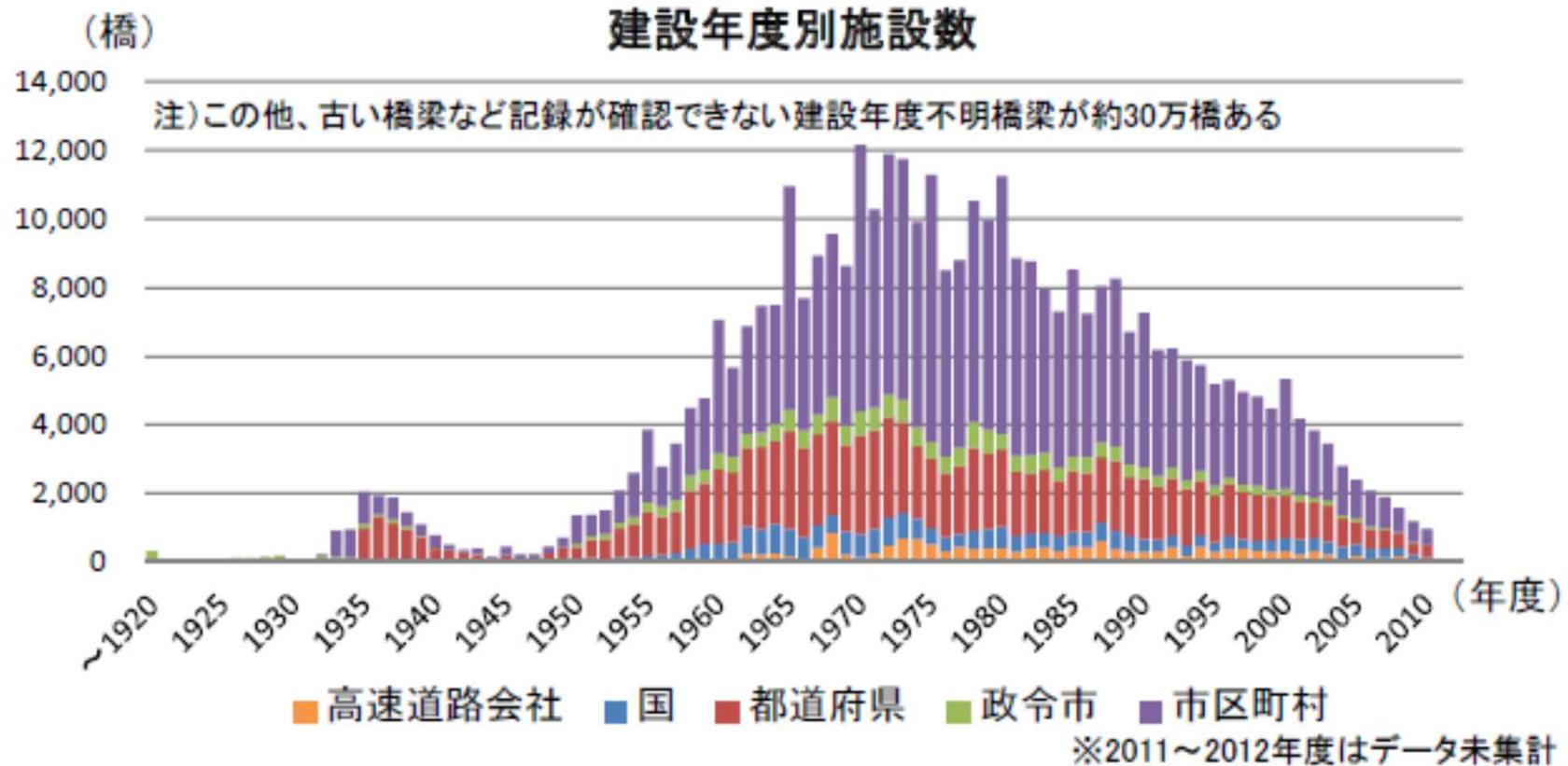


新都市社会技術融合創造研究会  
第13回新都市社会技術セミナー

# FRP製簡易展開式橋梁検査足場の開発 に関する研究

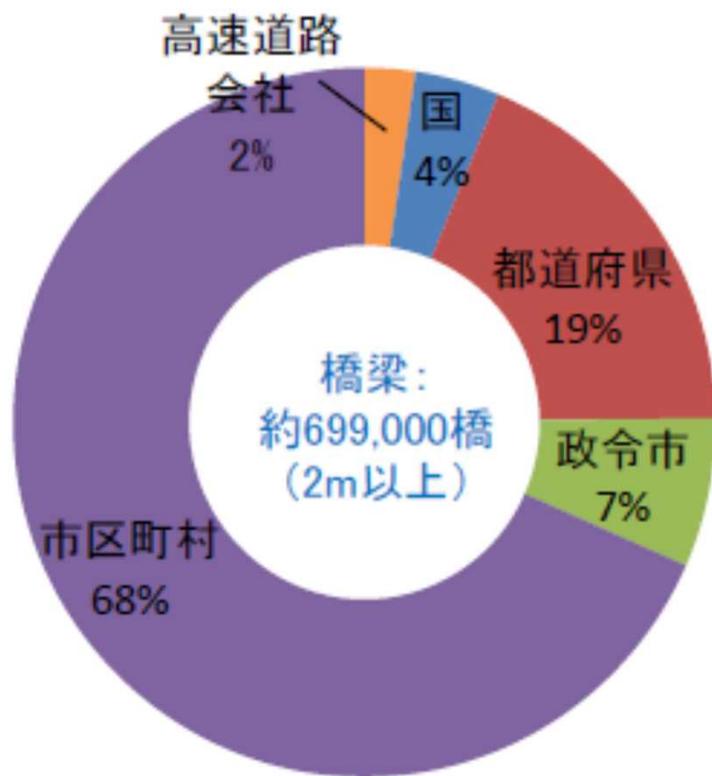
プロジェクトリーダー：杉浦邦征 京都大学大学院教授

# 研究背景 ～既存橋梁の老朽化～



- 老朽化橋梁の増加(平均年齢35年)  
→5年に1度の定期点検(近接目視による点検)の義務化

# 研究背景 ～地方自治体管理の橋梁数～



管理者別橋梁数



点検通路のない中小橋梁

- 70万橋のうち約61万橋（87%）が都道府県、市区町村が管理
- 点検通路のない多数の中小規模橋梁の点検効率化

# 研究背景 ～従来の近接目視点検の課題～

## 橋梁点検車を用いた点検



- 高額な機材レンタル費
- 交通規制の必要性
- 点検車両の不足
- Etc...

## 足場を用いた点検



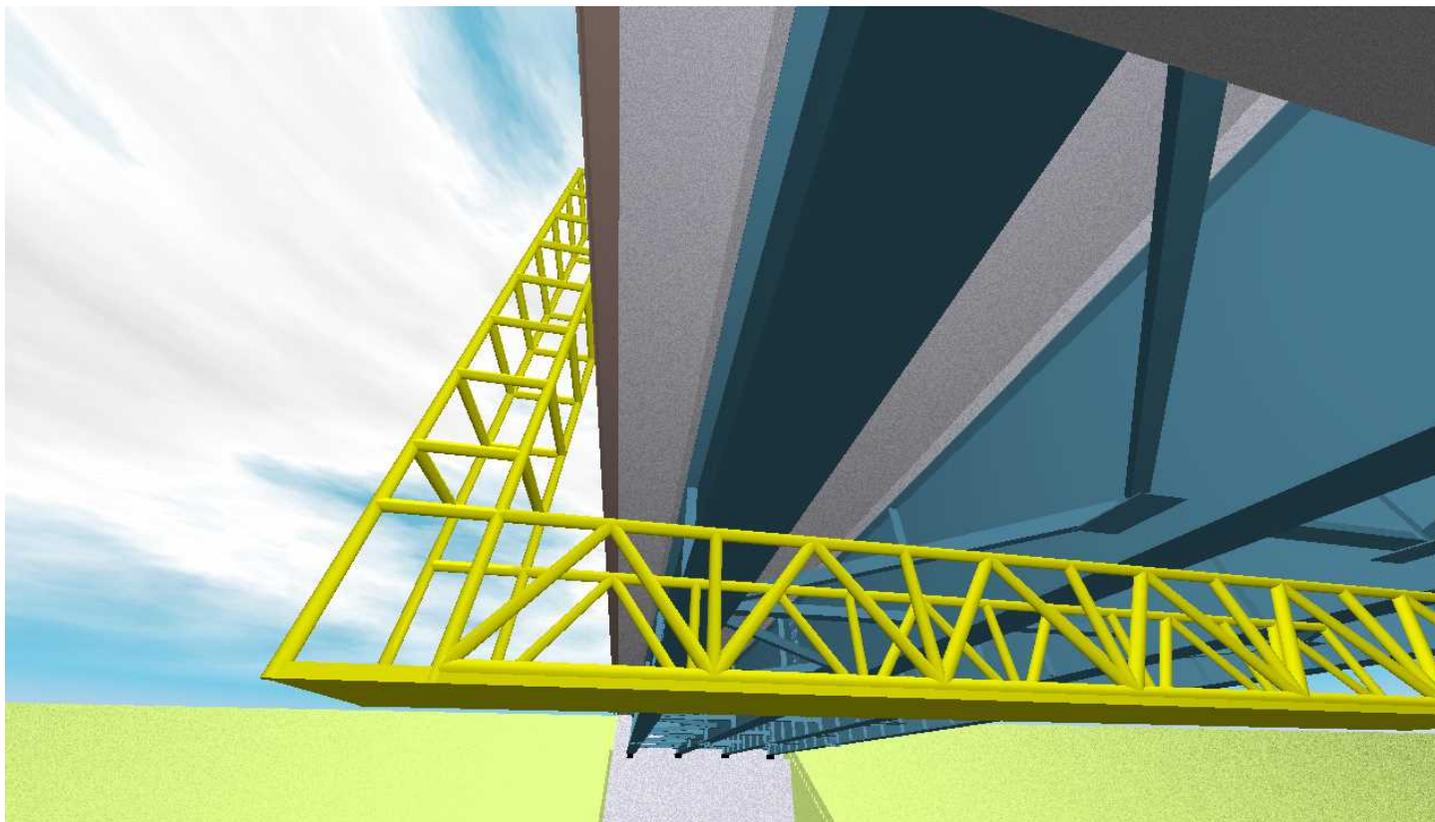
- 工期（足場架設+点検+足場解体）
- 足場架設費（5～10千円/m<sup>2</sup>）
- 高橋脚橋梁への対応
- Etc...

地方自治体における課題：

限られた予算、限られた人材で、多数の橋梁をいかに安全に、効率的に点検するか。

# 研究目的

---



**人力で設置・展開・移動が可能な、FRP製簡易展開式検査用足場を開発する。**

- 対象：地方自治体管理の中・小規模橋梁（スパン30m～50m程度）
- 小型トラック（4t車程度）で運搬可能な部材サイズ
- 4～5名程度の作業員（交通誘導員を含む）による点検
- 桁下で縦横に容易に展開・移動な構造

# 研究期間中の検討項目

## ・対象橋梁の選定と実態調査

市町村等の地方自治体が管理する常設検査足場のない中・小規模橋梁(スパン30m~50m程度)を中心に、桁高、桁間隔、地覆幅・高さ等の構造詳細を調査し、対象橋梁を選定する。

## ・FRP部材の力学特性の把握

安価なガラス繊維強化樹脂(GFRP)を対象とした材料試験を実施し、試設計に必要な材料の機械的性質を把握する。

## ・FRP製簡易展開式検査用足場の架設展開方法の検討および試設計

いくつかの構造形式および架設展開方法に対して数値解析による試設計を実施し、構造実現性および人力による架設の可否について検討する。

## ・FRP製簡易展開式検査用足場の試作および架設展開・移動実験

FRP製簡易展開式検査用足場を構成する足場パネルおよび主構造の試験体を試作し、実験室内での架設展開実験および載荷実験により力学挙動を確認するとともに、架設展開方法についての課題の洗い出しを行う。

## ・実橋梁を対象としたフィールド実験

実橋梁を対象として、試作したFRP製簡易展開式検査用足場の架設実験を行い、架設時間の検討、展開・移動性の検討、ならびに橋梁点検の可否を検討し、実用化に向けての課題の洗い出しを行う。

# 実施スケジュール

項目	平成26年度				平成27年度				平成28年度			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
対象橋梁の選定				●—●								
FRP材料特性の把握				●—●								
関連法令等の調査				●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●
FRP製足場パネルの 試設計				●—●	●—●	●—●	●—●				●—●	●—●
FRP製簡易展開式足場の 展開方法に関する検討				●—●	●—●	●—●	●—●				●—●	●—●
試作FRP製足場パネルの 載荷実験								●—●	●—●			
FRP製足場の接合構造に 関する検討								●—●	●—●		●—●	●—●
実験室内における試作足 場の架設・展開実験										●—●	●—●	
フィールド実験 研究成果取りまとめ												●—●

# これまでの検討内容

---

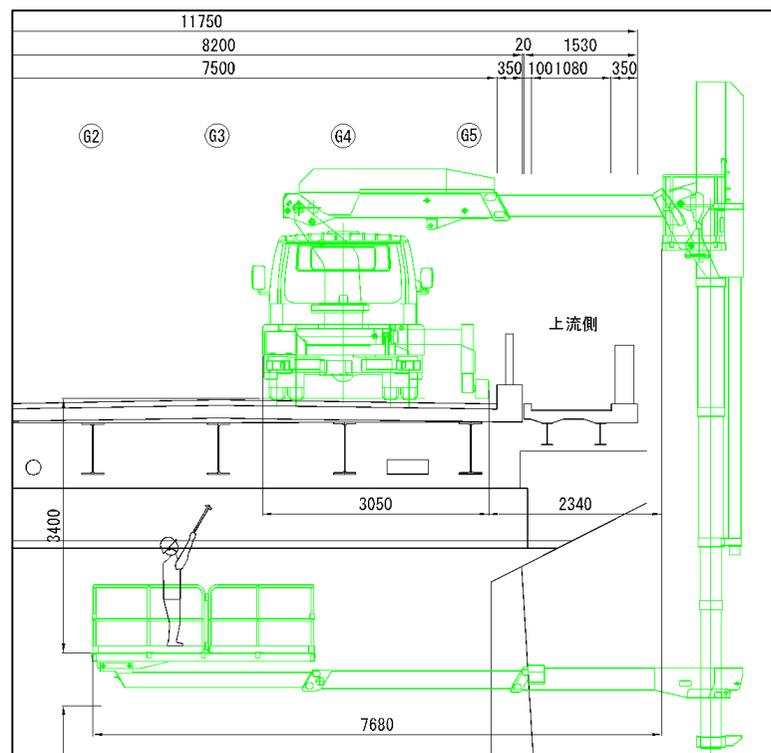
## 平成26年度

- 対象橋梁の選定（奈良県の鋼橋を例に）  
→スパン30～50m程度，幅員15m程度
- 既存技術の調査
- FRPの材料特性の把握
- FRP足場パネルの試設計（\*平成27年度も継続して検討）
- 関連法令等の調査（\*平成27年度も継続して調査）

## 平成27年度

- 既存技術の調査（\*平成26年度からの継続）
- FRP足場パネルの試設計， 載荷実験
- FRP足場主構造の検討

# 既存技術の調査 ～橋梁点検車～



- 桁下が高い（高橋脚の橋梁）場合でも、検査が可能。
- 桁下・桁横空間が狭隘な場合は適用困難。
- 交通規制が必要。
- 桁下空間内での自由な縦横展開・移動が困難。
- 機材レンタル費は約 ¥55,000 / 1日程度（交通規制費、オペレータ費用を除く）  
オペレータ込で、¥130,000 / 1日（BT-200）～¥470,000 / 1日（BT-400）

# FRP製簡易足場の開発の利点

---

## 従来足場の課題

高所での展開・移動が容易に行えるよう開発された足場でも、従来材料（鋼材またはアルミ）を使用したものがほとんどであり、重量物となる。

従来足場のほとんどは、架設・補修・補強工事を目的としたもの。

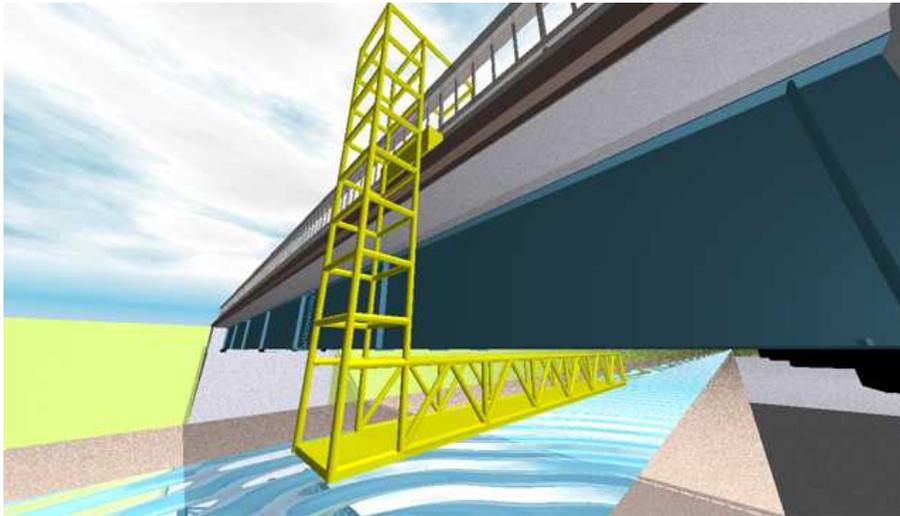
## FRPの特徴

- 従来材料と比べて**軽量**。  
（比重：1.4～2.0程度 cf. 鋼材，ステンレスの比重：7.85、アルミの比重：2.7）
- 腐食劣化がなく、従来材料より**高耐久**でメンテナンスフリー。  
（耐候性ゲルコートを使用した耐UV対応品もあり）
- ハンドレイアップ材の場合、**任意形状断面の部材成形が可能**。
- 繊維の種類により、**鋼材と同等程度以上の強度・剛性を保有**。



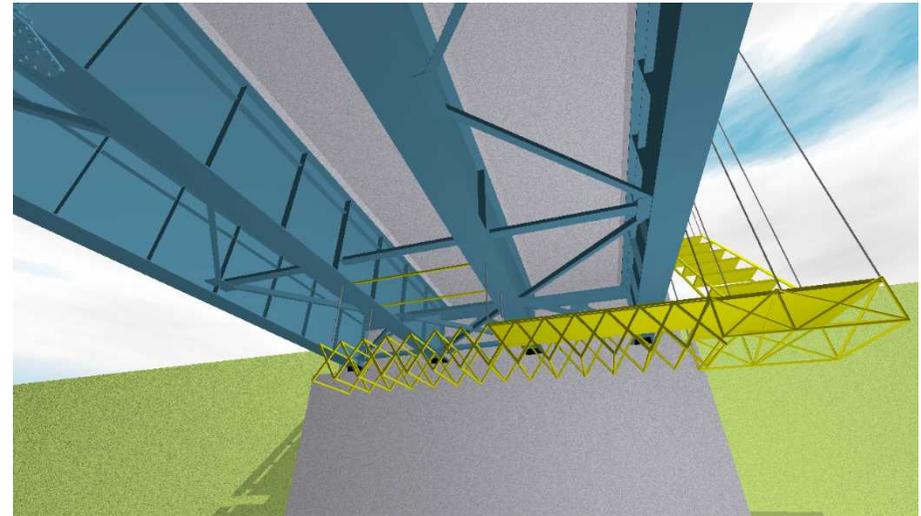
重機使用を最小限に抑えた**人力のみで架設可能な足場**の実現

# 簡易展開式橋梁検査足場のイメージ



**(案1) 移動(自走)式足場モデル  
(当初提案モデル)**

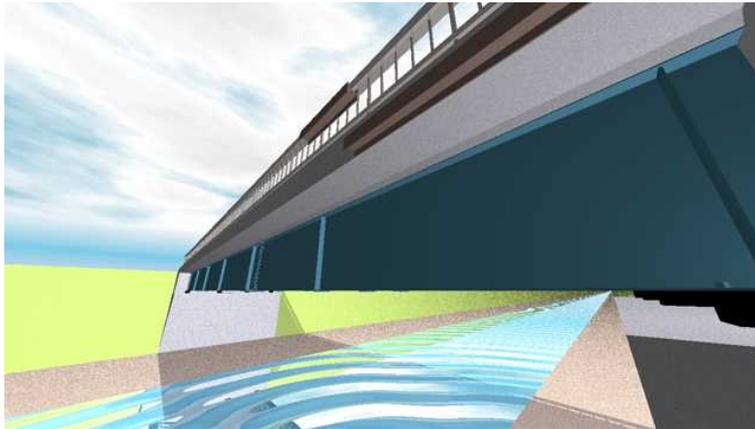
- ・ 足場ユニット(足場板と主構が一体)を桁下で連結して設置
- ・ 足場組み立て後、橋軸方向へ足場を移動させ点検箇所へアクセス



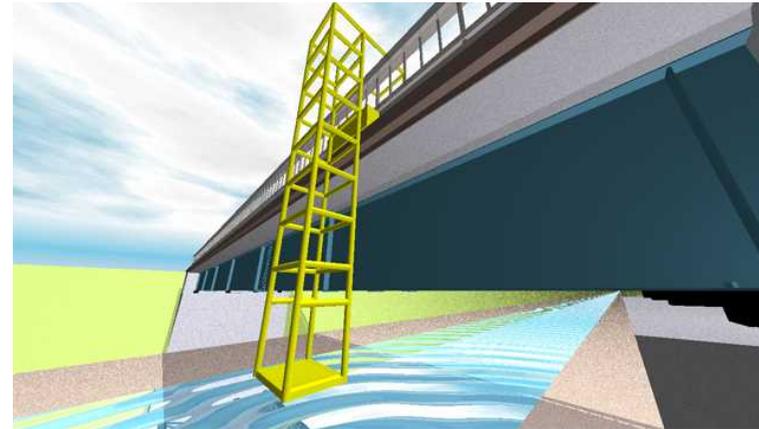
**(案2) 伸縮展開式足場モデル**

- ・ 伸縮可能な主構を展開後、足場板を設置
- ・ アクセスしたい箇所へ順次展開設置
- ・ 全面設置も可能

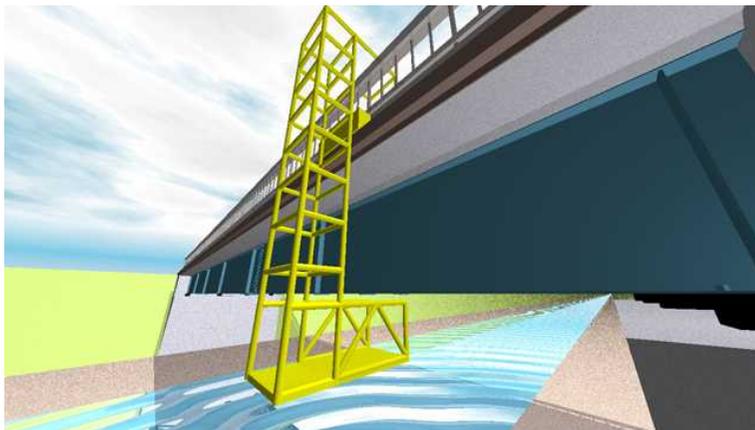
# 移動(自走)式足場の設置方法



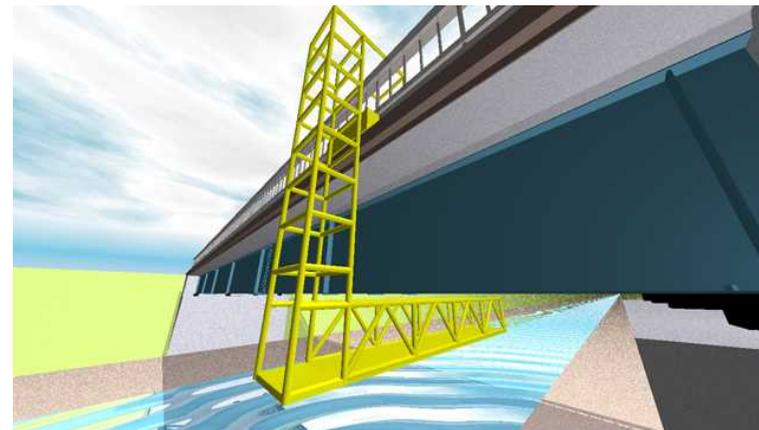
**Step 1 : ガイドレール設置**



**Step 2 : 昇降ユニット設置**



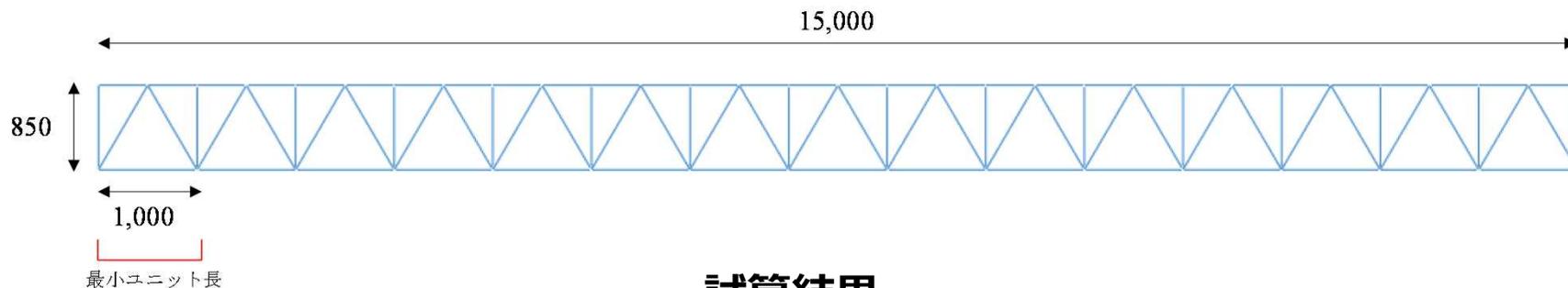
**Step 3 : 足場ユニット設置**



**Step 4 : 足場ユニット追加設置**  
**Step 5 : 橋軸方向へ移動**

# 移動式足場の構造実現性

- ・ 架設完了時（片持ち状態）での応力・たわみを検討
- ・ 自重（足場パネルは10kg/1枚と仮定）のみを考慮



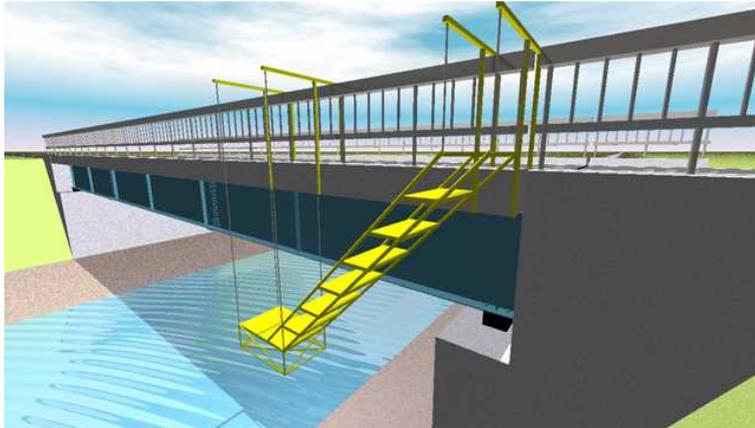
## 試算結果

断面積 (mm <sup>2</sup> )	最大応力 (MPa)	最大たわみ (mm)	総質量 (kg)	単位長さあたり質量 (kg/m)
250	64.59	283.3	223.2	14.88
500	38.62	169.5	296.4	19.76
600	34.30	150.5	325.6	21.71
605	34.12	149.7	327.1	21.81

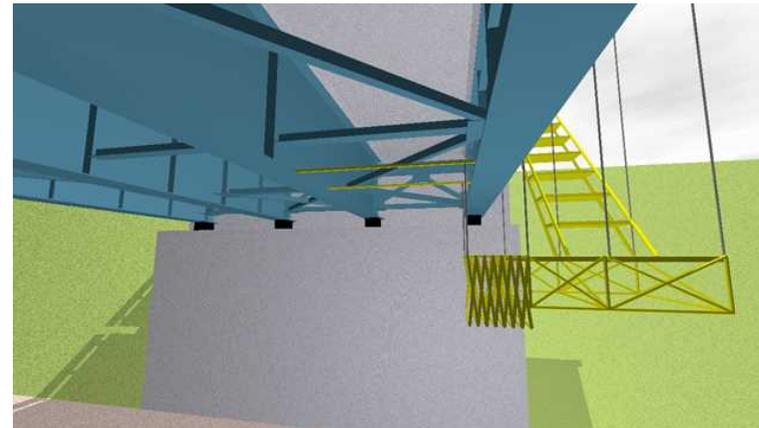
- ・ 最小ユニット長を 1 mとした場合, 21.8kg/ユニット
- ・ 総重量は, 327kg

➡ 人力のみでの移動が困難

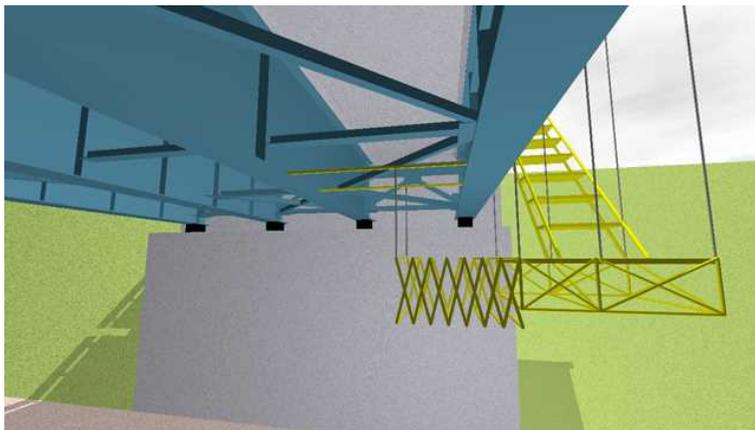
# 伸縮展開式足場の設置方法



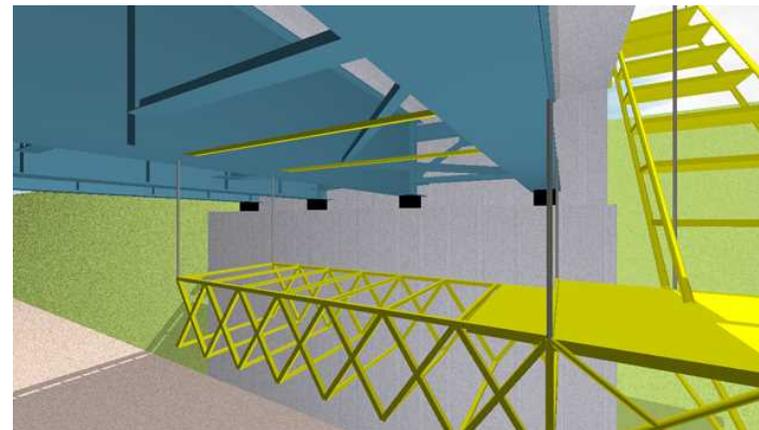
**Step 1 : 昇降階段・作業ステージ設置**



**Step 2 : 補助レール・主構ユニット設置**



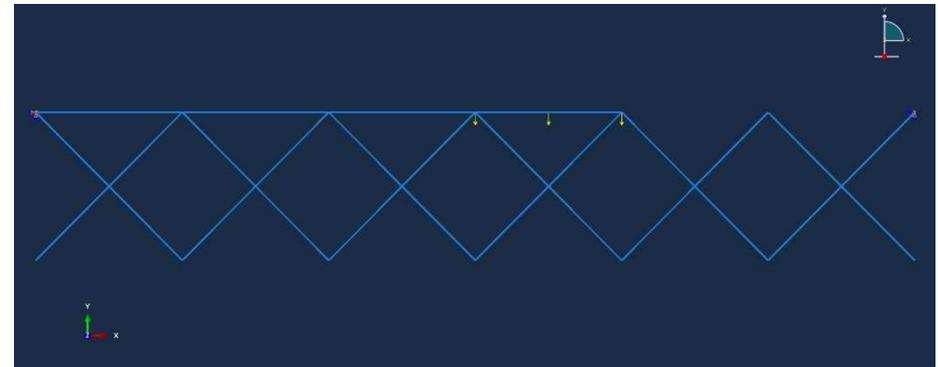
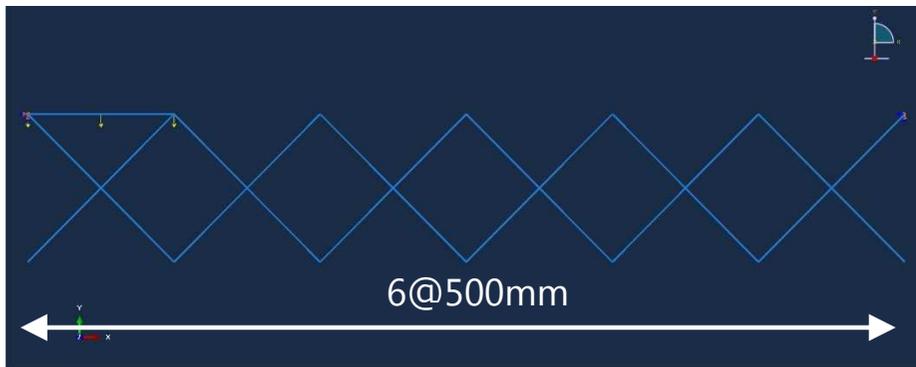
**Step 3 : 主構ユニット展開**



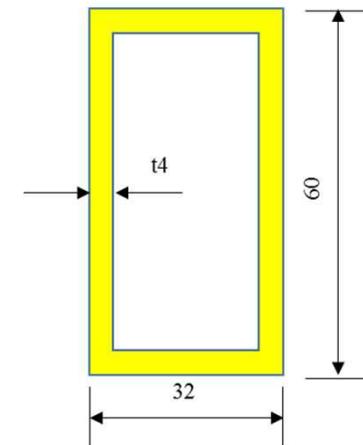
**Step 4 : 上弦材・足場パネル設置**

# 伸縮展開式足場の構造実現性

- ・ 足場板設置時の応力・たわみを検討（部材を逐次追加したステップ解析）

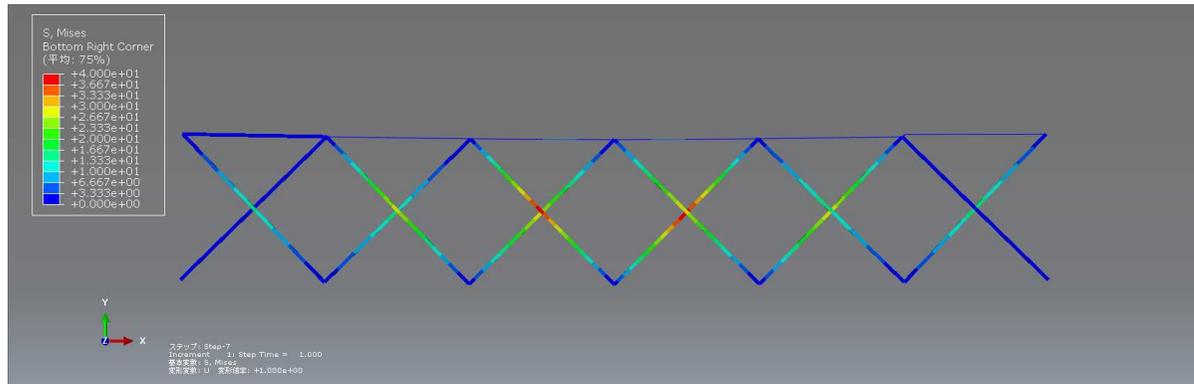


- ・ 自重（足場パネルは10kg/1枚と仮定） + 活荷重（作業員等）
- ・ 活荷重※は、作業員（700N） + 工具類（175N） + 衝撃（20%）  
※日本橋梁建設協会：足場工・防護工の施工計画の手引き（鋼橋架設工事用）を参照
- ・ 1主構あたり重量は、15.7kg.

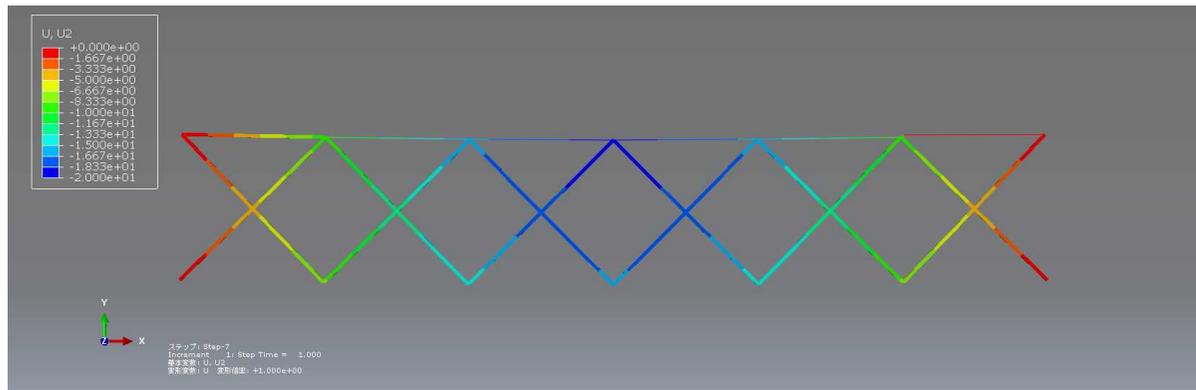


部材断面形状

# 伸縮展開式足場の構造実現性 (つづき)



最大応力発生時のvon Mises応力分布

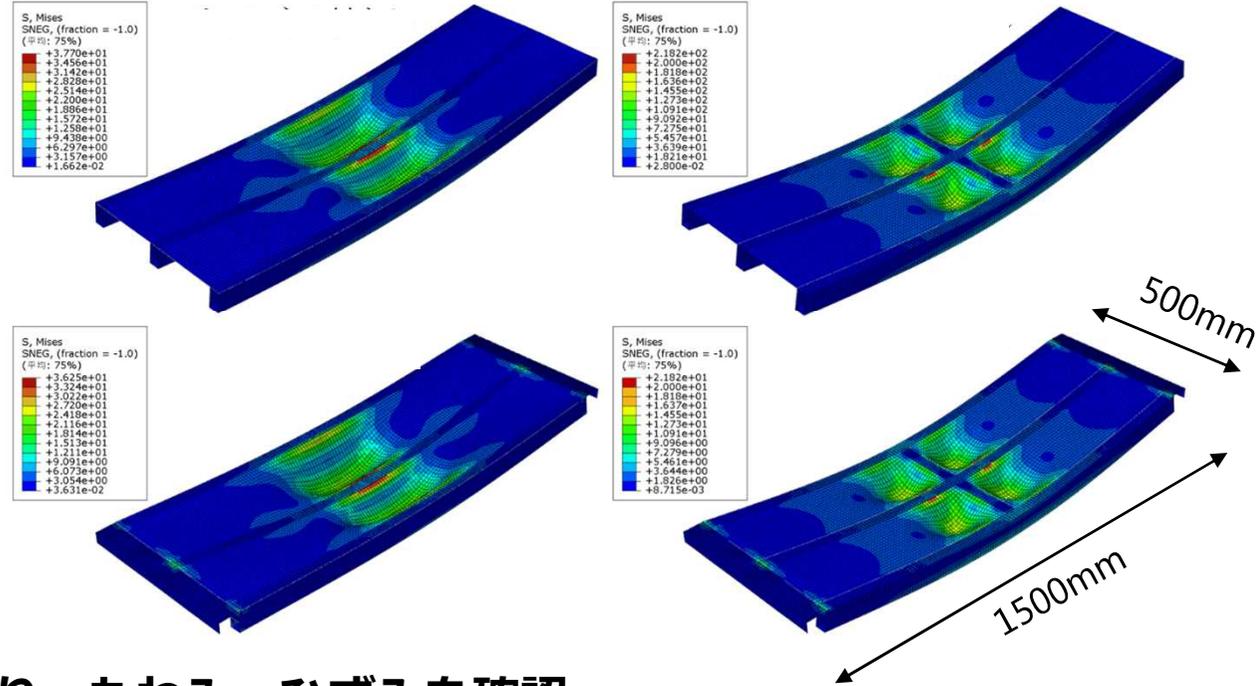


最大応力発生時の垂直変位分布

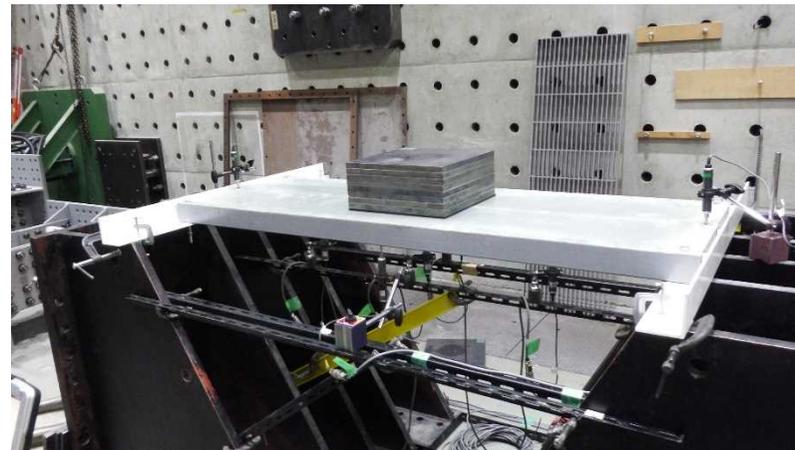
- 最大発生応力は, 39.44MPa程度 (破断応力235MPaの1/6程度)
- 最大たわみは, 19.1mm (許容たわみ (L/100) の64%程度)  
L: 対象橋梁の主桁間隔 (3m)
- 1主構あたり重量は, 15.7kg.

# 足場パネルの試設計・載荷実験

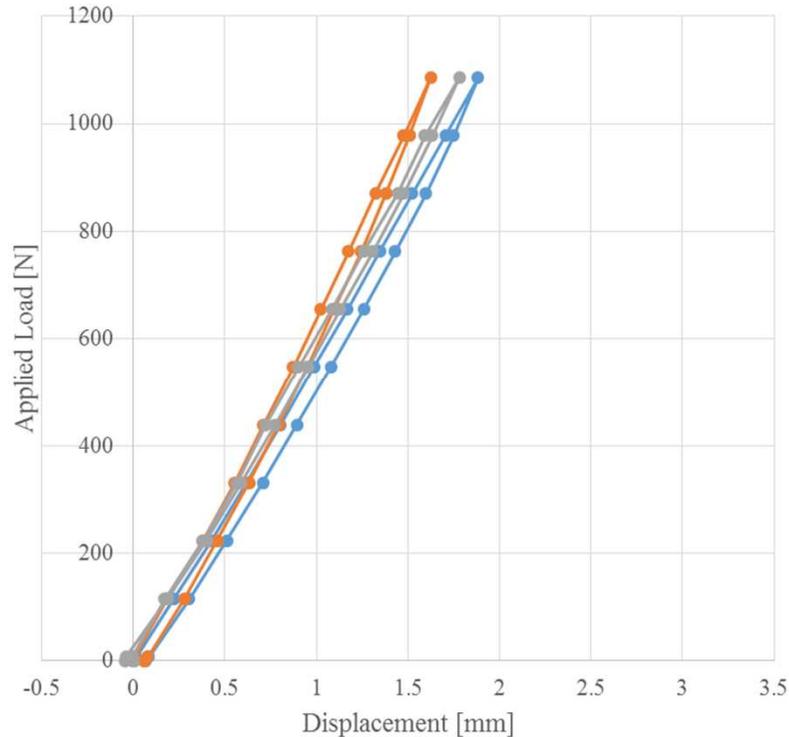
- ・ FEM解析により補剛材配置・部材寸法を検討



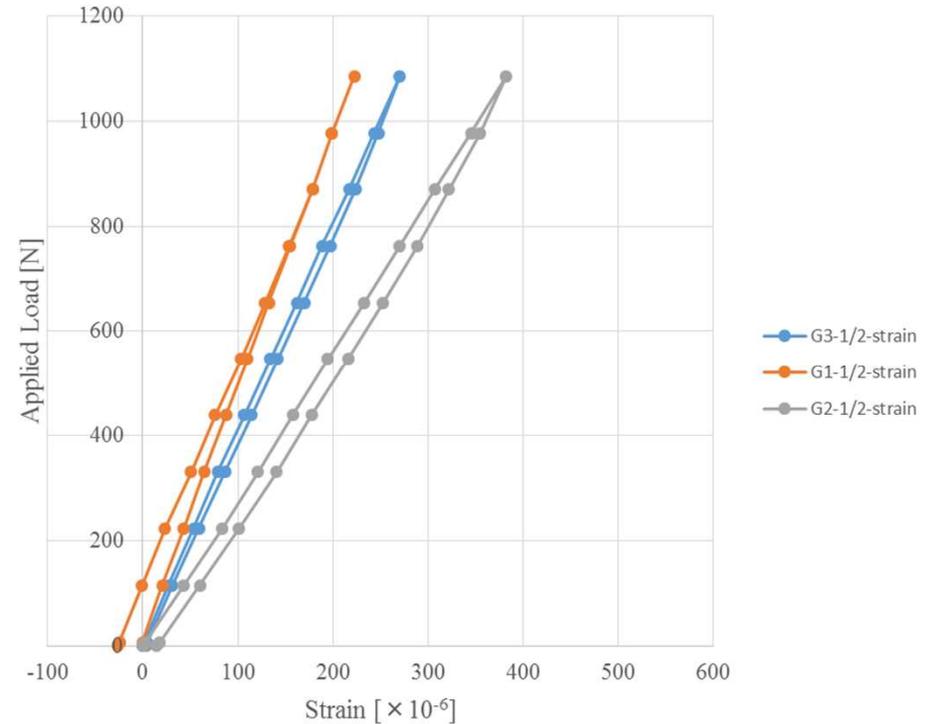
- ・ 載荷実験により、たわみ・ひずみを確認



# 足場パネルの荷重実験の例



荷重－たわみ関係



荷重－ひずみ関係

- ・ 最大ひずみは、 $400 \times 10^{-6}$  程度（破断ひずみ $15000 \times 10^{-6}$ の4%程度）
- ・ 最大たわみは、2mm（許容たわみ（ $L/100$ ）の13%程度）  
L：主構間隔（1.5m）
- ・ 1パネルあたり重量は、10kg未満。

# 平成27年度の成果

## ・FRP製簡易展開式検査用足場の架設展開方法の検討および試設計

- 当初提案した移動式足場の場合，部材断面を $605\text{mm}^2$ 以上とすることで作用応力度および発生たわみを許容値以下に抑えられることを確認した．一方で，総重量が $327\sim 382\text{kg}$ 程度となり，人力での移動が困難であることがわかった．
- 昨年度新たに提案した伸縮提案式足場の場合， $32\text{mm}\times 60\text{mm}\times 4\text{mm}$ 程度の角パイプを使用することで作用応力・発生たわみともに許容値より十分に小さくなることを確認した．また，1主構当りの重量は $15.7\text{kg}$ 程度であり，作業員1人でも運搬・設置が可能であることを確認した．

## ・FRP製足場パネルの試設計および載荷実験

- FEM解析により足場パネルの部材寸法，補剛材配置を検討した．
- 試作した足場パネルを用いた載荷実験では，作業員1人と工具類の重量を想定した $1,100\text{kN}$ 載荷時のたわみは $3\text{mm}$ 程度であることを確認した．また，最大ひずみは破断ひずみ ( $15,000\mu$ ) の4%程度であり，強度面・使用性の観点から特に問題ないことを確認した．

# 今後の予定

## ・FRP製簡易展開式検査用足場の試作および架設展開実験

- 昨年度新たに提案した伸縮提案式足場（主構）を試作し、実験室内での展開実験を実施し、展開・架設方法についての課題の洗い出しを行う。
- 伸縮提案式足場（主構）を対象とした載荷実験を実施し、必要に応じて部材寸法・構造詳細の見直しを行う。

## ・FRP製足場パネルの載荷実験

- 試作した足場パネルを用いた載荷実験（破壊実験）を通して耐荷力・破壊形態を確認し、安全性について更に詳細に検討する。

## ・フィールド実験

- 室内実験で安全性を確認した上で、実環境下における架設展開実験を実施し、実用化に向けた検証実験を実施する。

## ・関連法令等の調査

- 現場導入に向けて、関連法令の再確認および認証制度（一般社団法人 架設工業会による認証？）への申請方法・申請体制を更に調査する。