



## **TOKYO ROPE INTERNATIONAL INC.**

3-6-2,NIHONBASHI,CHUO-KU, TOKYO,103-8306,JAPAN.

Tel : +81-3-6366-7701, Fax: +81-3-3270-1776

Narrator: Michigan's bridges have a big job to do. Besides bearing the usual heavy traffic loads, bridges here must also endure fluctuating temperatures and a range of environmental conditions – everything from dry, hot summers to long, cold winters—and lots of freezing and thawing in between. These extremes are naturally tough on concrete, causing tiny cracks to form where water and deicing chemicals can infiltrate. For a bridge with steel reinforcement susceptible to corrosion, that can mean a shortened lifespan and early repair and replacement. In light of these challenges, MDOT changed its approach and began to reevaluate every aspect of bridge design and construction – including the materials it had been relying on for decades. The goal: to build a bridge that will last 100 years with only minor maintenance.

Narrator: ミシガン州の橋は大きな仕事を担っています。通常の重い交通負荷に耐えるだけでなく、この地域の橋は乾燥した暑い夏から長く寒い冬まで、気温と環境条件に耐えなければなりません。この間の凍結と融解の多い環境条件に耐える必要があります。このように変動の多い極端な環境は当然ながらコンクリートにとって過酷なもので、小さな亀裂が生じ、そこに水や除氷剤が浸入することになります。腐食しやすい鉄筋の橋の場合、それにより寿命が短くなり、早期の補修や交換を余儀なくされる可能性があります。こうした課題を踏まえ、MDOT はアプローチを変更し、橋の設計と建設のあらゆる側面、それも何十年も頼りにしてきた材料も含め、再評価を開始しました。目標は、わずかなメンテナンスで 100 年使える橋の建設です。

Chynoweth: About 2009, 2010, that's when we started the design of our first bridge using carbon fiber strands or carbon fiber tendons as primary load-carrying members.

Chynoweth: 2009 年から 2010 年にかけて、私たちは炭素繊維ストランドや炭素繊維テンドンを主な荷重支持部材として使用した最初の橋の設計を開始しました。

Narrator: Carbon fiber reinforced polymer, or CFRP, is strong, like steel, and can provide similar support to the bridge's structure. It can be manufactured into cables of varying thicknesses and added to the bridge where steel would traditionally be used. What it doesn't have, however, are steel's limitations.

Narrator: 炭素繊維強化ポリマー (CFRP) は、鉄のように強く、橋の構造体を同様に支えることが



## **TOKYO ROPE INTERNATIONAL INC.**

3-6-2,NIHONBASHI,CHUO-KU, TOKYO,103-8306,JAPAN.

Tel : +81-3-6366-7701, Fax: +81-3-3270-1776

できます。CFRP はさまざまな太さのケーブルに加工することができ、従来は鋼材が使用されていた場所に代替することができます。しかし、鋼材が持っている制約はありません。

Chynoweth: When we look at how bridges deteriorate, whenever you see concrete that has spalled, it's typically because moisture has gotten to the rebar, the rebar begins to corrode and expand volumetrically, which puts an outward force onto the concrete, which eventually causes the concrete to spall off. That is not a phenomenon that is experienced by carbon fiber. Carbon fiber is non-corrosive... So you have an element that's just as strong as steel and it doesn't corrode like steel. So that's how it actually behaves superior to steel in certain applications.

Chynoweth: 橋の劣化を見ると、あるいは、コンクリート剥離を見ると、水分が鉄筋に到達して鉄筋が腐食し、体積が膨張してコンクリートに外力が加わり、最終的にコンクリートが剥離するのが一般的です。炭素繊維ではそのような現象は起こりません。炭素繊維は腐食しません。鉄と同じ強度を持ちながら、鉄のように腐食することはないのです。ですから、あるアプリケーションでは、スチールよりも優れた働きをするのです。

Narrator: Michigan is recognized as a national leader in CFRP research. In fact, the first bridge in the country to be reinforced with CFRP was built in Michigan in 2001. But MDOT wanted to take the research further... to understand how CFRP would last long-term under extreme stress. Working closely with Lawrence Technological University in Michigan, MDOT commissioned a groundbreaking, four-year study on point-six-inch-diameter strands of CFRP.

Narrator: ミシガン州は CFRP の研究において全米のリーダーとして認められています。実際、2001年にCFRPで補強された国内初の橋がミシガン州に建設されました。しかし、MDOTはさらに研究を進め、極度のストレス下でCFRPがどのように長持ちするのかを理解したいと考えました。MDOTは、親密な関係にあるミシガン州のローレンス工科大学に対して、直径0.6 inchのCFRPストランドに関する、画期的な4年間の研究を委託したのです。

Chynoweth: We built beams and we tested them to failure. We tested them in an environmental chamber at extreme temperatures below zero. We tested them in a fire



**TOKYO ROPE INTERNATIONAL INC.**

3-6-2,NIHONBASHI,CHUO-KU, TOKYO,103-8306,JAPAN.  
Tel : +81-3-6366-7701, Fax: +81-3-3270-1776

chamber at extreme temperatures that would cause collapse.... So we really did all of the mechanical, structural and environmental testing on these point-six-inch diameter strands to show that we could substitute those for traditional steel strands in pre-stressed concrete beam bridges.

Chynoweth: 私たちは桁をつくり、それを破壊するテストを行いました。零度以下の極寒な環境室でのテストも行いました。火災室で、崩壊を引き起こすような極端な温度下でのテストも行いました。プレストレスト・コンクリートの橋梁において、従来のスチール製ストランドの代わりにこのストランドを使用できることを示すため、直径 0.6 inch のストランドの機械的・構造的及び環境上の試験をすべて実施したのです。

Narrator: The efforts paid off. Using the data collected, MDOT developed more detailed specifications that make designing with CFRP easier.

Narrator: その努力は報われました。収集したデータをもとに、MDOT は CFRP を使った設計をより容易にするため、より詳細な仕様を策定しました。

Chynoweth: So having that as a tool for our designers to use, if we wanted to do a quick comparison of – I could do this beam at this depth with carbon fiber or this beam at this depth with steel – that gives our designers a lot of options to select the safest and most economically feasible design.

Chynoweth: 従って、この深さの桁を CFRP で、あるいはこの深さの桁を鋼材で、と素早く比較したいときに設計者が使えるツールがあれば、最も安全かつ経済的に実現可能な設計をするための選択肢が広がります。

Narrator: The project even won a prestigious national award in 2020. Now, with more than 10 bridges already built in Michigan using CFRP components and an average of two more added each year, as well as six research projects on the subject, MDOT's role as a leader in this area of study has been solidified. Backed by other states interested in learning more, MDOT is continuing the research – testing thicker strands of CFRP using many of the same tests as before to develop all new specifications for new bridge designs.



## **TOKYO ROPE INTERNATIONAL INC.**

3-6-2,NIHONBASHI,CHUO-KU, TOKYO,103-8306,JAPAN.

Tel : +81-3-6366-7701, Fax: +81-3-3270-1776

Narrator: このプロジェクトは 2020 年に全米の権威ある賞を受賞しています。現在、ミシガン州では CFRP 部材を使った橋がすでに 10 本以上建設され、毎年平均 2 本が追加されているほか、このテーマに関する 6 つの研究プロジェクトもあり、この分野のリーダーとしての MDOT の役割は確固たるものになってきています。MDOT は、他の州の研究者たちにも支えられて研究を続けています。新しい橋の設計のために、これまでと同じように多くの試験を行って、より大径の CFRP のストランドをテストし、新しい仕様を開発しています。

Chynoweth: The point-seven-inch is a larger strand, which means we can put more force into it, and the ultimate objective is to have fewer strands in a beam. So if you needed a certain force that required 30 point-six-inch diameter strands, you would need anywhere from 23 to 25 point-seven-inch diameter strands. And when you're talking about beams that are 100 feet long and have that many strands, there's some significant cost savings that can be realized. We really feel that that will be a game changer because that is really a one-to-one replacement – the steel strand to carbon fiber strand.

Chynoweth: 0.7 inch はより大きなストランドです。つまり、より大きな力をかけることができます。最終的な目的は桁のストランドをより少なくすることです。ですから、もしある力が必要な場合、直径 0.6 inch のストランドで 30 本必要だとすると、直径 0.7 inch のストランドでは 23~25 本で済むことになります。例えば長さ 100 フィートで多くのストランドを必要とする桁を考えた場合、かなりのコストダウンが実現可能となるわけです。スチール製ストランドをカーボンファイバー製ストランドに 1 対 1 で置き換えることができるのですから、これは画期的なことだと思います。

Narrator: While CFRP outperforms steel in many ways, it costs more upfront. But, if using it means eliminating bridge repairs for 75 or even 100 years, MDOT says the initial expense will be worth it in the long run.

Narrator: CFRP は多くの点で鋼鉄よりも優れていますが、初期コストが高くなります。しかし、これを使うことで 75 年、100 年と橋の修理が不要になるのであれば、初期費用は長い目で見れば価値があると MDOT は述べています。

Chynoweth: To my generation, now, that is designing and building these things, we may not necessarily see the benefits – it'll be subsequent generations that don't have to deal with rehabbing and replacing these bridges until much later in their service life.



TOKYO ROPE INTERNATIONAL

**TOKYO ROPE INTERNATIONAL INC.**

3-6-2,NIHONBASHI,CHUO-KU, TOKYO,103-8306,JAPAN.

Tel : +81-3-6366-7701, Fax: +81-3-3270-1776

Chynoweth: 私の世代にとっては、今まさにこれらの橋を設計し建設しているところであり、必ずしもその恩恵に預かれる訳ではありません。しかし次の世代にとって、これらの橋のリハビリやリプレイスはサービスライフの後半まで不要なのです。

Narrator: For more information, please visit Michigan DOT's website.

Narrator: 詳しくは、ミシガン州運輸局のウェブサイトをご覧ください。