

# コンクリート橋の維持管理のための 3D モデリングと実計測の活用

長崎大学大学院 学生員 ○河村 太紀

長崎県土木部 田崎 智

(株) PAL 構造 非会員 西行 健

(株) 計測リサーチコンサルタント 正会員 木本 啓介

長崎大学工学研究科 正会員 西川貴文・森田千尋・松田浩

## 1. 序論

近年、高度経済成長期に建設された橋梁高齢化やインフラ構造物の老朽化や維持管理不足が全国各地の橋梁で発生しており、効率的で的確な維持管理が必要とされている。特に地方公共団体管理の中小橋梁には、設計図書もなく、架設年すら不明の橋梁も多数存在する。

現在の近接目視による点検では、損傷や腐食の状況はわかるが、リスクや安全性を評価は簡単ではない。橋梁のリスクや安全性を評価し、適切に維持管理するためには、図1に示すように、構造解析モデルを構築し、それにより構造解析を実施し、その結果を、実構造のたわみや振動計測と比較し橋梁の構造特性を同定することが必要となる。

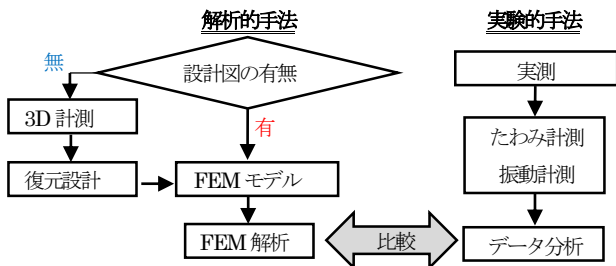


図1 構造同定

本研究では、3D レーザスキャナを用い、3D 構造モデルを作成し、構造解析を実施し、その結果を実計測データと比較し、簡便な方法で橋梁の安全性やリスクを評価できる手法を提示するとともに、その有用性について検討する。

## 2. 橋梁概要

対象橋梁は、道路拡幅工事に伴い撤去される、長崎県諫早市富川町に架かる 2 径間単純ポステン T 桁橋の蒲生田橋の 1 径間である。3D 計測の様子を写真1、3D 計測により得られた蒲生田橋の点群データを図2に示す。



写真1 3D 計測の様子

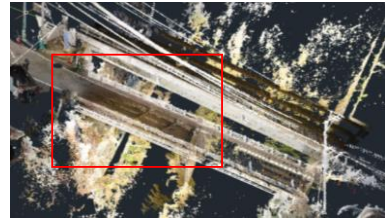


図2 蒲生田橋点群データ

## 3. 解析モデル

まず、各主桁1本を梁要素に置換し骨組解析モデルを作成する。それにより、斜角の影響を考慮することができ、且つねじれモードを正しく再現することが可能になる。このモデルをモデルA(図3)とし、両端の支持条件、地覆、アスファルト厚等の影響を考慮して解析を実施した。点検調査結果、コンクリート主桁にはひび割れが発生しておらず、要素は全断面有効の弾性梁要素とした。

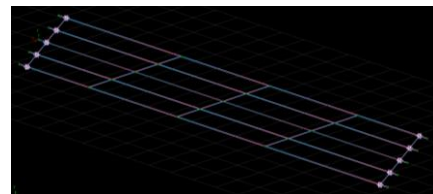


図3 解析モデル(モデルA)

さらに、簡易モデルAの解析モデルの精度と信頼性を検討する目的でソリッドモデルによる解析を実施した。ソリッド解析には8節点アイソパラメトリック要素を用いてモデル化を行った(モデルB)。ソリッド解析においては、モデルAの骨組解析モデルに比べて、解析モデル作成に時間がかかること、解析時間が長いこと、さらには、メッシュ分割サイズに解析結果が左右される。したがって、膨大な数のコンクリート橋の構造性能を評価するために、できる限り簡易モデルAでの解析で済ませたいというねらいがある。これを図4に示す。



図4 解析モデル(モデルB)

キーワード 構造同定, 3D 計測, FEM 解析, 固有振動数, たわみ

連絡先 〒852-8521 長崎県長崎市文教町1-14 長崎大学院工学研究科松田研究室

両モデルのコンクリートのヤング係数は  $2.8 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ 、単位体積重量  $24.5 \text{ kN/m}^3$ 、ポアソン比  $0.15$  とする。なお、モデル A の支持条件を単純支持（ピン支持とローラー支持）にしたものをモデル A'、モデル B を単純支持にしたものをモデル B' とする。

4. 計測及び固有値推定概要

固有振動数及び振動モードの推定については、ワイヤレス速度計とレーザドップラ速度計（以下：LDV）で応答速度を計測し、得られた速度波形に対し FFT 解析を行い、卓越周波数から固有振動数を算出する。なお、計測はサンプリング周波数  $500\text{Hz}$  で橋梁中央付近を強制加振下で行う。たわみの計測については、デジタル画像相関法(DICM)により行う。計測方法としてはターゲットを配置し、荷重載荷前後のターゲットの位置関係からたわみを計測する。これらの様子を写真2に示す。



写真2 計測の様子  
(左：LDV 振動計測 右：たわみ計測)

5. 固有値解析結果及び計測値との比較

計測により得られた解析及び計測により得られた各モードの固有振動数を表1、各振動モード図を図5(a)(b)(c)(d)に示す。

表1 解析結果及び計測値

モデル	支持条件	舗装	地覆	固有振動数(Hz)								たわみ(mm)								
				1次				2次				計測値		解析値						
				計測値	解析値	計測値	解析値	計測値	解析値	計測値	解析値	計測値	解析値							
A	両端ピン	有	有	無	9.088	105%	10.752	102%	1.70	77%	8.67	10.50	2.20	無	9.908	110%	11.233	107%	1.68	76%
				有(コン)	9.621	111%	11.381	108%	1.64	74%										
				無	8.65	100%	9.93	95%	1.88	86%										
		無	無	有	8.853	102%	10.541	100%	1.81	82%										
				有(コン)	9.207	107%	10.898	104%	1.61	78%										
				無	8.036	93%	9.816	94%	2.26	103%										
B	両端ピン	有	有	有	8.173	94%	10.036	96%	2.19	99%										
				有(コン)	8.533	98%	10.649	101%	2.00	91%										
				無	7.59	88%	8.861	84%	2.54	115%										
		無	無	有	7.749	89%	9.111	87%	2.44	111%										
				有(コン)	8.171	94%	9.821	94%	2.18	99%										
				無	5.251	61%	9.887	94%	4.71	214%										
A'	単純支持	有	有	有	5.495	65%	10.344	99%	4.66	212%										
				有(コン)	5.551	64%	10.446	100%	4.53	207%										
				無	4.96	57%	9.27	88%	5.29	240%										
		無	無	有	5.096	59%	9.848	94%	5.01	228%										
				有(コン)	5.36	62%	10.115	96%	4.49	204%										
				無	5.297	61%	9.059	86%	4.98	226%										
B'	単純支持	有	有	有	5.378	62%	9.285	88%	4.82	219%										
				有(コン)	5.583	64%	9.919	94%	4.42	201%										
				無	4.991	58%	8.252	79%	5.63	256%										
		無	無	有	5.09	59%	8.503	81%	5.41	246%										
				有(コン)	5.343	62%	9.219	88%	4.84	226%										
				無																

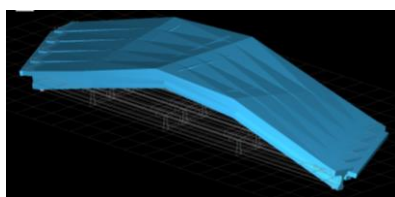


図5(a) モデルA (鉛直1次モード)



図5(b) モデルB (鉛直1次モード)

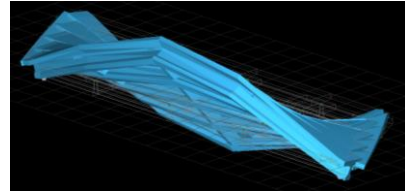


図5(c) モデルA (ねじれ1次モード)



図5(d) モデルB (ねじれ1次モード)

表1のモデルBと計測結果を比較すると、よく一致していることから、3Dレーザスキャナの計測結果を図面の代用とし、構造同定を行えたといえる。

また、モデルA・Bの支持条件が両端ピン支持で一致したことから、一般的な単純支持条件仮定は実現象と一致せず、水平方向の移動が拘束されていることが分かる。

モデルAでの解析結果より、鉛直振動に加えねじれ振動でも精度よく再現できているため、モデル作成の手間と実現象の再現精度を考慮すると、構造同定は妥当だと判断できる。

また振動計測に関してワイヤレス速度計、LDV両方で同様の結果を得ることができた。これより、計測現場の特性や制約などを考慮し、両者を使い分けることでより効率的に計測が行えると判断できる。

6. 結論

本検討により、以下のことが明らかとなった。

- ・3Dレーザスキャナにて取得した点群データが図面の代用になり得る。
- ・骨組解析モデルでも精度よく構造同定を行うことができる。
- ・ワイヤレス速度計とLDVを使い分けることで効率的に振動計測が行える。

この結果より、簡便で効率よく橋梁の安全性やリスクの評価の可能性が見出せた。

参考文献

橋梁振動実験に基づく斜橋の固有振動数の同定と部材の損傷が振動特性に及ぼす影響に関する基礎的研究：渡邊学歩，友廣郁也，後藤悟史，江本久雄，土木学会 構造工学論文集 Vol.60A, pp513-521(2014.3)