワシントン大学チームは、リサイクル織物と不織布を組み合わせたハイブリッド材料を使用しており、材料面でも工夫が見られた。（図9）

Recycled Carbon Category C - Boron I-Beam or Square Beam				
ID	School	Mass (g)	Load (lbf)	
1	U. Tokyo	1038	7250	
2	USC	1382	6550	
3	USC	1105	7308	
4	USC	871	3163	
5	Western Washington U.	1084	2332	
6	U. Washington	951	7312	
7				
8				

図8 カテゴリーCの大会結果



図10 バンケットでの表彰式



図11 大会終了後の日本人での打ち上げ

5. 企業展示について

今回の展示会場では、例年通り東レ・Airtech・Hexcelといった大手企業がホール中央に大型ブースを構え、熱可塑プリプレグや真空バッグ材など、最新の複合材料製品群を一体的に紹介していた。筆者が以前参加した2023年のCAMXと比較すると、全体的な出

展社数はやや減少しており、会場内の通路幅が広く感じられた点も印象的であった。（図1 2）加えて、リサイクル専門スタートアップ企業の出展は見当たらず、展示全体のテーマは「熱可塑性 CFRP の量産化」と「高靱性の実証」へとシフトしている印象を受けた。ライブデモの数も限られていたが、日本企業による衛星向け熱可塑性 CFRP パネルの衝撃比較実験は、特に来場者の関心を集めていた。高さ約 1m から錘を落下させ、熱硬化性 CFRP ではクラックが発生する一方で、熱可塑性 CFRP では無損傷のまま錘が跳ね返るという視覚的にもわかりやすいデモンストレーションであり、熱可塑性材の高靱性とエネルギー吸収性能を印象づけていた。また、東レブースでは、PA6 をマトリックスとする熱可塑性 CFRP 製のマウンテンバイクが展示されており、多くの来場者の注目を集めていた。これはベルギーの REIN4CED 社に東レが材料提供を行い、成形されたもので、車体が軽量でありながら、衝撃吸収性にも優れることが示されていた。スポーツ分野という“体験価値”の高い応用例を通じて、熱可塑性 CFRP の市場拡張力を強く訴求する好例であった。（図1 3）



図1 2 会場での企業展示の様子



図1 3 東レの熱可塑性 CFRP を使ったマウンテンバイクの展示

6. まとめ

今回、我々は SAMPE 2025 インディアナポリス大会において、ブリッジコンテストの Category C（リサイクル材部門）に初めて参加し、準優勝を果たした。これは設計、製造、品質管理の一貫したプロセスが高い精度で実施された成果である。特に、本チームが採用したスクエアビーム構造における局所積層設計手法は、軽量化と耐荷重性能をバランス良く達成できる現実的かつ効果的な方法であることが実証された。今回の成果は、有限要素解析を活用した設計検討および試作・試験を繰り返し実施したことによるものであり、今後の研究や教育におけるプロジェクト型学習のモデルケースとしても有意義なものとなった。

また、企業展示においては、熱可塑性 CFRP の市場展開が進んでいる状況が確認できた。特に東レの展示では、PA6 をマトリックスとした熱可塑性 CFRP 製マウンテンバイクが展示され、軽量性と衝撃吸収性能の高さを視覚的かつ実物で体験可能な形で紹介されており、今後の市場拡大が期待されることを示していた。一方で、リサイクル CFRP を扱う専門企業の出展が見られなかったことから、リサイクル材に関してはさらに具体的な性能実証や市場展開が求められる段階にあることも明らかとなった。

今後の展望としては、今回の結果を踏まえて、次回大会での優勝を目指し、さらなる軽量化を図るために断面形状の最適化やハイブリッド材料の活用を検討する必要がある。さらには、最新の AI 技術を活用した設計最適化アルゴリズムを導入し、材料・構造設計の更なる高度化を推進していくことが重要な課題となる。以上を通じて、リサイクル CFRP の高機能化およびその有効利用促進に向けた研究開発を継続し、持続可能な社会構築に貢献することを目指したい。

謝辞

本コンテストへの参加にあたり、**SAMPE JAPAN**事務局の皆様には渡航手続きや現地での活動支援など、多大なご協力をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。また、使用材料をご提供いただいたミライ化成株式会社の皆様にも心より感謝申し上げます。皆様のご支援なくして本成果はあり得ませんでした。重ねて御礼申し上げます。