

錦帯橋の大工技術伝承における 3D-CAD 利用の可能性*

Study on potentiality of 3D-CAD for tradition of carpenter's techniques of Kintaikyo

小林一郎**・山中孝文***・本田泰寛****

By Ichiro KOBAYASHI, Takafumi YAMANAKA and Yasuhiro HONDA

概要

錦帯橋は創建から 300 年以上経った今でも、当時とほぼ同じ構造で架替えや補修工事がなされている。今後も同様に橋を維持していくためには、市（発注者）における人材育成、大工技術の伝承等のシステム作りが重要となる。本研究では、錦帯橋の技術伝承において 3D-CAD の利用を提案する。これにより、施工手順の可視化や専門知識の外化、さらには後継者育成や一般向けへの情報提供が可能となる。また、専門家との協働による図面の読み解きと 3D-CAD 作成の過程をまとめることは、オーラルヒストリーの新しい試みであると考えている。

1. はじめに

現在、錦帯橋は世界遺産登録を進めているが、数十年ごとの全橋架替えや部材の補修工事により、創建時の材料が全く残されていない。近年でも、2001（平成 13）年から 2004（平成 16）年にかけて、第 1～5 橋が架替えられた（以下、平成の架替えと省略）。世界遺産登録に際しては真正性が重要になる。しかし、前述の点から錦帯橋には当てはまらない。ただし、2008（平成 20）年 1 月に開催された「錦帯橋国際シンポジウム」では、米仏の ICOMOS アドバイザーより、「完全性の観点（構造や用途が創建当時から受け継がれているか）では、必ずしも否定的ではない。」とのコメントを得た。今後もこの完全性を長期的に維持し、さらに技術遺産として認知されるためには、構造や用途、大工技術のような要素を残していく仕組みが重要となる。

そのために平成の架替え時には、技術伝承等を目的として、架橋工事を DVD に映像で保存した。しかし、任意の視点で内部構造や部材を確認したい場合には、撮影済みの映像や実物の錦帯橋では確認することが難しい。

本研究の目的は、錦帯橋の二次元図面（以下、図面と省略）から 3D-CAD を作成し、大工技術や施工手順を保存することである。この成果物は、技術伝承に限らず、様々な面で活用することが可能である。

2. 技術伝承の課題と試み

技術伝承について課題を整理し、解決案の 1 つとして錦帯橋の 3D-CAD を作成することの意義を述べる。

（1）錦帯橋の概要

本橋は、山口県岩国市錦川に架かる五径間の木造橋である。1673（延宝元）年 9 月に創建、数度の架替えを繰り返し、1922（大正 11）年 3 月には史蹟名勝天然記念物保存法により史蹟名

勝に指定、1950（昭和 25）年には、文化財保護法施行に伴い、改めて名勝に指定された。構造形式は、第 1、5 橋が柱橋（しらばし）、第 2～4 橋はアーチ構造の反橋（そりばし）である。構造部材には、主に松、檜が使われており、他にもケヤキ、ヒバ、栗、樺が使い分けられている。

（2）技術伝承の課題

表 1 は、錦帯橋の架替えや補修工事に関する年表である。表から、架替えや補修工事が頻繁におこなわれていたことが読み取れる。また、錦帯橋の木組みや仕口といった大工技術は特殊なものでなく、一般的な日本家屋に使われる技術である。つまり、江戸期においては、①日常的な現場が若手大工にとって訓練の場だった、②木材や鉄は常時ストックされていた、といえる。しかし、現在、岩国では大工が近代建築に携わるようになり、伝統的な大工技術を日常的に使うことが少ない。

「岩国市錦帯橋みらい構想検討委員会」により、20 年ごとの架替えは担保された。しかし、このことは 20 年間、架替えがないため、伝統技術を修得す場のないことを意味する。つまり、20 年間の①若手大工の育成、②発注者側の人材育成、③材料調達の仕事の維持、等の課題が生じた。

（3）技術伝承への 3D-CAD 利用の展開

a) 平成の架替え時の技術伝承方法とその課題

平成の架替え時には、図面やビデオ、写真といった資料で大工技術は記録された。ただし、これらの資料では表現が難しい点として、以下の 3 点が挙げられる。

①任意の視点や断面から施工手順を見ることができない。例えば、橋板や部材（しとみいた）を取り外した状態や、地中の様子が分からない。

②部材の形状や仕口、木組みの詳細部を任意で拡大できない。

③上記のことを、時間経過に沿って見ることができない。

しかし、3D-CAD を作成することにより、上記の 3 点は解決することができると考える。

*Keywords: 錦帯橋、伝承、3D-CAD、オーラルヒストリー

**正会員 工博 熊本大学大学院自然科学研究科 教授
(〒860-8555 熊本市黒髪 2 丁目 39 番 1 号)

***学生員 修 (工) 熊本大学大学院自然科学研究科 博士後期課程

****正会員 博 (工)

表-1 架替え・補修工事に関する年表（出典：財団法人 文化財建造物保存技術協会、『名勝錦帯橋架替事業報告書』，2005.3）

年(竣工年)	年号	西暦	工 事 内 容					着工日		竣工日		期間 (日)	記 事	備 考	資 料
			第1橋	第2橋	第3橋	第4橋	第5橋	月	日	月	日				
延宝	元	1673	○	○	○	○	○	6	28	9	30	93			a e i k l
2		1674	○	○	○	○	○	6	1	10	25	145	5月28日「洪水(中略)はね橋三つ共に落、左右之柱橋は残る」		a e i k l
4		1676											「大橋下手へ敷石被仰付候」	河床敷石工事	e
5		1677											「橋下捨石被仰付」	河床捨石工事	e
天和	3	1683		○	○	○		7	17	10	1	75	天和2年「大橋馬のくら木、助木出来(考案か)」		e k l
貞享	2	1685											12月10日「已刻大地震、大橋台少々しむ」		e
元禄	6	1693		●	●	●									f l
7		1694	○				○								f l
12		1699		○	○	○		6	28	8	28	61			e k l
16		1703	○				○	7	4	-			7月19日「横山地新橋之柱七本流」		a e f l
宝永	4	1707		●	●	●									f l
正徳	元	1711	●				●								l
4		1714		○	○	○		9	26	11	28	63			a e f k l
享保	7	1722	●				●	2	10	3	1	22	6年11月2日 柱橋橋板の刻目覆い(延金)を反橋に倣い新設		e f k l
10		1725		●	●	●		12	12	2	8	57	資料eでは「懸替」		a e l
元文	2	1737	○				○	11	2	11	4	33	享保20年7月17日「洪水、橋之土台石、巻つ半残る」		a e k l
5		1740				○		10	16	12	20	65			a l
寛保	元	1741		○	○			7	2	8	25	54			a e l
延享	元	1744	○					8	28	9	21	24	8月10日「錦見地柱橋落」		a e k l
宝暦	6	1756					○	11	26	11	26	31	11月11日「横山地之柱橋大損」		a e l
10		1760				○		2	23	4	28	66			a e k l
13		1763	○					10	24	12	3	40			a e l
明和	元	1764		○				2	5	3	10	66			a l
2		1765			○			12	5	2	4	60			a l
6		1769					●	1	16	2	17	32	資料aに「橋大工道」(足場)とあり、架替か		a k l
安永	7	1778	○	△		○		1	15	2	27	43	7月11日「乗越の土手切」 閉7月3日「錦見地柱橋之石垣築立候」		a e k l
8		1779		○				12	20	2	12	53			a k l
9		1780			△			8	26	9	15	20			a
天明	2	1782			○			11	1	12	17	47			a k l
3		1783					●								a
8		1788					△								a e k l
寛政	8	1796				○		9	30	12	20	81	11月29日「大橋懸け道(足場)落候」(a) 「初て上げ高欄になる」(e)		a e k l
享和	元	1801		○				11	15	12	-		古図面には「戊」(享和2年)と記載		e k l
文化	3	1806			○			-		12	23				a e k l
8		1811				○	○	12	21	4	8	48			a l
文政	9	1826			○			10	17	1	25	99			a e k l
10		1827	●	○				10	27	2	28	92			a e k l
11		1828				○		10	21	12	19	59			l
天保	元	1830		△ (橋は特定できず)				2	11	2	12	2	「大橋繕ひ」		e
8		1837		△ (橋は特定できず)									「敷板その外繕ひ」		(a) l
9		1838					△	2	22					横山側柱橋の改修	(b) l
10		1839					●	8	8						l
12		1841	○	●				1	26	2	12	47			a k l
弘化	2	1845				○		11	7	12	18	42			b k l
嘉永	元	1848			○		●	10	16	12	18	63			b k l
6		1853	△	●				12	18	2	13	56	「錦見地柱橋大損、大柱六本建替、行桁忒本、なます木惣仕替」		b e l
安政	5	1858				○		11	20	2	2	73			b e l
6		1859		○			●	10	15	12	20	66			c e l
文久	元	1861			△			9	16	-					d
明治	元	1868			○										b k
3		1870		●		△									b
4		1871				○									k
17		1884	●	●	●	●	●	2	27	4	5	39			g
22		1889											「中反と其次錦見の方反り傾く蓋し」		j
24		1891	△	△	△	△	△			3	28				j
28		1895			○					12	23				j
30		1897	△	○						6	3				h
31		1898				○	○	12	-	2	1				h
43		1910	●				●			2	7				j
大正	4	1915				●									n
8		1919	●	●	●	●	●							擬宝珠高欄に変更	l
11		1922												名勝に指定	
昭和	4	1929				○	○								l
9		1934	○	○	○										l
25		1950											9月14日 キジア台風により反橋流失		
27		1952	○	○	○	○	○			12	6		昭和26年2月22日 起工 橋台・橋脚の位置・構造等変更		l
43		1968	●					2	8	2	28	21	橋板・高欄全数取替、橋杭4本根継、平均木取替4本ほか		m
44		1969		●	●	●	●	1	14	3	5	51	橋板・高欄取替。第2・3橋後梁補強、橋杭3本根継ほか		m
54		1979	△				△	11	1	12	10	40	第1・5橋橋杭根継各2本。		m
60		1985	△					1	26	3	25	59	第1橋橋杭根継3本、そのほかは小修理・保全工事		m
平成	4	1993	△		△	△		12	25	3	5	71	第3・4橋鼻梁・補助刺補修、第1橋橋杭根継1本他		m
"	"	"					△	6	1	7	21	51	橋杭根継計6本ほか		m
5		1994	△				△	6	3	7	30	58	橋杭根継第1橋4本・第5橋3本ほか		m
7		1996	△	△	△	△	△	1	4	3	20	77	第5橋橋杭根継2本、全橋橋板補修ほか		m
13		2001			○										
14		2002				○	○								
15		2003	○	○											

凡例 工事内容 ○ 架 替 ● 板敷替 △ 修 理

資 料 a=『御用所日記』 b=『算用所日帳』 c=『御納戸日記』 d=『文久元年 日帳』 e=『岩邑年代記』 f=『年代記』 g=『岩邑歳記』
h=『吉川家日簿』 i=『吉川家譜』 j=『藤田日記』 k=『岩国治志』 l=『岩国市史』 m=『岩国市観光課資料』 n=『錦帯橋史』

注(1) 期間は1月=30日として計算した。

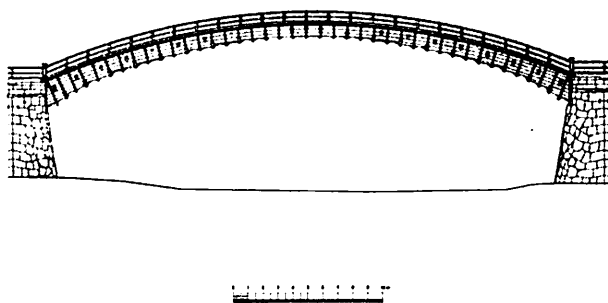
(4) 期間の網掛けは工期内に閉月がある工事を示す。

(2) 工事内容の網掛けは古図面が残る工事を示す。

(5) 資料欄の()は資料未確認のもの。

(3) 日付の斜体文字は渡橋差止め及び開始日を示す。

(6) 昭和43年以降は、上記以外にも小修理・保全工事等を行っている。



図－１ 文建協図（上流側より第２橋立面図）
（参考文献１より引用）

ｂ）３Ｄ－ＣＡＤ 作成の意義

図面から３Ｄ－ＣＡＤ を作成することにより、実寸の情報を一括で保存することができる。また、作成した３Ｄ－ＣＡＤ を ＶＲ（Virtual Reality）で見ることにより、任意の視点で時間経過を追うことができる。

ｃ）技術伝承へ３Ｄ－ＣＡＤ を利用する意義

３Ｄ－ＣＡＤ、ＶＲ の今後の活用として、以下の３点が考えられる。

①施工手順の可視化

全体構造の把握や部材の配置、さらに部材同士の組み方・手順を示す。後々は、作成した３Ｄ－ＣＡＤ を基礎資料として、元禄時代など過去の構造を推測することへもつながると考える。

②専門知識や技術の外化

錦帯橋の設計図そのものであるため、情報として残していくこと自体が有意義である。さらに、世界遺産登録へ向けて技術に関する知識の共有、文化庁や ＩＣＯＭＯＳ 等への資料提供といったことにも役立つ。

③一般向けの情報提供

後継者や一般市民の教育・学習用として、必要な情報を提供する。そのうち、一例としてデジタルミュージアムのコンテンツとして利用することも計画している。

ｄ）新たなオーラルヒストリーの試み

３Ｄ－ＣＡＤ 作成に加え、設計に携わった大工への聞き取りから判明することを３Ｄ－ＣＡＤ 上に反映させたり、文章としてリンクさせたりすることにより、設計者の思考の変遷を辿ることができる。また、３Ｄ－ＣＡＤ や図面を見ながらおこなう、設計者とのやりとりを映像として保存することにより、さらに細かいニュアンスも残せるものと考えている。

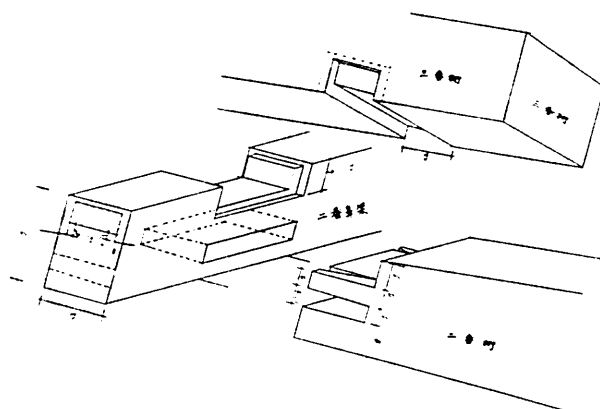
このように設計者の思考内容や設計意図等を３Ｄ－ＣＡＤ と聞き取りとを組み合わせでデジタルデータとして保存することは、土木史において今後必要となるだろう新しいオーラルヒストリーの形であると考ええる。

３．平成の架替えに関する図面の比較

３Ｄ－ＣＡＤ を作成するために、平成の架替えに関する図面を整理し、その特徴を分析した。

（１）図面の概要

対象とする図面には、以下の２種類がある。



図－２ 中村図（桁・梁の木組み手書き図）
（提供：中村雅一氏）

①文化財建造物保存技術協会の図面

『名勝錦帯橋架替事業報告書』に使用された図面で、岩国市の公式資料である。第１橋の平面図、立面図、桁行断面図、梁間断面図、見上げ図の計５葉、および第２橋も同様の図面と構造図の計６葉が掲載されている。図－１は第２橋立面図（上流側）である。以下、文建協図と省略する。

②中村雅一氏の図面

当時、岩国伝統建築協同組合専務理事（現、理事長）で設計に携わった中村雅一氏の描いた図面で、いわゆる非公式な資料である。第１～５橋の施工図等が大量にあり、そのうちの一部が２Ｄ－ＣＡＤ 化されている。また、部材の寸法や仕口の形状を詳細に描いた手書きの図面も残されている。図－２は桁・梁の木組み（手書き図）である。以下、中村図と省略する。

（２）詳細部の比較

各図面の特徴を把握するために、その詳細部について比較した。図－３に文建協図の第２橋桁行断面図、図－４に中村図の第３橋施工図（２Ｄ－ＣＡＤ）、図－５に鞍木・助木の木組み（手書き図）を示す。

その結果、文建協図は図面の線が少なく、形状を把握しやすい。一方、中村図は思考の変遷や施工のための補助線が描かれているため、一見煩雑で分かりづらい図面である。しかし、中村図（手書き図）には詳細な仕口の形状やダボ等も描かれているため、図－４と図－５から精巧な３Ｄ－ＣＡＤ の作成が可能となることが明らかになった。

（３）文建協図をもとにした３Ｄ－ＣＡＤ の作成および課題

まずは、岩国市の公式資料である文建協図で３Ｄ－ＣＡＤ を作成した。使用したソフトは、Autodesk 社の AutoCAD Civil 3D である。作成した結果、以下の課題が挙げられた。

①３Ｄ－ＣＡＤ の作成に必要な図面が不足している。

②構造の詳細部が描かれていない。

③各部材の詳細な寸法が示されていない。

つまり、竣工時の外見をなぞったものと同様であるため、詳細部の情報が全く描かれておらず、３Ｄ－ＣＡＤ の作成自体が困難だった。以上より、文建協図では今後の３Ｄ－ＣＡＤ 作成が不可能だということが明らかになった。

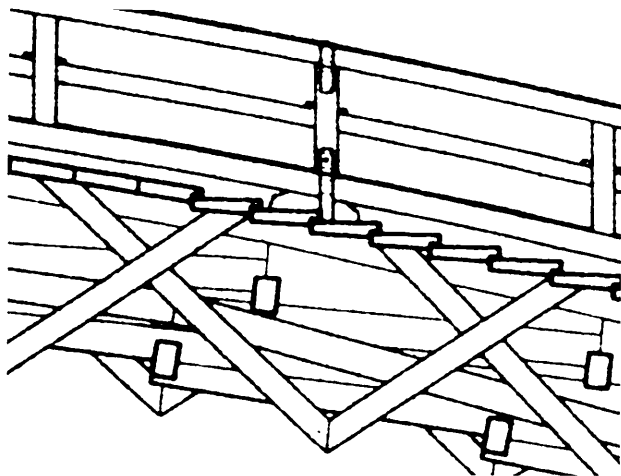


図-3 文建協図の詳細部（第2橋桁断面図）
（参考文献1より引用）

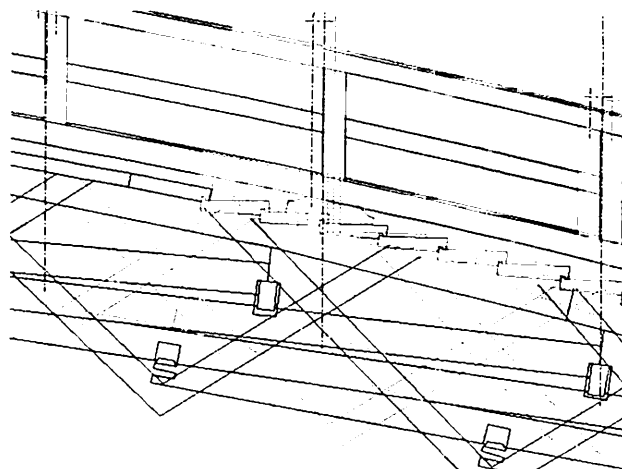


図-4 中村図の詳細部（第3橋施工図）
（提供：中村雅一氏）

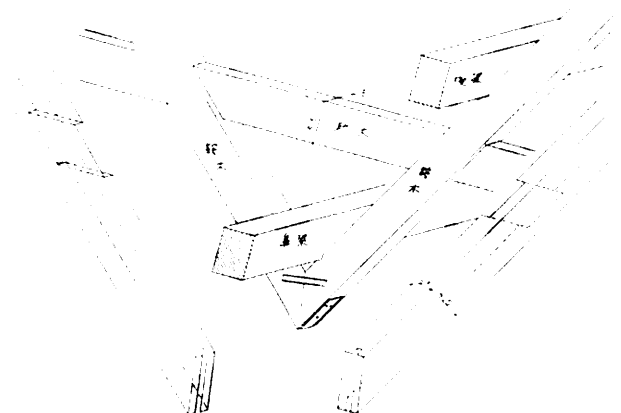


図-5 中村図（鞍木・助木の木組み手書き図）
（提供：中村雅一氏）

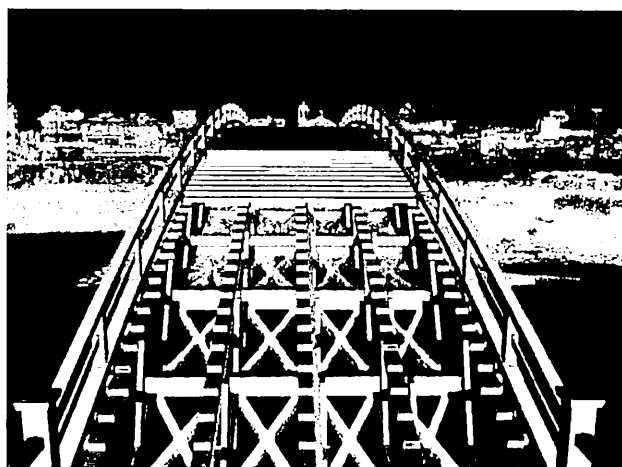


図-6 3D-CADで作成した第3橋（鳥瞰図）

4. 中村図にもとづいた3D-CADの作成

今後は中村図をもとに3D-CADを詳細に作成する予定である。以下に、本稿投稿時点で作成した3D-CADを2例挙げる。

まず、文建協図で不明な部分について中村図を参考に補うことで、図-6のような3D-CADを作成した。図のように、任意の視点から橋を眺めたり、橋板を外して内部構造を把握したりすることができる。また、図-7は中村図をもとに仕口付近を3D-CADで作成したものである。これにより、仕口の形状や部材の組み方を詳細に示すことができる。

このように3D-CADを作成することで保存しようとしているものは、錦帯橋の図面や架替えの記録ではなく、設計者の中村氏が思考した内容やそのイメージ、設計意図である。中村図は、平成の架替えで中村氏が可能な限り元禄時代の錦帯橋に近づけようとして設計した図面である。この元禄時代の図面（以下、元禄図と省略）は、現存する錦帯橋図面の中で最も古いものである。つまり、元禄図について、その意図を詳細部にわたるまで最も深く考えた図面は中村図といえるため、創建時の構造を推測することにもつながるのである。

5. おわりに

錦帯橋の大工技術伝承に関して、3D-CADと設計者への聞き取りを重ね合わせることで、有用な資料となることを指摘した。

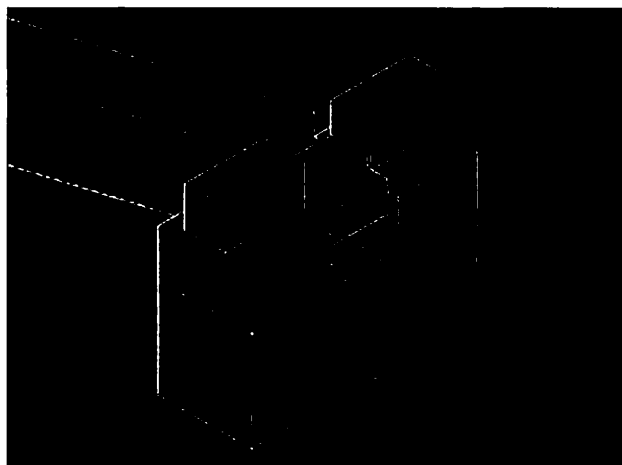


図-7 3D-CADで作成した仕口の一例

また、大工技術や設計者の思考を三次元化することにより、外部への資料提供という点でも活用できる。この手法は錦帯橋に限らず、他の土木構造物や土木遺産等にも応用が可能であり、土木史にICTを導入する1つの手立てだと考える。

参考文献

1 財団法人 文化財建造物保存技術協会：名勝錦帯橋架替事業報告書，岩国市，2005.3