

欧州歩道橋設計における土木・建築のコラボレーションに関する研究

Collaboration between engineers and architects in designing footbridges in Europe

樋口明彦*, 石橋知也**

Akihiko Higuchi, Tomoya Ishibashi

*Doctor of Design 九州大学大学院工学研究院助教授 建設デザイン部門 (〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1)

**九州大学大学院工学府 都市環境システム工学専攻 (〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1)

Bridge design has traditionally been the domain of the engineer in Europe as well as in Japan. But recently architects have been increasingly involved in the field, particularly in designing footbridge. Many footbridges with both structural and aesthetic sophistication have been built in Europe in the past decade by creative design collaboration of architects and engineers. This paper tries to understand how the collaboration of architects and engineers works in designing footbridges by conducting an email survey on forty-four examples listed on *Bridge Builders*, published by Martin Pearce and Richard Jobson in 2002. The survey result suggests that those engineers and architects with experiences in working together in designing footbridges recognize the value of the collaboration very well, and many of them think that collaboration on equal footing throughout the design process is desirable. The result also suggests that a design competition that requires setting up a team of architects and engineers could be an effective catalyst of promoting the collaboration.

Key Words: collaboration, footbridge, engineers, architects, Europe

キーワード：コラボレーション, 歩道橋, エンジニア, アーキテクト, 欧州

1. 研究の背景と目的

近年欧州では、ミレニアムを記念したものなど多数の優れた歩行者専用橋（以下歩道橋と呼ぶ）が各地で建設されている。それらの多くは、エンジニア、アーキテクト、芸術家等のコラボレーションによってデザインされたものであり、構造と意匠の両面で優れた作品が目立つ。

一例として、ロンドンの Millennium Bridge では、国際設計コンペが実施され、建築家 Norman Foster（全体の統括）、彫刻家 Anthony Caro（芸術コンサルタント）、Ove Arup & Partners（構造）によるチームの案が選ばれている。

わが国においては、歩道橋といえば道路横断橋のことを指していた時代が長く続いたが¹⁾、最近は新しい動きが見られるようになってきた。北九州市門司港レトロ地区に架かる「ブルーウイングもじ（1993年）」²⁾や、別府市の「イナコスの橋（1994年）」³⁾など、構造や意匠の面で優れた歩道橋の事例が見られるようになってきており、圧倒的に数の多い道路横断橋の分野でも、横浜市中区の「新港サークルウォーク（1999年）」⁴⁾のようにこれまでの画一的で景観的にも問題の多かったものとは一線を画した試みが出現してきている。

歩道橋は、自動車道路橋や鉄道橋に比べて荷重が小さいため、設計の自由度が大きく、景観的にすぐれたデザインを試みる余地が大きい構造物である。また、環境に優しい社会の構築、人を中心としたまちづくり、健康的なライフスタイルへの関心の高まり等を背景に、歩道橋へのニーズは、単に人を安全に移動させる装置としてのものから、シンボル性や周辺環境との調和など多様なものとなりつつある。

このように新たな状況に対応していくには、エンジニアがその職能の幅を広げる努力をするだけでなく、これまでの慣行にとらわれず、建築や芸術などの異分野と積極的にコラボレートすることが必要であるが、わが国において橋梁設計は歴史的にエンジニアの領域であり、他の専門領域の参加は今日でもあまり進んでいないのが現状ではないかと思われる。

本研究では、欧州を中心とした最近の歩道橋の事例を対象に、エンジニアとアーキテクトその他の専門領域との間のコラボレーションの現状を把握し、コラボレーションが求められる背景、コラボレーションの意義、そしてコラボレーションがもたらす橋梁デザインの可能性等について考察をおこない、わが国の歩道橋デザインの今後に資することを目的としている。

2. 研究方法

2.1 調査対象の選定

近年の欧州におけるエンジニアとアーキテクトのコラボレーションによる歩道橋のデザインの動向を知るには、できるだけ多数の事例を調査することが望ましいが、すべてを把握することは困難である。そこで、本研究では、事例抽出の簡便な方法として、既報の文献に掲載されている事例を対象とすることにした。

2002 年、英国の Willey-Academy 社から「Bridge Builders」が出版された⁵⁾。この本では、1988 年から 2002 年の間に竣工した 44 の歩道橋を多数の写真や図表を用いて紹介している。著者の Martin Pearce は、ボーツマス大学で建築論を教えており、共著者の Richard Jobson は橋梁コンサルタント会社 Whitby Bird and Partners の契約コンサルタントである。

写真 1 から写真 44 に 44 橋梁の姿を示す⁶⁾。ロンドンの Millennium Bridge やパリの Solferino Footbridge などのように、これらの橋梁の多くは、近年わが国でも紹介されている著名な橋である⁷⁾。

事例のすべてがエンジニアとアーキテクトの何らかのコラボレーション、またはエンジニア・アーキテクトと呼ばれる両者の素養を備えた設計者によるものである点が共通点として挙げられる。

44 橋のすべてが 1988 年以降に完成しており、そのうち 37 橋が 1996 年以降のものである。ミレニアムイヤーの 2000 年前後に完成したものが特に多く、1999 年から 2001 年の 3 年の間に 18 橋が完成しており、7 橋が名称にミレニアムという表記を含んでいる。

本研究では、Bridge Builders に掲載されたこれら 44 橋を調査対象とすることとした。

なお、44 橋の中で、5 事例は欧州以外のものであるが（3 例は米国、1 例がオーストラリア、1 例が日本）、すべて他の歩道橋と同じコラボレーションの事例であり、そのまま調査対象に入れている。

2.2 事例の整理

Bridge Builders 巻末に掲載されている各事例に関する情報と各橋梁の設計会社等のホームページから得た情報をもとに、設計チームの形態、立地特性、構造形式など調査対象とした 44 橋の属性を整理した。さらに、次の 2.3 の項で説明しているヒアリングのうち特に質問 1 への回答の内容を合わせて、設計アプローチのしかたによる分類をおこなった。

2.3 設計者へのヒアリング

コラボレーションの意義等について直接設計者の考えを知るために、各事例の設計者等に E メールで質問書を送付し、ヒアリングをおこなった。メールアドレスは、設計事務所のホームページ等から検索し収集した。44 事例中、35 事例についてアドレスが判明した。アドレスがわかったものから順次英文の質問書を E メールで送付し

た。質問の送付と回収をおこなった期間は、平成 14 年 11 月から平成 15 年 7 月にかけてである。

質問事項は以下の通りである。（ ）内は送付した質問の原文である。回答のしかたは回答者の自由記述とした。

質問 1 「設計にあたって、構造設計、意匠的設計、コストをどのようにバランスさせたか？」

(How do you solve the conflict among structure, aesthetics and budget?)

質問 2 「アーキテクトが設計した橋はコストがかかるとの批判をどう考えるか？」

(Do you think bridges designed by architects tend to cost more than those designed by engineers?)

質問 3 「なぜ、アーキテクトとエンジニアのコラボレーションが必要であったのか？ 望ましいコラボレーションのありかたはどのようなものか？」

(Why did you decide to work together with engineers? What kind of partnership is the most desirable between architects and engineers?)

以上の三つの質問で中心となるのは、コラボレーションそのものについて質問している質問 3 であり、エンジニアとアーキテクトのコラボレーションのあり方について実際にそれをおこなっている当事者がどのように考えているかを知るためのものである。

その前の二つの質問は、設計者が実際の設計の場で相容れにくい構造・意匠・コストその他の課題をどのようにバランスさせているか、コラボレーションがそれにどのようなメリットをもたらしているかについて把握するために設けた質問である。

3. 事例調査の結果と考察

3.1 設計主体

ケーススタディの対象とした 44 橋の立地、設計主体、構造形式等の情報を表 1 に示す。

設計主体の形態を見ると、44 の全事例でアーキテクトとエンジニアの両方が参加している。さらに芸術家や照明専門家などの専門家が参加しているものが 20 事例ある。6 事例は、同一の組織（会社）にアーキテクトとエンジニアの両方が存在しているものである。

3.2 立地

一般的な川に架かるものが 20 事例、港湾が 8 事例、道路が 8 事例、谷越えが 1 事例ある一方で、建物と建物をつなぐものが 2 事例、公園内のものが 1 事例、建物内が 2 事例あり、さらに森林上空に架橋されたもの 1 事例、堤防の防潮壁をまたぐもの 1 事例が含まれており、歩道橋が様々な立地でつくられていることを示している。

3.3 構造

主構造の形式については、おおまかに分類すると、桁橋（11 事例）、トラス橋（5 事例）、斜張橋（4 事例）、アーチ橋（8 事例）、吊り橋（9 事例）など多様な構造が採

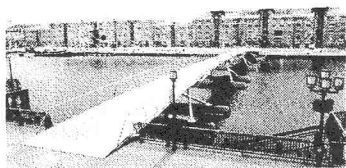


写真1, West India Quay Floating Bridge,
London, UK. (1996)

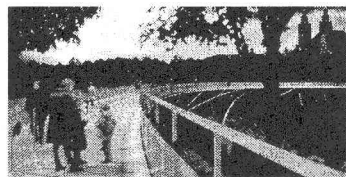


写真2, Kelvin Link Bridge,
Glasgow, UK. (2002)

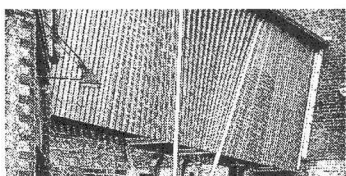


写真3, Bridge at The World Association for
Christian Communication, London, UK. (1996)

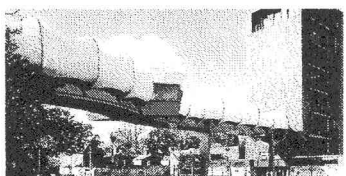


写真4, Plashet School Footbridge,
London, UK. (2000)

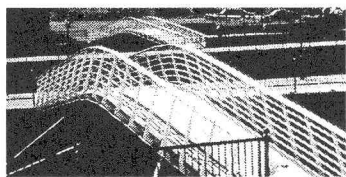


写真5, Cardiff Bridges,
Cardiff, UK. (1995)

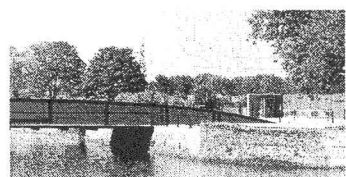


写真6, Three Mills Bridge,
London, UK. (1997)

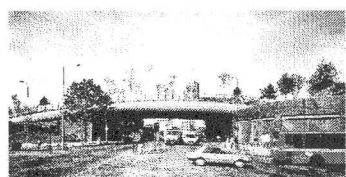


写真7, Green Bridge,
London, UK. (2000)

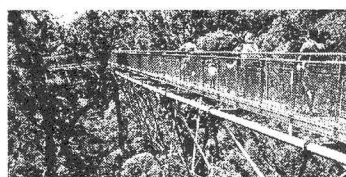


写真8, Tree Top Walk,
Walpole, Australia. (1996)

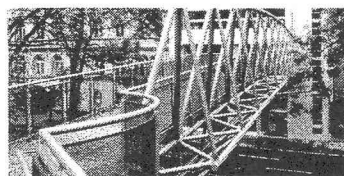


写真9, Koliste Footbridge,
Brno, Czech Republic. (1998)

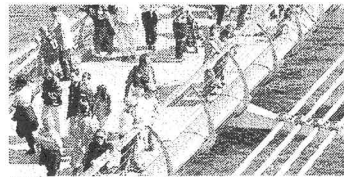


写真10, Millennium Bridge,
London, UK. (2000)

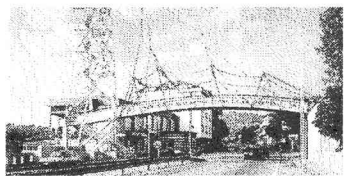


写真11, Dogana Gate,
Republic of San Marino. (1996)

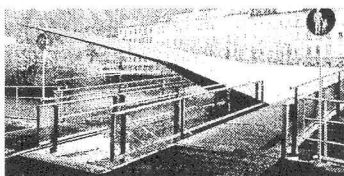


写真12, Footbridge Over The River Mur,
Graz, Austria. (1992)

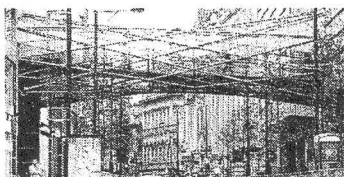


写真13, Corporation Street Footbridge,
Manchester, UK. (1999)

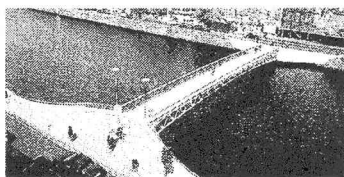


写真14, Liffey Pedestrian Bridge,
Dublin, Republic of Ireland. (1999)

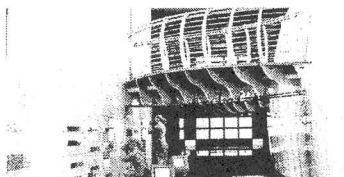


写真15, Natural History Museum Ecology
Galleries, London, UK. (1991)

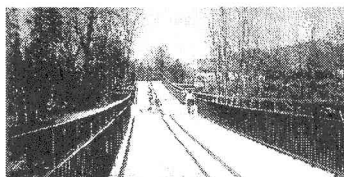


写真16, Rogue River Pedestrian Bridge,
Grants Pass, USA. (2000)

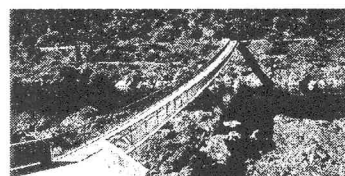


写真17, Sacramento River Trail Pedestrian
Bridge, Redding, USA. (1990)

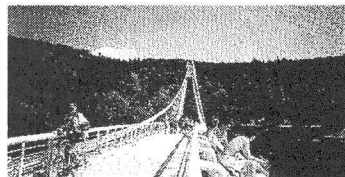


写真18, Vranov Lake Pedestrian Bridge,
Czech Republic. (1993)

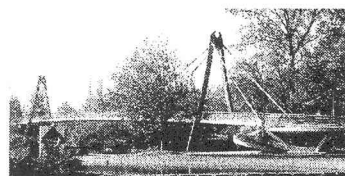


写真19, Willamette River Pedestrian Bridge,
Eugene, USA. (1999)

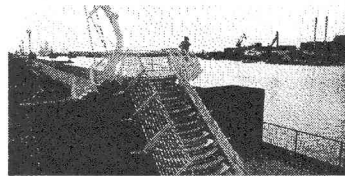


写真20, Linkbridge 2000,
London, UK. (2000)

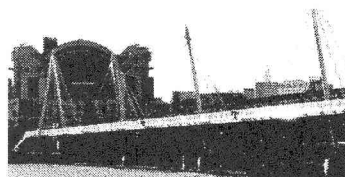


写真21, Hungerford Bridge,
London, UK. (2002)

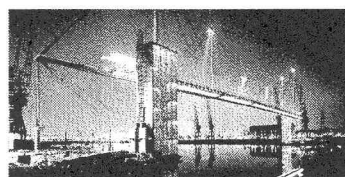


写真22, Royal Victoria Dock Bridge,
London, UK. (1996)

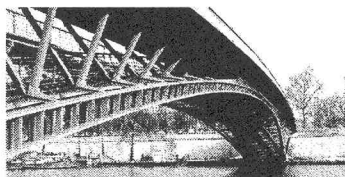


写真23, Solferino Footbridge,
Paris, France. (2000)

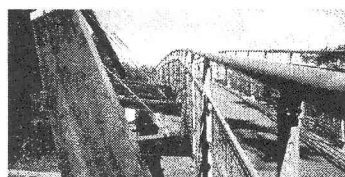


写真24, Black Dog Hill Bridge,
Near Calne, UK. (1999)

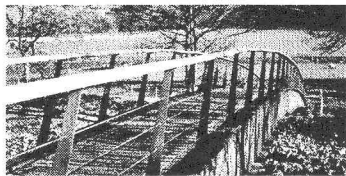


写真25, River Irthing Footbridge,
Hadrian's Wall, UK. (1999)

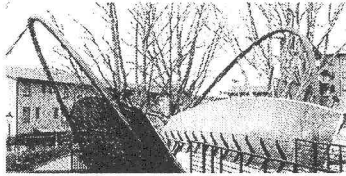


写真26, Rotherhithe Tunnel Bridge,
London, UK. (1998)

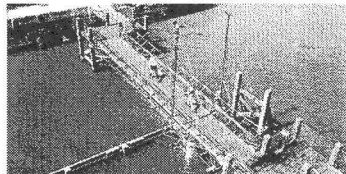


写真27, St Saviour's Dock Bridge,
London, UK. (1996)

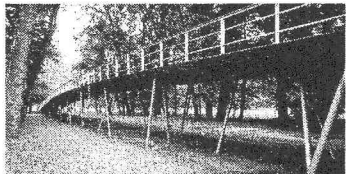


写真28, Museum Park Footbridge,
Rotterdam, The Netherlands. (1994)

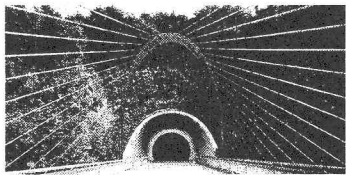


写真29, Miho Museum Bridge,
Shiga Prefecture, Japan. (1997)



写真30, Bercy-Tolbiac Footbridge,
Paris, France. (2002)

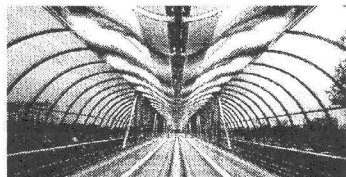


写真31, Skywalk,
Hanover, Germany. (1998)

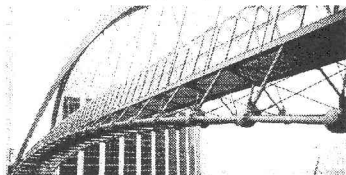


写真32, Japan Bridge,
Paris, France. (1993)

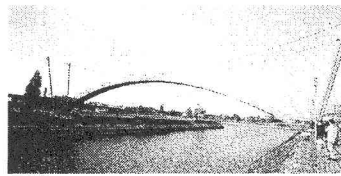


写真33, Convertible Bridge over The Inner
Harbour, Duisburg, Germany. (1999)

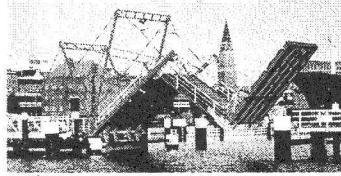


写真34, Folding Bridge over The Forde,
Kiel, Germany. (1997)

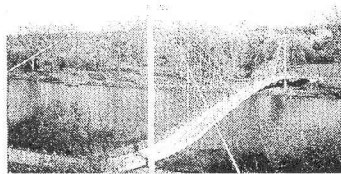


写真35, Pedestrian Bridge over The Neckar
River, Near Max-Eyth-See, Germany. (1988)

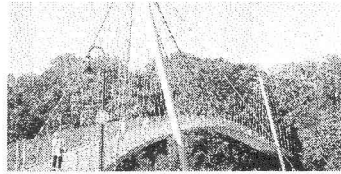


写真36, Pedestrian Bridge over The Weser
River, Minden, Germany. (1996)

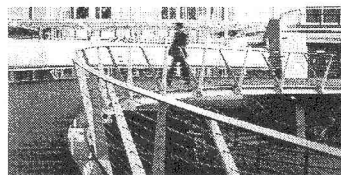


写真37, Oracle Bridges,
Reading, UK. (1999)

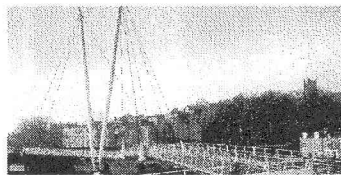


写真38, River Lune Millennium Bridge,
Lancaster, UK. (2001)

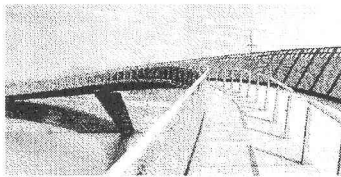


写真39, Shanks Millennium Bridge,
Peterborough, UK. (2000)

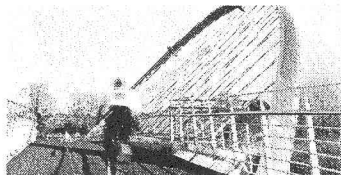


写真40, York Millennium Bridge,
York, UK. (2001)

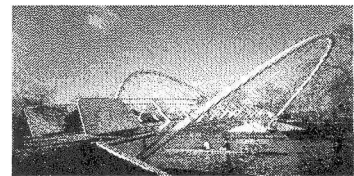


写真41, Butterfly Bridge,
Bedford, UK. (1997)

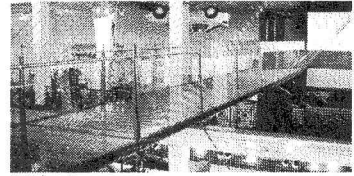


写真42, Challenge of Materials Footbridge,
London, UK. (1997)

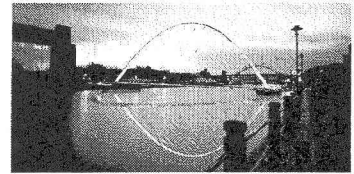


写真43, Gateshead Millennium Bridge,
Gateshead, UK. (2001)

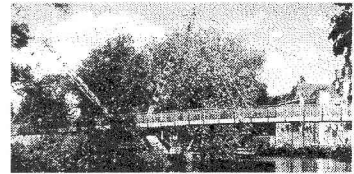


写真44, Lockmeadow Footbridge,
Maidstone, UK. (1999)

写真1から写真44

本研究で対象とした橋梁
(出典: Martin Pearce and Richard
Jobson, Bridge Builders,
Wiley-Academy, U.K. 2002.)

表1 ケーススタディ事例の設計主体、立地、構造形式等

事例 番号	歩道橋名	設計の中心となった組織	アー キテ クト*1	エン ジニア *2	コン ベの 有無	立地	主構造	全長 (m)	最大 スパン 長(m)	メール アド レス*3
1	West India Quay Floating Bridge	Anthony Hunt Associates	◎	○	○	港湾	浮橋/可動橋	94	15	○
2	Kelvin Link Bridge	Anthony Hunt Associates	◎	○	○	川	アーチ橋	120	45	○
3	Bridge at The World Association for Christian Communication	Austin Winkley & Associates	◎	○		駐車場	桁橋			
4	Plasht School Footbridge	Birds Portchmouth Russum Architects	◎	○		道路	桁橋	67		○
5	Cardiff Bridges	Brookes Stacey Randall	◎	○		港湾	桁橋	41	20	○
6	Three Mills Bridge	Clash Associates Ltd.	◎	○		川(湖)	桁橋	30	30	
7	Green Bridge	CZWG	◎	○		道路	桁橋	30	30	○
8	Tree Top Walk	Donaldson + Warr Architects	◎	○		森林	トラス橋	360	60	○
9	Koliste Footbridge	Eva Jiricna Architects	◎	○		道路	トラス橋	200		○
10	Millennium Bridge	Foster & Partners	◎	○	○	川	つり橋	325	144	○
11	Dogana Gate	Giancarlo De Carlo	◎	○		道路	つり橋			
12	Footbridge Over The River Mur	Gunther Domenig	◎	○	○	川	トラス橋	56	56	
13	Corporation Street Footbridge	Hodder Associates	◎	○		道路	トラス橋	19	19	
14	Liffey Pedestrian Bridge (Millennium Bridge)	Howley Harrington Architects	◎	○	○	港湾	トラス橋	51	41	○
15	Natural History Museum Ecology Galleries	Ian Ritchie Architects	◎	○		屋内	桁橋			○
16	Rogue River Pedestrian Bridge	Jiri Strasky	○	◎		川	ストレストリボン橋	200	85	
17	Sacramento River Trail Pedestrian Bridge	Jiri Strasky	○	◎		川	ストレストリボン橋	137	127	
18	Vranov Lake Pedestrian Bridge	Jiri Strasky	○	◎		川(湖)	つり橋	312	252	
19	Willamette River Pedestrian Bridge	Jiri Strasky	○	◎		川	つり橋	179	103	
20	Linkbridge 2000	Judah	◎	○		堤防	桁橋			○
21	Hungerford Bridge	Lifschutz Davidson	◎	○	○	川	斜張橋	880		○
22	Royal Victoria Dock Bridge	Lifschutz Davidson	◎	○	○	港湾	つり橋	130	130	○
23	Solferino Footbridge	Marc Mimram		◎		川	アーチ橋	140	106	○
24	Black Dog Hill Bridge (A4 Millennium Bridge)	Mark Lovell		◎		道路	アーチ橋	40	34	○
25	River Irthing Footbridge	Napper Architects	◎	○		川	桁橋	40	32	○
26	Rotherhithe Tunnel Bridge	Nicholas Lacey & Partners	◎	○		道路	アーチ橋			○
27	St Saviour's Dock Bridge	Nicholas Lacey & Partners	◎	○		港湾	可動橋	28	15	○
28	Museum Park Footbridge	Office for Metropolitan Architecture	◎	○		公園	桁橋			○
29	Miho Museum Bridge	Pei Cobb Freed & Partners	◎	○		谷	斜張橋	120	120	○
30	Bercy-Tolbiac Footbridge	Rfr and Feichtinger Architectes	○	○		川	アーチ橋	270	190	○
31	Skywalk	Rfr and Schuitz & Partners	○	○		道路	斜張橋	340	28	○
32	Japan Bridge	Rfr and Kisho Kurokawa	○	○		道路	アーチ橋	100	100	○
33	Convertible Bridge over The Inner Harbour	Schlaich Bergermann & Partner	○	◎		港湾	可動橋	74	74	○
34	Folding Bridge over The Forde	Schlaich Bergermann & Partner	○	◎		港湾	可動橋	120	26	○
35	Pedestrian Bridge over The Neckar River	Schlaich Bergermann & Partner	○	◎		川	つり橋	164	114	○
36	Pedestrian Bridge over The Weser River	Schlaich Bergermann & Partner	○	◎		川	つり橋	180	105	○
37	Oracle Bridges	Whitby Bird & Partners		◎	○	川	桁橋	78	58	○
38	River Lune Millennium Bridge	Whitby Bird & Partners		◎	○	川	つり橋	140	64	○
39	Shanks Millennium Bridge	Whitby Bird & Partners		◎	○	川	桁橋	34	34	○
40	York Millennium Bridge	Whitby Bird & Partners		◎	○	川	アーチ橋	150	80	○
41	Butterfly Bridge	Wilkinson Eyre Architects	◎	○	○	川	アーチ橋	30	30	○
42	Challenge of Materials Footbridge	Wilkinson Eyre Architects	◎	○	○	屋内	斜張橋	16	16	○
43	Gateshead Millennium Bridge	Wilkinson Eyre Architects	◎	○	○	港湾	可動橋	126	105	○
44	Lockmeadow Footbridge	Wilkinson Eyre Architects	◎	○	○	川	つり橋	80	46	○

*1: 設計の中心がアーキテクトの場合には◎印を付けている。

*2: 設計の中心がエンジニアの場合には◎印を付けている。

同一の組織(会社)にアーキテクトとエンジニアの両方が存在している場合にはアーキテクトとエンジニアの欄を1つにつなげて◎印を付けている。

アーキテクトとエンジニアのどちらが設計の中心になっているかが不明の場合は両方に○印を付けている。

*3: メールアドレスが判明したものには○印を付けている。

用されている。また、比較的新しいストレスリボン橋（2事例）の他、浮橋（1事例）、可動橋（4事例）など特殊な構造のものもある。

さらに詳しく構造を見ると、プレテンションの吊床版と扁平アーチの複合構造のものや（Bercy-Tolbiac Footbridge 事例 30）、交差した Fink トラス群で 130m のスパンを飛ばしているもの（Royal Victoria Dock Bridge 事例 22）等、ほとんどの事例で興味深い構造的な手法がとられているが、詳細は次の 3.4 の項にゆずる。

全長については、100m 以上のものが 20 事例ともしっかりと多く、歩道橋だからといって小規模なものばかりではないことがわかる。

3.4 設計アプローチによる分類

(1) 構造的な洗練が美を生んでいる事例

Millennium Bridge（事例 10）は、国際コンペにより選ばれたアーキテクトの Foster を中心としたチームによるものだが、セントポール寺院とテイトモダンギャラリーを「エレガントな刃（Foster のメモから）」で連絡しようという意匠的な意図と、何者にも遮られない眺望を確保し、周囲の建物からの眺望も乱さないようにしたいという利用上の意図を、スパン 320m を極めて扁平な吊り構造でささえることで実現するという構造的な課題に挑戦した橋である。

Footbridge over The River Mur（事例 12）もコンペにより選ばれたもので、アーキテクトがエンジニアの支援を受けて設計したものである。コンペの主旨は歴史的な旧市街と川の向こうの郊外をつなぐ橋に川沿いの活性化と歴史的景観に配慮した形態を持たせることであった。三角形断面の桁を床版下面のケーブルトラスで支える視覚的に周辺景観を乱さないシンプルな構造が選定されている。

Liffey Pedestrian Bridge（事例 14）もコンペであり、エンジニアとアーキテクトが対等な立場で参加したチームによるデザインである。透明感のある橋にするために採用された扁平な放物線アーチ形状のトラスが、周辺の既存橋梁や街並みとよく馴染み美しい。

エンジニア・アーキテクトと呼ばれる Marc Mimram の設計した Solferino Footbridge（事例 23）は、セーナ川の橋梁の多くが共有している上路式の扁平アーチ構造を採用した上で、パリ中心部を流れるセーナ川護岸の特徴である高水敷テラスとその上の市街地面の二層構造を活かすために、床版だけでなくアーチ部にも歩行面を設け、さらにこの二つの動線をアーチ中央部で連結するというアイデアを実現している。

英国のランカスターにある River Lune Millennium Bridge（事例 38）は、Y 型の平面を持っている。三つの地点を連絡するために選定されたこの形態は、構造的な検討の結果、先端がワイヤーでつながった 2 本の支柱から延びた 6 本のワイヤーで三つの床版を支えるのがもっとも合理的であることが判明したため採用されたものであるが、その構造的にも意匠的にも洗練されたフォルム

は、それ自体でアイコンとしての役割を十分果たしている。設計を担当した Whitby Bird & Partners 社は、エンジニアとアーキテクトの両方を持つ組織であり、その特徴が十分活かされた橋である。

Lockmeadow Footbridge（事例 44）も、同様に 2 本の支柱と数組のワイヤーによる吊り構造を採用した事例であるが、アルミニウムを床版に採用することなどにより軽量化が図られ、また、支柱等を透過性の高い構造にしたことで、宙に浮いたような軽い印象の橋に仕上がっている。

Pedestrian Bridge over The Neckar River（事例 35）と Pedestrian Bridge over The Weser River（事例 36）は、ともにメインスパン長が 100m を超える吊橋であるが、支塔をワイヤーで固定された一本のポールとし、さらに床版を美しくカーブする薄い曲面で構成することにより周辺の美しい河川景観と調和した造形物となっている。エンジニアが中心となりアーキテクトが参加している。

事例 2、4、5、9、16～19、21、26、29～32、37、40、41 もこのグループに入れることができるだろう。

(2) 可動橋

West India Quay Floating Bridge（事例 1）は、ロンドンのドックランズ再開発地区の水路に架けられた全長 94m の浮橋である。ドックランズ開発公社によるコンペで選定されたものだが、コンペにあたって、エンジニアがリーダーとなってアーキテクト等とチームを組むことが義務付けられた。構造エンジニアを中心に、アーキテクト、水力学の専門家、照明専門家が参加している。ゆるくそったアーチ状の桁を 4 組のフロートとそれに連結された細い支柱で支える明快な構造で、アルミ製のデッキの採用で軽量化が図られている。中央部は舟を通過させるために水力で可動する跳ね橋になっている。全体のバランスや手すりのデザイン、色、夜間のライトアップなどにアーキテクト等の専門性が活かされており、周辺の無機質な建築物群のなかでアメンボのようにも見えるユニークな形態は強い個性を発揮している。

Convertible Bridge over The Inner Harbour（事例 33）は、舟運のために 10m の橋下空間を確保することが最大の課題だったが、基礎部分のわずかな水平方向の動きがケーブルの大きなたわみになるという通常はエンジニアが頭を痛める問題を逆手に取って、可動橋というアイデアに活用している。吊り橋の主塔がわずかに 12 度後傾することで、ケーブルのたわみが小さくなり、それに合わせて床面がアーチ上に 10m 反り上がる。

Folding Bridge over The Forde（事例 34）は、床版が三枚に折りたたまれる可動橋である。その精妙な動きは機械仕掛けのオブジェのようであるが、構造的な裏付けが厳密に行なわれたまぎれもない構造物である。主構造を赤、ケーブルの取り付け部や滑車部を黄色に塗り分けたことでその動きが強調されている。上記 2 事例も、構造エンジニアが中心となりアーキテクトが参加したも

のである。

Gateshead Millennium Bridge (事例 43) は、橋軸方向の動きではなく、橋軸を回転軸とした動きをするところが極めてユニークな事例である。人の目の瞬きからヒントを得たとされるこの橋は、円弧の形をしたデッキをアーチが吊り、そのアーチが倒れることでデッキが上に回転し、十分な桁下空間を生むようになっている。

可動橋は、舟を通さなくてはならないなどの設計条件を満たすために取られる選択肢であり、その意味できわめてエンジニアリング的なアプローチを必要とするが、出来上がった可動橋は、渡るという機能以外に、意外性を持ったその動きを楽しむという機能が強調されランドマークとなっている。

(3)歴史的モチーフの継承

St. Saviour's Dock Bridge (事例 27) は、既存の歴史的な倉庫群やデリック等がモチーフとなっている。斜張橋の形式とデリッククレーンの形態とを重ね合わせ、さらに支柱部を軸に回転する構造となっている。

Royal Victoria Dock Bridge (事例 22) も、同様に 19 世紀に短期間登場した荷役橋がモチーフとなっている。Fink トラス構造の軽快で緊張感のあるデザインである。

どちらもロンドンドックランズ開発公社のコンペにより選定されたデザインで、エンジニアとアーキテクトのチームでの参加が義務付けられていた。

事例 3、6、11、13 もこのグループである。

(4)環境・景観との整合

Tree Top Walk (事例 8) では、森林を保全するため、そして森林を上から観察する視点を確保するために森林の上部 (最高で地上から 40m 上空) を通る歩道橋が検討され、軽く目立たないスパン 60m の上路式トラス構造をワイヤーで固定した支柱で支持する構造が採用されている。アーキテクトを中心としたエンジニア、芸術家のチームによる作品である。設計者の Donaldson はヒアリングに対して「著名な芸術家をチームに招いたことがアイデアを形にしていくなかで非常に有効だった。想像力をもった構造エンジニアがいたことも大きい」と述べている。

River Irthing Footbridge (事例 25) は、国連により世界遺産にも指定されている英国のハーディンズウォール国立散策路の一部に架けられた橋である。構造的には何とでもなるわずか 32m のスパンであるが、周辺の史跡や自然景観となじむ自己主張しないシンプルな形態が求められた。設計者のひとりでアーキテクトの Christopher Rainford は「ローマの水道橋に見られる古代のシンプルで分かり易い構造を参考にした。現地の歴史的風景に溶け込むようデザインと構造を検討した。大地の色になじむコーテン A スチールをプレハブで用いた」と語っているが、一つのオブジェのような存在感を備えている。

Green Bridge (事例 7) は、道路によって分断された

公園を道路上空に新たな公園を架けてつなごうという発想からできた橋である。この橋のために獲得した公的資金の範囲で、公園の緑地と連続したランドスケープをつくること、周辺へのインパクトをできるだけ軽微にすることという相反する要求にこたえる必要があった。できるだけ広い幅員を確保するよう橋軸を斜めにすること、橋下への圧迫感を軽減するため橋の側面を下から上に向けたなめらかな曲線とすることなどの構造と意匠両面の工夫がなされている。

Black Dog Hill Bridge (事例 24) では、周辺環境との調和を図る視点から木材をアーチ部材として使用している。これは、デザインエンジニアと自称する Mark Lovell の作品である。

事例 15、39 もこのグループに入る。

以上、本研究の調査対象とした事例を設計アプローチの違いから大きく四つに分類してみたが、全体として以下のことが認められる。

- ①構造を無視あるいは軽視した意匠優先の事例は無い。逆に、構造だけで意匠的配慮のない事例も無い。アーキテクトが参加しているからといって、決して装飾的なデザインにかたよっているわけではなく、構造のもつ本来的な美しさが十分検討されている。
- ②斬新で合理的な構造を採用し、構造的な洗練によって美しさを獲得している事例が多い。
- ③歴史性や自然環境など地域のコンテキストを尊重した構造形式や形態の採用が目立つ。

4. ヒアリングの結果とまとめ

E メールを発送した 35 事例のうち、質問 1 について 10 事例、質問 2 について 8 事例、質問 3 について 14 事例の回答を得た。すべての質問について回答を得たのは 7 事例である。回答の 9 割は事例として取り上げた各橋梁の設計者本人もしくは設計チームの一員により送られたものであり、残りは事務所の広報担当者からのものである。

各質問についての回答の要約を以下に示す。なお、本研究は限定した調査対象についてのケーススタディであり、統計的な評価にはなじまない。従って、どのような見解が何パーセントかという定量的な分析はおこなわず、総じてどのような意見が目立つかについてトレンド的・定性的な整理をおこなっている。

質問 1 「設計にあたって、構造設計、意匠的デザイン、コスト等をどのようにバランスさせたか？」

(1)アーキテクトからの回答

「まずエンジニアとアーキテクトのチームでダブリンの現地を視察した。その日のうちにデザインの基本について議論した。その後我々は密接に作業を連携して進め、トラスその他の形とサイズを決めていった。エンジニアチームはこの段階で重要な構造上の提案をしてくれた。

すべての主要な構造が歩道面よりも下にあり透明感のある斬新な橋を作りたいかったため採用した放物線アーチ形状のトラスによる方式は、美しく、軽量で効率の良いものであり、したがってコスト面でも有利なものとなった。一旦デザインの基本的な部分が出来上がると、交通を阻害しない施工のしかたについても十分な検討を行った。これはコンペで重要な部分であった。コンペに勝つと、実施設計図を作成するためにさらに密接な協同作業を進めた。」(事例 14)

・「薄い膜のような歩道橋を両側面に付加することで、既存の鉄道橋の重量感を和らげることを狙ったが、妥当な予算の範囲で質の高いデザインを行うことが大きな課題であった。」(事例 21)

・「19 世紀末に存在した荷役橋をデザインモチーフとしているが、水面から 15m 上空で 130m のスパンを軽快に飛ばすために、空力的な形状を持ったモノコック構造の床版とケーブル支持した Fink トラスの組み合わせを採用した。」(事例 22)

・「橋の美しさは構造的な均衡からくる。我々の橋梁デザインは純粋な構造的な形態によるものであり、見た目の訴求性を強めるために意匠を付け加えたりしない。美しい橋は、力の流れが分かり易いものだ。我々は構造的な形態を美的効果をねらって洗練させるが、構造的に正直なものでなければ橋は真に美しいものとはならない。橋は、一定の数の構造形式と適用基準が与えられればその中でおのずとデザインが決まってくるというが、しかし、我々はそうはしない。我々がエンジニアと共同作業するのとおなじように、我々は構造、意匠、施工性、経済性のすべてを同じ程度に尊重しながらデザインをする。」(事例 41 から 44)

(2) エンジニアからの回答

・「できるだけ軽やかでエレガントな、そして発注者が負担可能なコストの橋をかけるべく検討した結果として、二つのアーチがもたれあう構造を採用した。」(事例 2)

・「Miho Museum Bridge は Pei 氏のデザインと言われることが多いが、実際には我々 (Leslie Robertson Associates 構造エンジニア) と氏のコラボレーションである。シンプルで純粋なデザインだが、同時に日本の建築やエンジニアリングの世界のステレオタイプとはまったく異なるものにしたいかった。もう一つ心がけたことは、日本で手に入れられる最高の鋼構造技術を活用することだ。片持ち梁の付け根にあたるトンネルとの共同作業にも気を配らなければならなかった。美と構造的なバランスは我々にとっては同じものであり、それが外から見える部分であろうとなかろうと構造を意匠と切り離して考えることは無い。」(事例 29)

(3) エンジニアとアーキテクトの両方を持つ事務所からの回答

・「発注者から独自のアイデンティティを備えたランドマークとなる構造物をデザインしてくれと依頼された。我々は三つの代替案を作成したが、発注者が選んだのはそのうちで最も複雑でユニークなものであった。建設地

の風景などから考えた開放感のある形態として木材をアーチ材として使用したものである。先例が無く構造計算が複雑となったが、限られた予算のため模型実験ができず苦勞した。」(事例 24)

以上の回答を総括すれば、以下ようになる。

- ①多くの回答で、構造と美とは別物ではなく強く結びついたものであるとの見解が示されている。
- ②多くの回答で、美しい橋を実現するために独自の構造にチャレンジしている姿勢がうかがえる。
- ③構造・美・コスト、さらには施工性のバランスに十分な配慮をおこなっていることがうかがえる。

質問 2 「アーキテクトが設計した橋はコストがかかる」との批判をどう考えるか？」

(1) アーキテクトからの回答

・「そのようなことがあるべきではない。美的に問題のある橋が生まれてしまうのは通常制度や規制の無神経な適用かコストの締め付けによるものであり、(アーキテクトがデザインしたかエンジニアがしたかという) 設計のアプローチの違いで左右されるというものではないはずだ。」(事例 7)

・「アーキテクトが作る橋がエンジニアの橋よりもコストがかかるということがあってはならない。アーキテクトが意匠的な形態を無理に実現するため不適切な構造をつくるようエンジニアを追い詰めるようなとき、コスト的に問題のある橋が出来てしまうことはあるだろうが。」(事例 14)

・「アーキテクトがつくる橋が高コストだとする根拠は無い。最も安価につくられる部類の橋では、予算の規模と視覚的なできばえとのあいだに相関があるかもしれないが、アーキテクトは通常そうした最も安価な部類に入る橋の設計には参加しない。我々のような事務所は視覚的に美しい橋をつくりたいという発注者の願望が予算的に裏付けられているケースに雇われる。だからといって我々がコストについてルーズだということではない。橋の価値とは、建設費と維持費に比しての利便性の高さと景観的な完成度についての評価である。こうした価値を高めるのがデザイナーの仕事であり、アーキテクトはこうした仕事に適した職種である。橋は我々の都市空間においてとても重要な景観要素であり、予算とは無関係に、その場所の文脈に沿った適切で洗練された美しい構造物をつくる責任が設計担当者にはある。」(事例 41 から 44)

(2) エンジニアからの回答

・「美を考慮することなくデザインされた橋は、そうでない場合に比べて安くできるのは当然のことだ。どのような美となるかはその社会が美に対してつけることが出来る値段に応じたものとなる。」(事例 29)

(3) エンジニアとアーキテクトの両方を持つ事務所からの回答

・「アーキテクトとエンジニアのチームで両者の間のバラ

ンスがうまく取れず、アーキテクトがあまりに前に出すぎると、コストが必要以上に高くなることはありうるだろう。橋とは構造的なバランスを持っている必要があり、それが橋の美を作り出す。コスト削減を取るか美を取るかを決めるのは発注者の仕事だ。」(事例 24)

以上の回答を総括すれば、以下のことがいえる。

- ①アーキテクトによる回答すべてで、きちんと設計している限りアーキテクトが設計した橋がコスト高になると考えることはおかしいと答えている。
- ②アーキテクトとエンジニアの双方から、ただコストだけを見て橋のよしあしを論じるのは無意味であり、美にはそれなりのコストが伴うとの指摘がなされた。
- ③意匠に偏ったアプローチが構造をゆがめコストを引き上げることはありうるとの指摘もあった。

質問 3 「なぜ、アーキテクトとエンジニアのコラボレーションが必要であったのか？ 望ましいコラボレーションのあり方はどのようなものか？」

(1)アーキテクトからの回答

- ・「アーキテクトは常に他の専門家と仕事をするものであり、対等な関係が最も望ましい。」(事例 7)
- ・「アーキテクトは安全性や構造的な機能を左右するこまかな構造計算ができない。一方、エンジニアは工法や施行面についても詳しい。こうした見解をデザインの初期段階から得られることは有益だ。」(事例 8)
- ・「橋をつくることは必要な専門家のチームを作ることだ。Millennium Bridge は、エンジニア、芸術家、そしてアーキテクトの創造的な共同作業によって誕生した。」(事例 10)
- ・「まず、気の合うエンジニアを見つけること、次に、協調しながら仕事をするのが大切だ。エンジニアはすぐれた美的センスを備えているべきだし、リスクを取って取る用意が無ければならない。アーキテクトは構造や数学を理解できるべきだ。」(事例 14)
- ・「橋梁はアーキテクトがほとんど介入することなくエンジニアが中心となって効率的にそして機能的に設計されるのが一般的であるが、Hungerford Bridge と Royal Victoria Dock Bridge では、これまでのエンジニアを主体とした橋梁設計では盛り込まれることのあまりなかった美や環境についての視点を導入することで橋梁デザインの質を高めようと考えた発注者が、アーキテクトとエンジニアのチームで参加することを条件としたコンペ方式を採用した。我々は、我々のカルチャーとおりあえるエンジニアリング会社を選定した。アーキテクトとエンジニアが互いを尊重し互いの役割を理解できることが重要である。プロジェクトには多くの落とし穴があるので、アーキテクトとエンジニアの強固な結束がなければプロジェクトをコンセプトの段階から完成まで導くことはできない。」(事例 21、22)
- ・「近代橋梁の設計は複雑な作業であり専門家のチームが必要である。交通エンジニアも構造エンジニアもアーキ

テクトも単独で橋を設計することは不可能だ。チームのでき如何がプロジェクトの成否を左右する。」(事例 31)

・「エンジニアとアーキテクトが同時にチームで仕事することが最も望ましい。最初にデザインをし、次にエンジニアリングをやるというわけにはいかない。逆も同様だ。どちらがアイデアをだしたかは重要ではない。そのアイデアを実現するために両者のチームは一緒に前進しなければならない。そのデザインがうまくいくには、それぞれが、少しでも相手の目線で考えることが大切だ。別な言い方をすれば、アーキテクトは部分的にはエンジニアであり、エンジニアは部分的にアーキテクトであるということだ。ここからこっちは建築の仕事、こっちはエンジニアの仕事という区分ができるような橋は、中途半端なものになりがちである。」(事例 41 から 44)

(2)エンジニアからの回答

- ・「Kelvin Link Bridge は、設計コンペであったが、ある建築事務所から我々に一緒にやろうと声がかかった。その事務所と我々は以前から良好な共同作業をしてきた間柄だった。橋は建物と違い構造が表に出るため、建築以上にフォルムやディテールをよく吟味しないとしない。そのためアーキテクトとエンジニアの密接なコラボレーションをし、それぞれの最善をつくすことがとても重要だ。」(事例 2)
 - ・「Pei 氏は美保の橋をデザインするにあたって構造エンジニアと一緒に働く必要があった。そして彼はなじみのエンジニアを選んだ。アーキテクトとエンジニアがうまくコラボレートできなければ良い橋は生まれない。」(事例 29)
- (3)エンジニアとアーキテクトの両方を持つ事務所からの回答
- ・「一般にエンジニアだけでも良い橋はできる。アーキテクトから建築的な助言を得ることは有益だが、力のあるエンジニア抜きでアーキテクトが良い橋をつくることは出来ない。バランスのよい構造を実現するには、エンジニアができれば中心となって、最低でもアーキテクトと対当の立場であるべきだ。」(事例 24)

以上の回答を総括すると、以下のようになる。

- ①回答してくれたアーキテクトもエンジニアも、程度の差はあるが、橋が複雑な構造物であり両者の間で何らかのコラボレーションが必要であるという点で一致していると言って差し支えないであろう。特にアーキテクトが橋を設計するうえでエンジニアの専門性をきちんと評価していることが読み取れる。
- ②しかし、単にエンジニアとアーキテクトがチームで仕事をすればよいということではなく、互いに相手の専門性を尊重できる協調性が必要であり、そうした素養を備えたエンジニアばかりではないとの指摘もアーキテクト側からなされている。
- ③一方、エンジニアからは、アーキテクトの参加の意義を認めつつもあくまでエンジニアが中心的な位置に立つべきだとの意見が出ている。

5. 考察

5.1 コラボレーションの必要性

今回のヒアリング調査の結果、エンジニアとアーキテクトの双方に、歩道橋の設計においてはそれぞれの専門性を活かし補い合うことや専門領域を越えて両者が互いに刺激しあうことが必要であるとの認識があることがわかった。

歩道橋は、自動車道路橋や鉄道橋に比べて荷重が小さく、設計の自由度が大きいと、人を安全に渡らせるという機能的な要求にこたえつつ同時に構造的・意匠的な美しさや地域のコンテキストを反映した形態などを実現する余地が大きいという特性を持っている。このことが歩道橋のデザインに、エンジニアばかりでなく、アーキテクト、芸術家など様々な専門家が参画しうる背景となっているが、実際にコラボレーションを経験している専門家の間で、こうした歩道橋設計におけるコラボレーションの必要性やメリットが、きちんと認識されていると考えてよいだろう。

コラボレーションのあり方としては、橋梁本体をエンジニアが担当し、手すりや歩道の舗装など細部の意匠をアーキテクト等が担当するといったわが国でよく見られる分業の形態はまったく見られず、エンジニアとアーキテクトが設計プロセスの初めから対等の立場でパートナーとして仕事をすることが望ましいとの見解が多かった。

ただ、回答の中には「できればエンジニアを中心に」との見解も見られ、どのような形態のコラボレーションが一般化するかについては今後も継続して観察していく必要がある。

5.2 コラボレーションを導入すべきケース

アーキテクト側から、アーキテクトが設計した橋は高コストになりがちだというエンジニア側の通念を強く否定するコメントが得られたのに加えて、アーキテクトとエンジニアの両者から、コストだけを優先した橋と一定の構造的あるいは意匠的な洗練を求めた橋とを単純に比較するのはナンセンスであるとの見解が示されたことは、非常に興味深い。

コスト最優先で検討すれば、当然最低保証としての強度や耐久性に設計の比重が置かれることになるが、そこに美や歴史性、地域性などの付加価値を上乗せすることが重要な設計要件となる事例も当然ありうる。特に今回取り上げた歩道橋の事例はそうした付加価値を発注者が求めているケースが中心である。

本稿は橋の美しさが何から生ずるかについて論じるものではないが、最低保証としての機能や強度しか考慮していない予算設定の中で（土木構造物ではそうした予算設定が一般的である）美しい橋が生まれる余地が少なくであろうことは議論するまでもない事実ではないだろうか。

どんな橋でもエンジニアとアーキテクトがコラボレートすればよいというのではなく、コラボレーションする

ことで達成できる付加価値が発注者側の意図の中にきちんと織り込まれているケースであるべきだということは認識しておかなければならないだろう。

5.3 コラボレーションを義務付けたコンペの導入

本研究の中で、発注者側にエンジニアとアーキテクトのコラボレーションの形態をコンペ等に取り入れる動きが広く出てきていることがわかった。44事例中、少なくとも15事例がコンペによって選定されたものである（表1参照）。

ロンドンの再開発地区ドックランズを主管するロンドン Docklands 開発公社では、これまでに実施した数件の歩道橋の設計コンペで興味深い実験を行っている。その一つは、本稿でも取り上げている West India Quay Floating Bridge で、このコンペでは、アーキテクトが主導するエンジニアとのチームであることが義務付けられた。また別の事例では、逆にエンジニアが主導するアーキテクトとのチームでの参加を義務付けた。同様の試みは英国高速道路局でも行なわれているという⁹⁾。

質の高い歩道橋をつくるうえで、エンジニアとアーキテクトによるチームでの参加を義務付けたコンペというやり方が効果的であるとの認識が、欧州に生まれていることを示唆している。

ドイツにおける橋梁設計の権威であり、本研究で取り上げた事例33から36の設計者でもある Schlaich 教授は、このように欧州で多数の実績が生まれつつある橋梁の設計コンペを日本でも導入し、斬新なデザイン、アイデアに富んだ構造物が生まれやすい環境をつくることを提言している¹⁰⁾。

また、大分の「鮎の瀬大橋（1999年）」など多数の橋梁デザインの実績を持つ大野美代子氏も「コンペで競い合うのも一つの方法。（歩道橋は）構造や意匠の自由度が高く、アーキテクトなど他分野からの提案も期待できる」と語っている¹¹⁾。

わが国では、歩道橋設計におけるコンペ方式は未だ一般化しておらず、エンジニアとアーキテクトのコラボレーションを前提としたものはほとんど事例が無い状況である。欧州の例に負けない斬新な歩道橋の登場を促す土壌作りの一環として、今後はわが国でもコラボレーションを義務付けたコンペを試行してみる価値があるのではないだろうか。

6. まとめ

本研究では、欧州での歩道橋設計におけるコラボレーションについて以下のような知見を得ることができた。

- (1) 歩道橋は、コラボレーションに適した構造物であり、コラボレーションを経験したエンジニアとアーキテクトは、その意義をきちんと評価している。
- (2) コラボレーションの形態としては、設計プロセスの初期段階からチームを組むことが望ましい。
- (3) 美や地域性などの付加価値が橋の評価項目となる場

合にコラボレーションをおこなう意味がある。

(4)コラボレーションを義務付けた設計コンペが、エンジニアとアーキテクトのコラボレーションを進める触媒的な役割を果たしている。

今後は、さらに掘り下げた事例調査をおこない、設計作業の中での具体的なコラボレーションの形態や問題点等を明らかにしていきたい。また、今回の調査ではおこなわなかった発注者側へのヒアリングを実施することにより、コラボレーションの発注者にとってのメリットや課題等についても明らかにしていきたい。

我が国でもかつてコラボレーションがおこなわれていた時代があった。例えば、東京の「日本橋（1911年）」は、東京市橋梁課長だった樺島正義等エンジニアとアーキテクト妻木頼黄の協同作品であり、お茶ノ水の「聖橋（1927年）」はアーキテクト山田守と復興局エンジニアの成瀬勝武の協同作業（携わった時期はずれている）によるものだ¹²⁾。当時エンジニアとアーキテクトのコラボレーションは珍しいことではなかった。

欧州の状況は、歩道橋が様々な専門家が自由にその創造性を発揮できる魅力的な分野であることを示している。わが国においても、歩道橋を舞台に土木と建築が再びコラボレートすることにより、風土になじんだ新しい歩道橋が次々と生まれる時代がくることを期待したい。

最後に、Eメールによる不躰なヒアリングに快く応じてくれた各設計事務所にお礼を申し上げます。

参考文献：

- 1) 斎藤理「横断歩道橋」日本建築学会 建築雑誌 Vol.117 No.1483. 2002年2月号. pp.24
- 2) 中野恒明「門司港レトロのシビック・デザイン-1」造景 No.296-4. 建築資料研究社. pp.152-159

- 3) 川口衛「イナコスの橋 湾を見下ろす神」造景 No.296-4. 建築資料研究社. pp.64-69
- 4) 武藤聖一「土木の風景 横浜市中区新港サークルウォーク」日経コンストラクション 2000.4.14. pp.102-107
- 5) Martin Pearce and Richard Jobson, *Bridge Builders*, Willey-Academy, U.K. 2002.
- 6) 武藤聖一「土木の風景 フランス・パリ ソルフェリーノ歩道橋」日経コンストラクション 2000.4.14. pp.102-107, 川田忠樹「ミレニアムブリッジ騒動記」建設業界 2002.5. pp.46-48, Deyan Sudjic, *Blade of Light: The Story of London's Millennium Bridge*, Penguin, 2001.等
- 7) Desmond Mairs and Scott Lomax, *Footbridge Design: Respecting Context and Relating to Users*, The Structural Engineer, 5 March 2002, pp.15-18.
- 8) I. P. T. Firth, *A Tale of Two Bridges: The Lock-meadow and Halgavor Bridges*, The Structural Engineer, 5 March 2002, pp.26-32.
- 9) 「より冒険的に、より独創的に：英ドックランズの歩道橋設計コンペ」日経コンストラクション 1995.4.28. pp.80-86
- 10) 上坂康雄, 松田浩「橋のお国事情 ドイツ シュライヒの橋を中心に」橋梁と基礎 1999. 11. pp.41-49
- 11) 「構造美を競い始めた歩道橋」日経コンストラクション 2001.12.14. pp.78-93
- 12) 伊東孝「東京の橋」鹿島出版会. 1986. pp.62-69, pp.168-174

(2003年9月12日受付)