

背景・目的

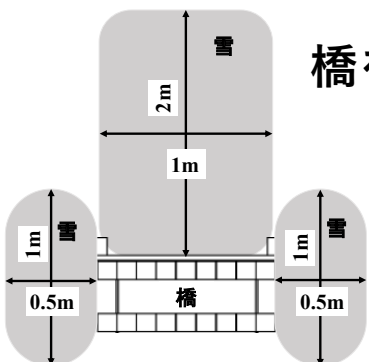
立川橋



立川橋（積雪時）



橋を覆うように積雪!!
4m相当!!



・各部材の劣化の確認

応力波速度測定器で**部材ヤング率**の測定→ヤング率の低下を確認!!

※応力波速度測定器=FAKOPP

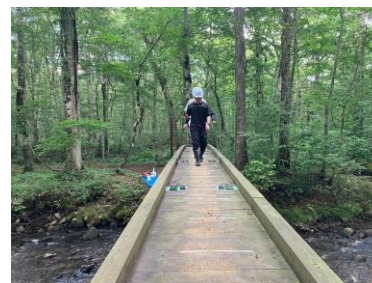


・振動試験による固有振動数の測定

- ・橋梁全体の剛性の低減を確認
- ・雪荷重による影響の確認



加速度センサ付きタブレット



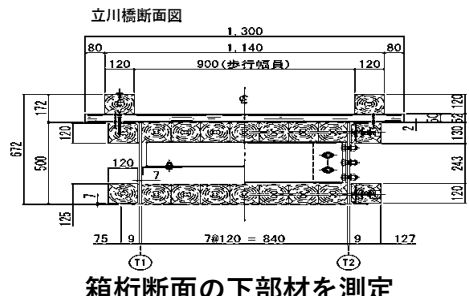
架設当初



現在



応力波速度測定器を用いた各部材のヤング率の測定



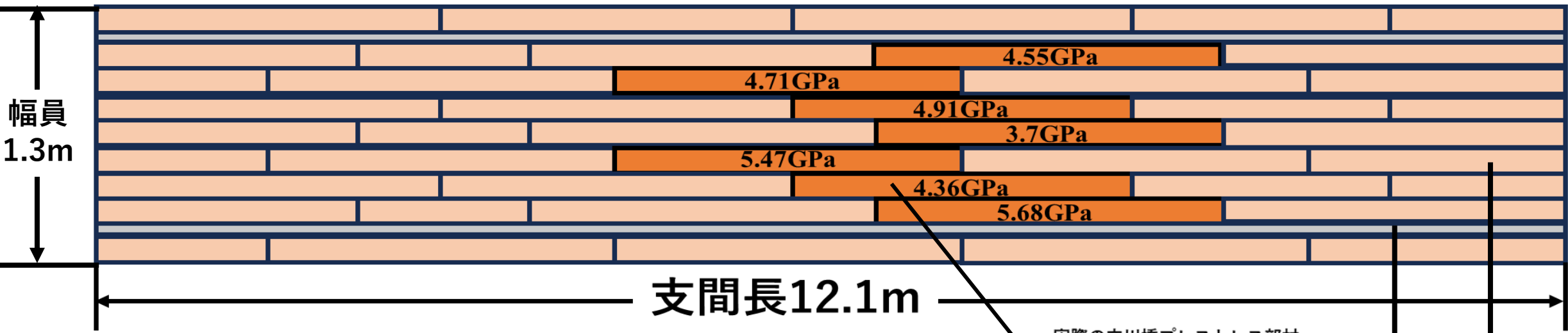
$$E = \rho v^2$$

(E:ヤング率 ρ:密度 v:応力伝播速度)

健全時のヤング率7.0GPa

測定値はどれくらい低下したか？

下部材 (平面図)



測定場所のヤング率平均は4.77GPa

健全時 7.0

測定値 4.77

$$\frac{7.0 - 4.77}{7.0} \times 100 = 32\% \text{程度ヤング率が減少}$$



鋼材

木材

振動試験による推定ヤング率の算出と実測値との比較

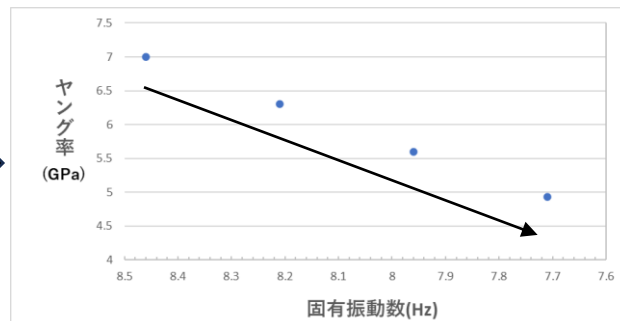
・振動試験と解析から算出

実測値



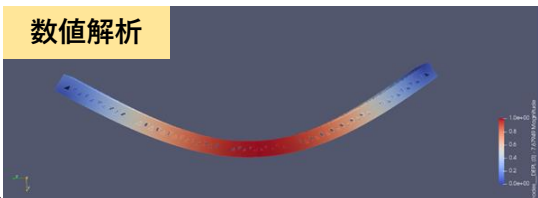
固有振動数の解析値を実測値に一致

ヤング率どれくらい低下?

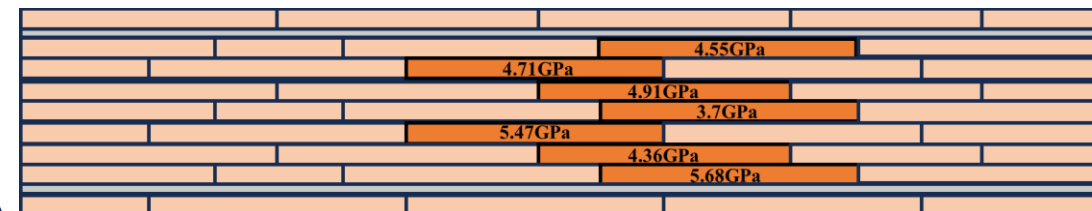


比較

数値解析

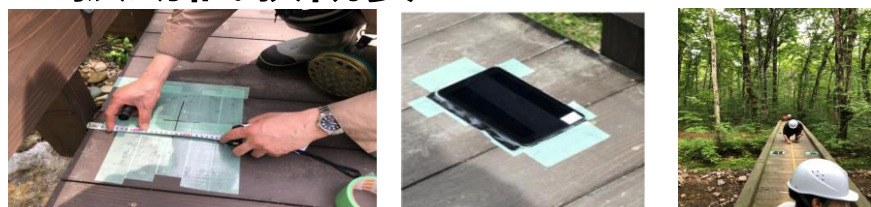


・応力波速度測定器から算出



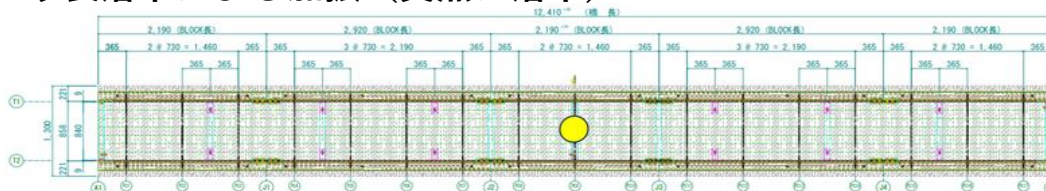
比較

< 振動試験概要 > * 岩崎2023を参考



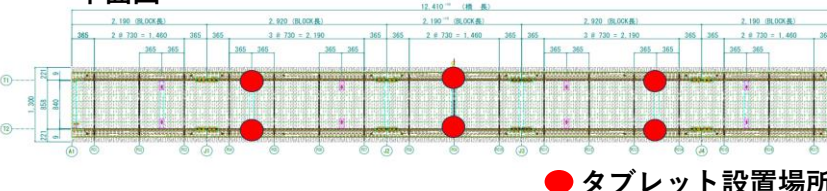
強力な粘着テープで橋にタブレットを固定

砂袋落下による加振 (黄点に落下)



設置

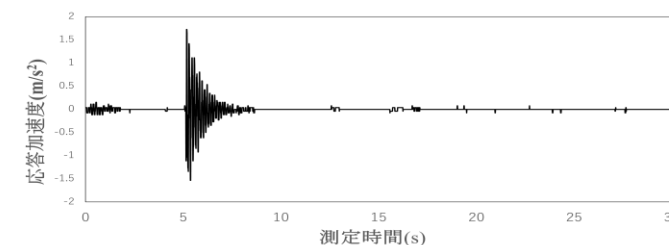
平面図



実験開始

● タブレット設置場所

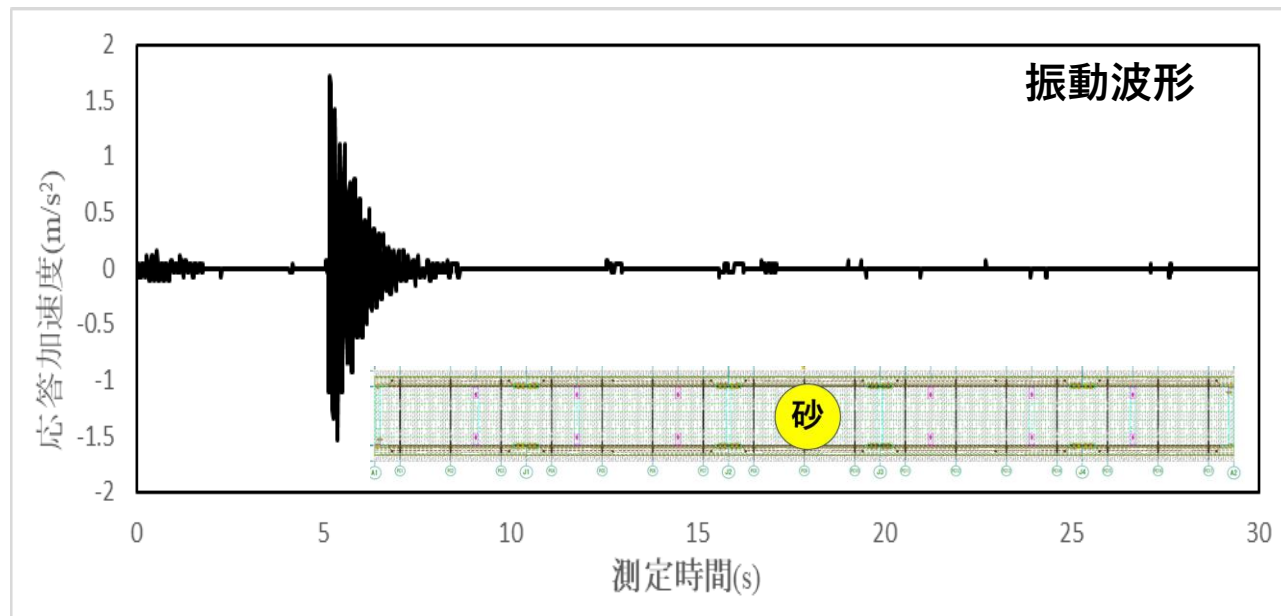
測定、FFT処理



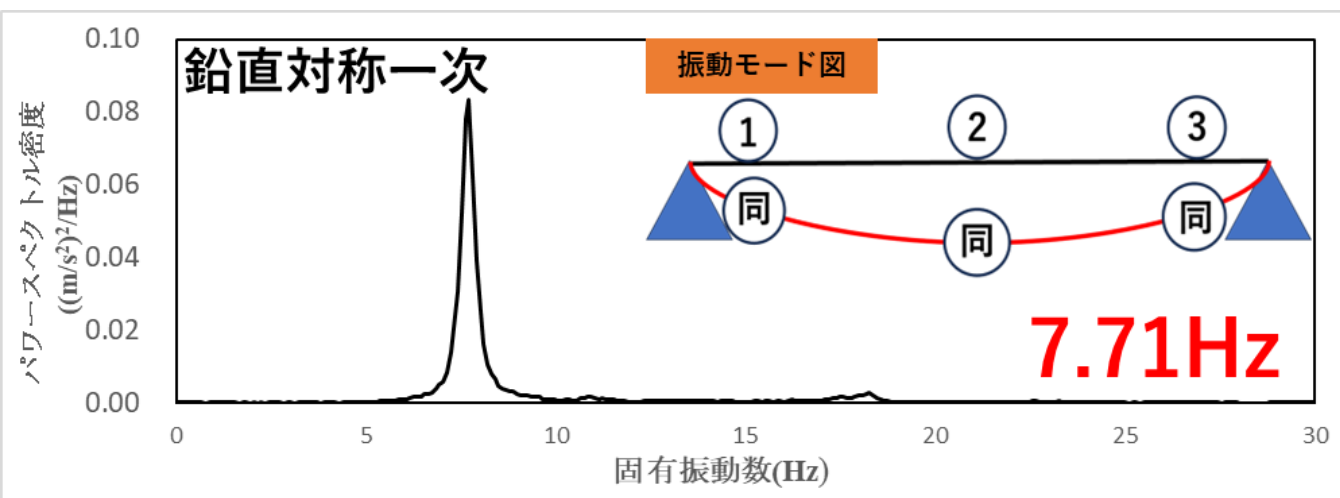
・砂袋試験



測定



FFT



比較

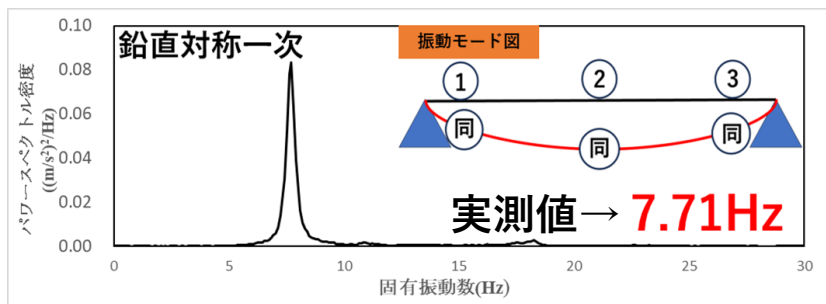
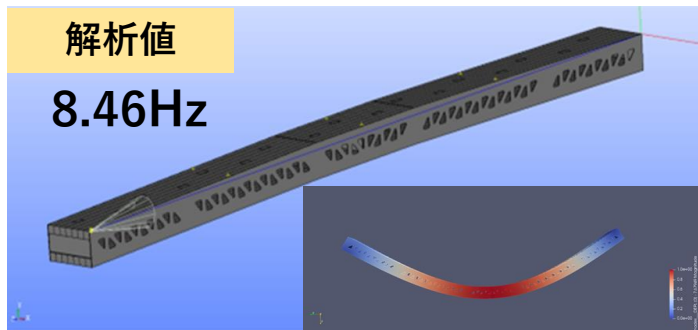


橋の固有振動数は測定できた

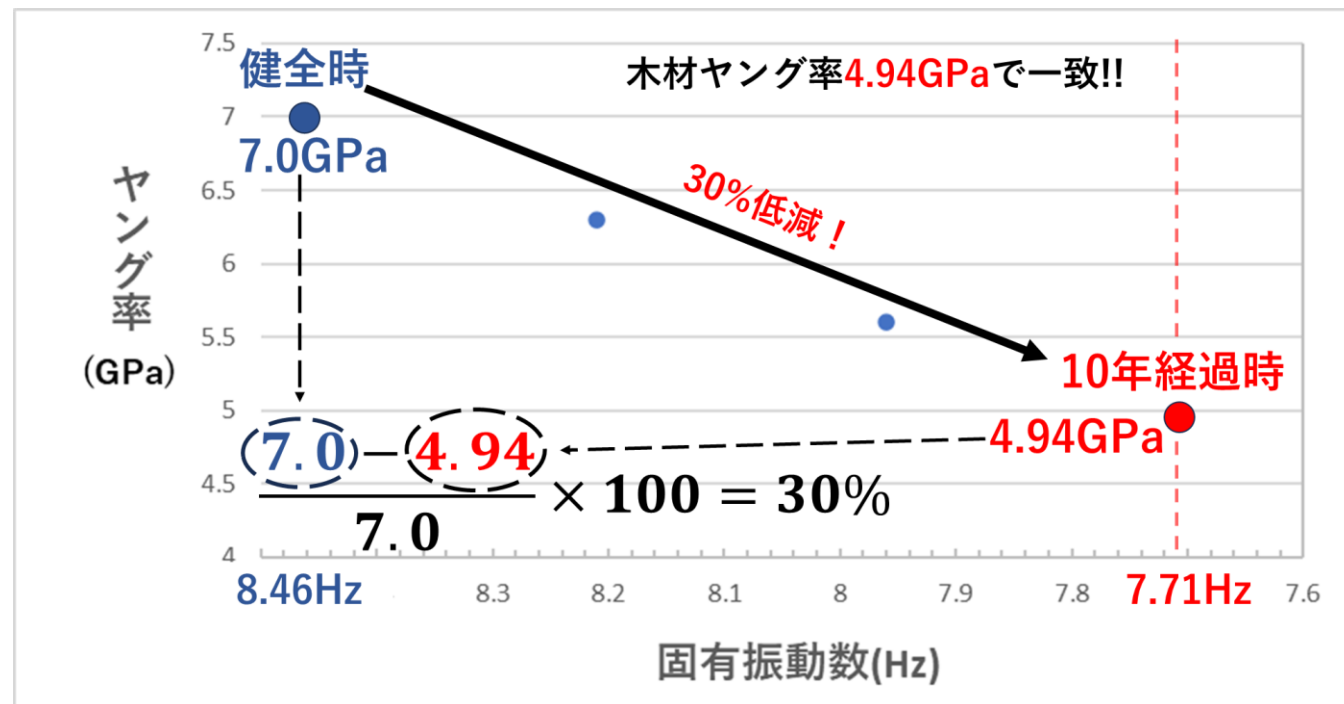
↓
みなし健全時からどれくらい劣化させると
実測値に一致するかを検討する

橋梁全体のヤング率の推定

架設当初の橋を解析モデルで再現→木材のヤング率を一律に減少(劣化)させていって固有振動数を実測値に一致させる



振動数を一致

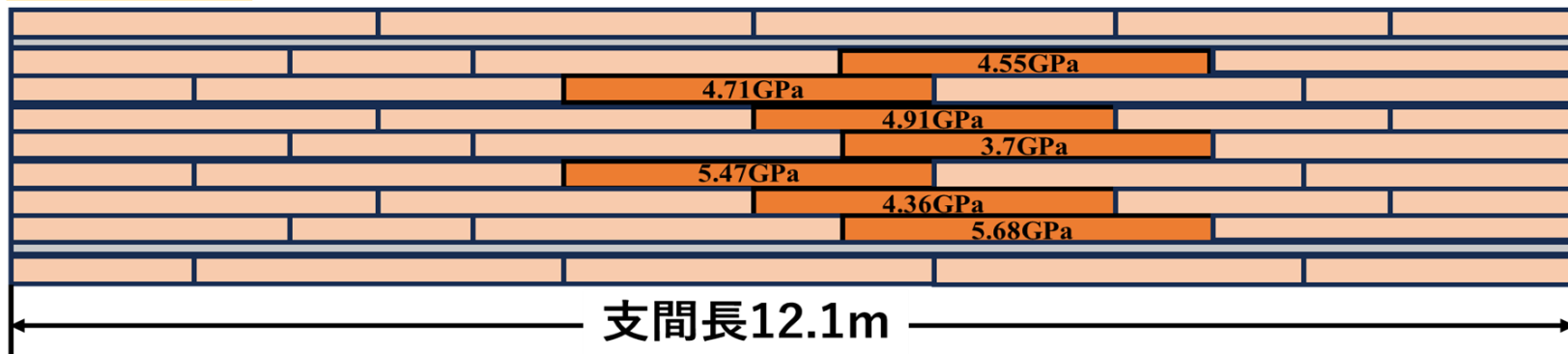


部材単体での測定の場合・・・

下部材 (平面図)

→測定箇所

測定場所のヤング率平均は4.77GPa



各部材ヤング率平均

→4.77GPa

↑ヤング率ほぼ一致!

固有振動数からのヤング率推定

→4.94GPa

→振動試験から部材の腐朽が予測できる可能性有り!!

積雪による局部座屈の検討

立川橋（積雪時）

3m相当の積雪

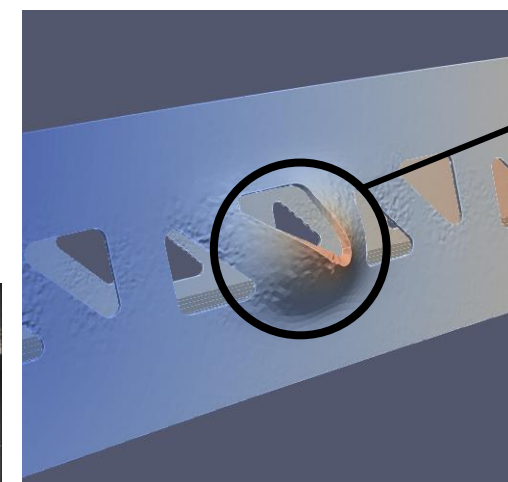
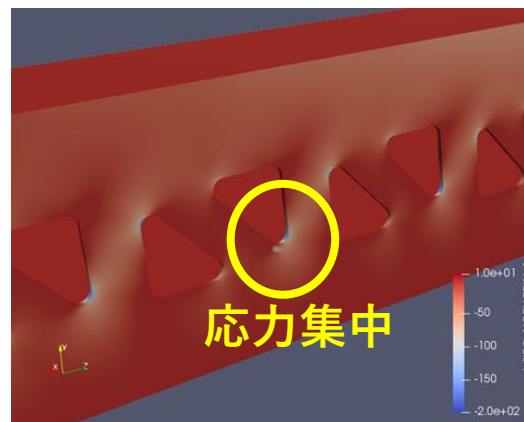
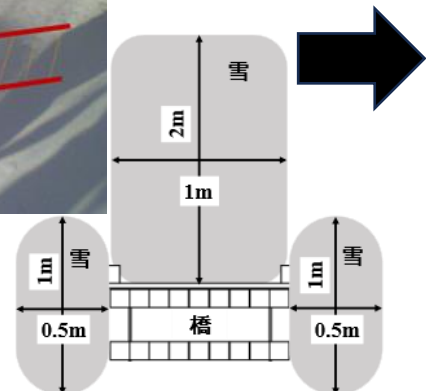
木橋

豪雪によるすごい荷重

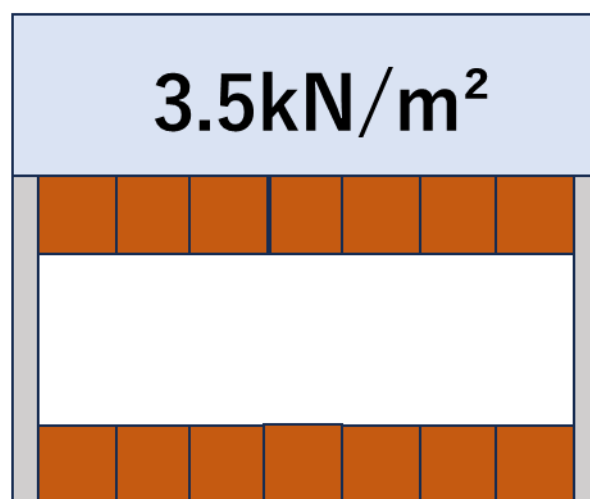
+

木材ヤング率低下

→ 橋は大丈夫？

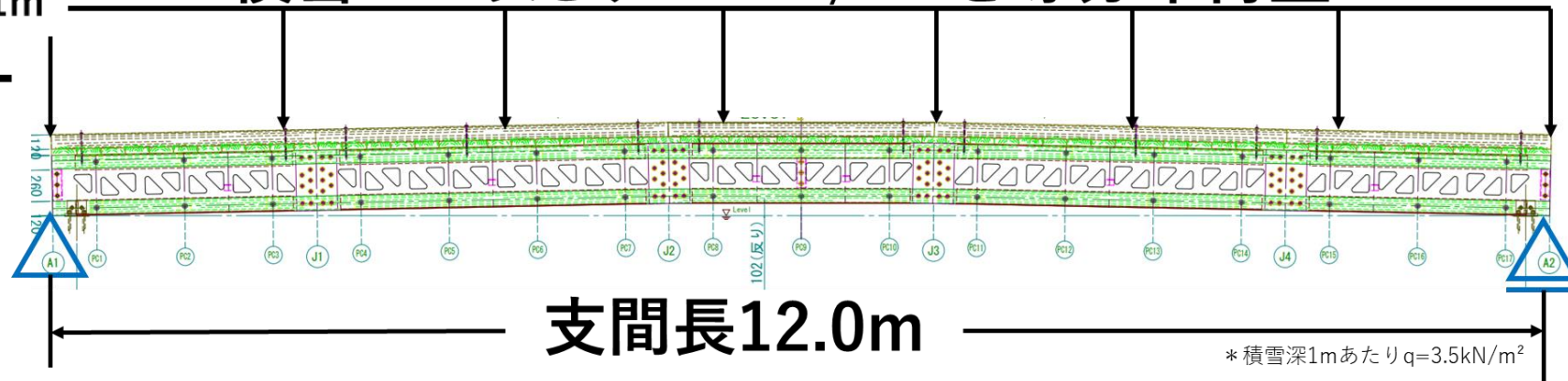


局部座屈



積雪1m

積雪1mあたり3.5kN/m²を等分布荷重



支間長12.0m

* 積雪深1mあたり $q=3.5\text{kN/m}^2$

架設当初のモデルと一律にヤング率を減少させた腐朽時のモデルで検討

・ 架設当初

部材	ヤング率(GPa)	密度(g/cm ³)
健全時プレストレス材 (スギ)	7.0GPa	0.38g/cm ³
トラス鋼材	206GPa	7.8g/cm ³

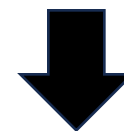


227kNの荷重→積雪6mで座屈



・ 現在

部材	ヤング率(GPa)	密度(g/cm ³)
腐朽時プレストレス材 (スギ)	4.94GPa	0.38g/cm ³
トラス鋼材	206GPa	7.8g/cm ³



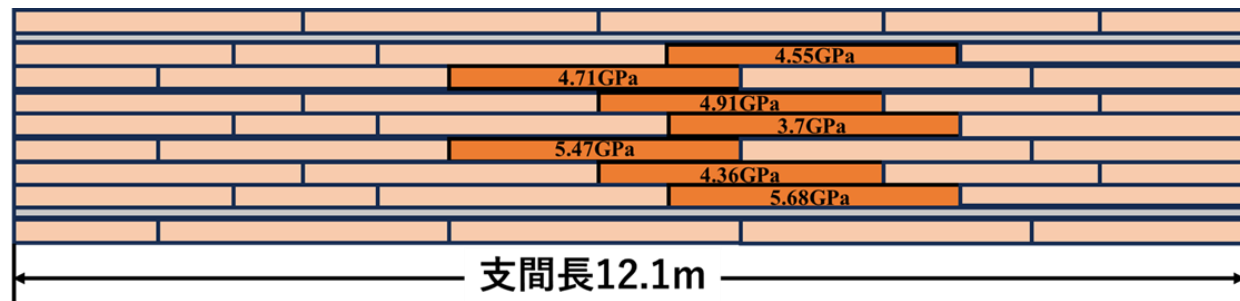
185kNの荷重→積雪5mで座屈



ただ座屈するときの積雪は現実的には起こりえないものなので現状問題ないといえる

・各部材の劣化の確認

応力波速度測定器で**部材ヤング率**の測定 → ヤング率の低下を確認！！

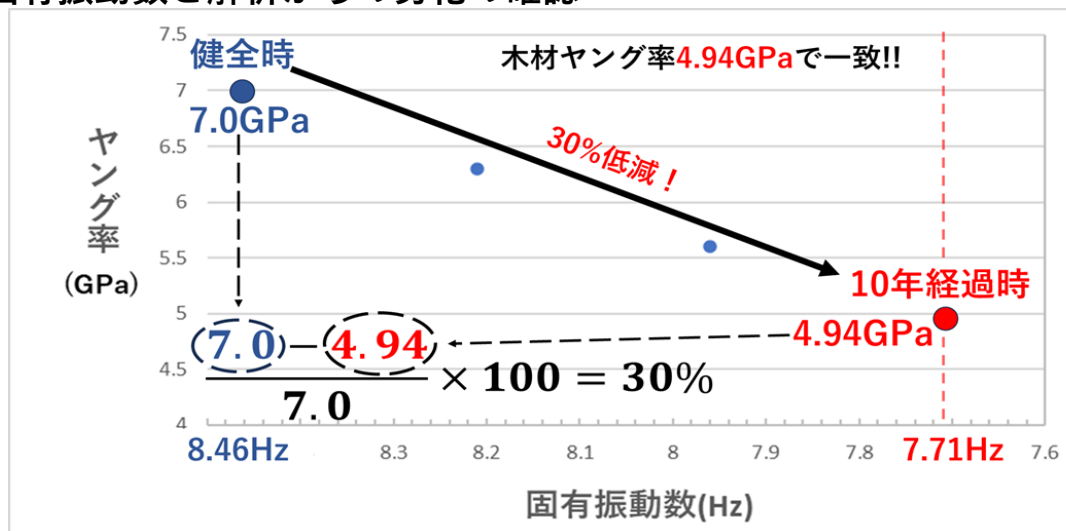


測定場所のヤング率平均は**4.77GPa**

$$\frac{7.0 - 4.77}{7.0} \times 100 = 32\% \text{程度ヤング率が減少}$$

↑↓ ヤング率ほぼ一致！

・固有振動数と解析からの劣化の確認



・雪荷重による影響



積雪による座屈は問題ない

今後の課題

- ・橋の端部部材を測定し得られた値と、振動試験から得られた値の比較
- ・振動試験からの部材劣化の予測
- ・立川橋の継続的な調査

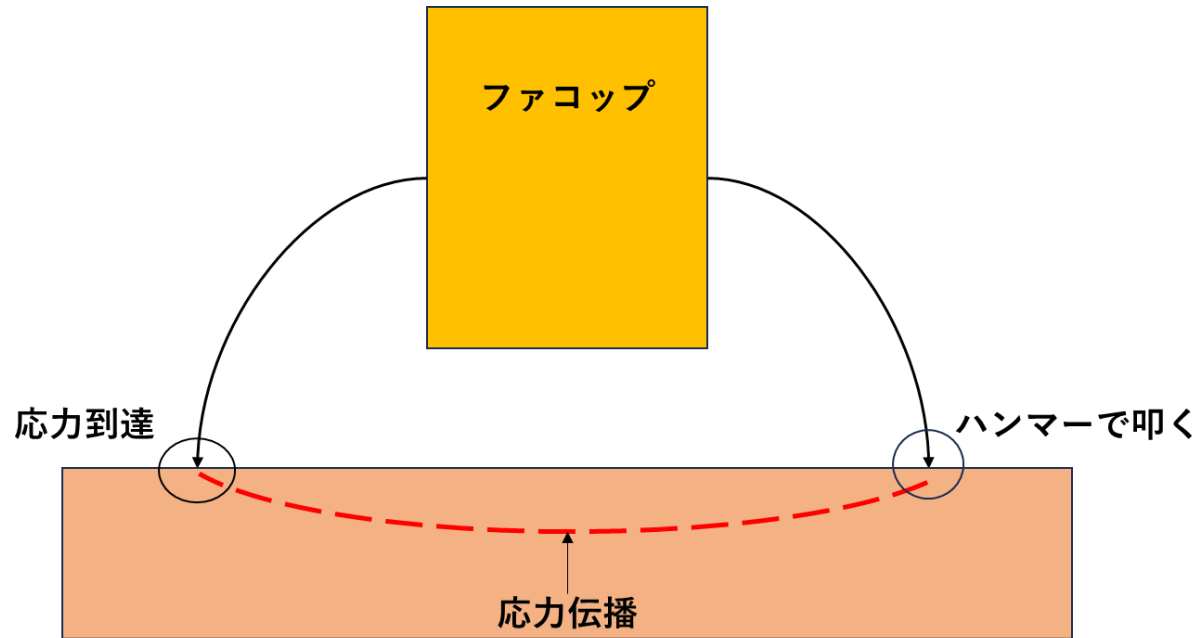
補足資料

応力波速度測定器(FAKOPP)ってどういう原理???

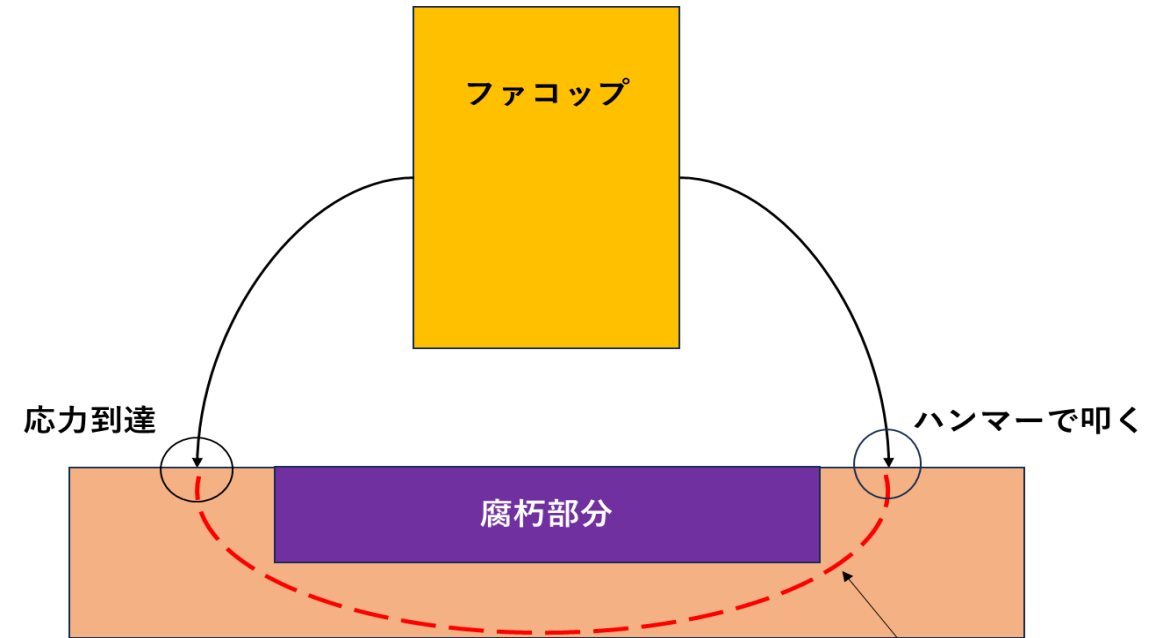
応力波速度測定器(FAKOPP)で**応力伝播速度**の測定



部材の**劣化・腐朽**の確認



基準の場合



腐朽している場合

伝播時間が長い

$$E = \rho v^2$$

(E:ヤング率 ρ :密度 v :応力伝播速度)

これで v を測定する

Salomeモデルによる劣化の再現

fakoppで得られた伝播時間からヤング率を計算して解析モデルに適用

$$v = \frac{\ell}{t}$$

(v:応力伝播速度km/s、 ℓ :端子間の距離km、t:応力伝播時間s)



$$E = \rho v^2 \times 10^{-3}$$

(E:ヤング率GPa ρ :密度kg/m³ v:応力伝播速度km/s)

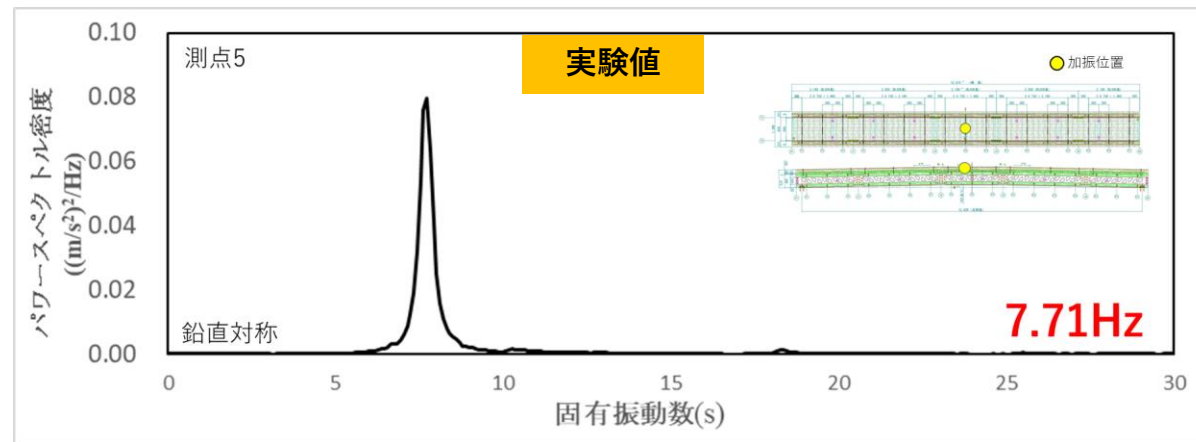
			253	264	
		320			
			278		
			292	295	
		284			
			289		
			259	258	



			5.47GPa		
		3.70GPa			
			4.91GPa		
			4.36GPa		
		4.71GPa			
			4.55GPa		
			5.72GPa		

真ん中の部材のヤング率を一本のヤング率として解析モデルに適用した。

Salomeモデルによる劣化の再現



$$\frac{7.71 - 7.68}{7.68} \times 100 = 0.39\%$$



相対誤差0.39%程度に収まった



非常に精度よく劣化を再現できた

Fakoppからヤング率を計算して解析モデルに適用すれば
腐朽状態の橋を再現できる可能性あり



解析で橋全体の劣化診断や将来的な劣化予測ができるかもしれない