

橋の高欄のお話

2017年7月

0. まえがき

日本の和風の建物本体やその敷地の境界は、何となく開放的な構造が多い特徴があります。昔は中国大陸から、近代以降は欧米文化の影響を受けた建造物は、防衛を兼ねた厳重な囲いを持っていることと対照的な面があります。例えば、日本の神社の神域を示す境界は、はっきり区切られる場合であっても、かなり解放的です。一方、大陸渡来の仏教寺院は、塀をめぐらし、山門で区切り、さらに江戸時代以前は僧兵を住ませるなど、武装集団を囲うように構成していました。日本風の境界構造の代表として、住宅まわりの垣根や柵があります。欄干は柵ですが、橋・階段・廊下などの縁にみられる手摺のように、高さをそれほど高くしません。橋の欄干は、人の転落防止を目的として、手摺の高さを1m程度にしますので、専門用語では高欄と言います。高欄のデザインは、その他の装飾的な要素も考えます。橋の場合には、親柱・照明設備などの設計にデザイナーの協力を仰ぐこともあります。

橋は、地域の人に親しまれ、また、よそから来る人が地域のランドマークとしても利用されます。旅行記念に橋、それも親柱などを背景にして写真を撮ることも普通に見られます。この小文は、一般の人向けに、柵や高欄の使われ方を紹介することを目的にまとめてみました。技術的なデータや数式は省きました。

島田静雄

目 次

0. まえがき
1. 欄干の使われ方から
2. 欄干を使わない橋もあること
3. 日本橋の高欄の変遷
4. 京橋の遺跡
5. 高欄のデザインと安全対策
6. 歩道に張り出しがある橋
7. 製作と架設時の課題
8. 高欄周りの種々の安全対策
9. 終わりに; インタフェース的な見方

用語索引

索引の参照番号は、章 です

アルミ合金	7	擬宝珠	3	納屋橋	6
有松橋	6	京橋	4	西平和大橋	5
幾英	3	橋上美人	1	日本橋	3
宇治橋	6	銀座一丁目	4	バルコニー	6
歌川重清	5	清水寺の舞台	1	花道	1
歌川広重	3	兼六園	2	橋掛かり	1
歌麿	1	徽軫灯籠(ことじとうろう)	2	橋姫	6
魚河岸	4	古宇利大橋	6	橋本勘五郎	4
永代橋崩落事故	5	後楽園	2	張り出し	6
円月橋	2	高欄	1	広重	4
演舞	1	高欄の応力	7	広重Ⅲ	3
塩害	8	小林清親	3	舞台	1
大角力両国橋渡	1	柵	1	風圧	8
ガードレール	7	三の間	6	平和大橋	5
ガス灯	3	遮音壁	7	北斎	2
カルマン渦	8	雪鯨橋	9	萬代橋	5
雅楽太平楽	1	太鼓橋	7	三河の八つ橋	2
開化絵	3	竹河岸	4	三嶋神社	1
神楽殿	1	テラス	6	耳桁	7
掛川	2	手摺	1	無量寿寺	2
川瀬巴水	3	電灯照明	4	目隠し	8
壁高欄	7	土橋	2	欄干	1
擬宝珠	1	長崎の眼鏡橋	2	両国橋	1

参照できるリンク情報

(*1) PDF版:橋の情報と資料、中日本建設コンサルタント株式会社、技術情報
WEBサイトは、

<http://www.nakanihon.co.jp/gijyutsu/Shimada/shimadatop.html>

1. 欄干の使われ方から

一般用語の欄干とは、橋や縁側の端に設ける柵です。橋梁工学では高欄と言います。日本建築の縁側に設けるような背の低い欄干に比べて、人が落ちるのを防止することを主目的として、また、簡単に跨げないように手摺の高さを1m程度の高さにすることから、この用語が使われるようになりました。

日本の神社には、拝殿前に楽殿を持つことが多く見られます(図1)。やや高い舞台の外回りの回廊を低い簡単な欄干で巡らしてあります。観客は舞台を囲むように外で立ち見をしますので、その分を考えた、高床の舞台です。舞台との境界を区切り、観劇の妨げにならないような構造です。京都清水寺の舞台には擬宝珠の付いた欄干があります。お寺であるのに、舞台と擬宝珠があるのはおかしいのですが、明治以前は神仏混淆の建物であったときの名残です。

日本演芸の舞台建築は、神楽殿様式の延長のような性格があります。観客が座って観られるような、やや低めの舞台の高さです。その端には、演者が誤って転落しないように知らせる低い欄干や敷居があります。無い場合もあります。能舞台は、観客から見て左奥から舞台に通じる通路を橋掛かりと言い、簡単な装飾的な欄干が付きます。歌舞伎の劇場では、観客席の左後ろから舞台袖に通じる、花道があります。西洋式ファッションショーでは、モデルさんが往復する長い舞台を使います。これらの花道や舞台は、欄干を使っていません。

図2は、雅楽の太平楽の演舞をデザインした切手の図柄です。この演舞は、神式の神楽とは別であって、中国風、また武家風でもあります。装飾を施した低い欄干に注目して下さい。観客座敷よりも舞台の方が低い構造です。この欄干は、舞台と観客とを仕切る目的があります。

橋の欄干を舞台の欄干に見立てた浮世絵の図柄が図3と図4です。観客がこの視点位置に立つことはできませんので、浮世絵師の着想が見事な作品です。この図から、高欄の構造が分かります。両国橋は、日本橋とは異なって擬宝珠がありません。手摺の高さも、それほど高くありません。現代風に見れば、子供が簡単に踏み越えることができますので、危険であると苦情が出るでしょう。

図4は、歌麿画の描いた美人画の浮世絵です。両国橋は、その下流にある永代橋に比べると、今で言う庶民の歩行者天国のような雰囲気があって、若い女性がファッションを競っていたのではないかと想像できる絵柄です。



図1 三嶋神社の神楽殿(舞殿)



図2 日本切手:雅楽太平楽、発行 1971-04-01



図3 日本切手相撲絵シリーズ第4集;
大角力両国橋渡:発行 1979-01-13



図4 歌麿画 両国橋の涼み(橋上美人)

2. 欄干を使わない橋もあること

日本は、荷物の輸送に、古くは馬車や牛車、現代では自動車を使うように道路の整備をすることは、地形的には恵まれていません。通行が頻繁でない生活道路には、欄干の無い、小径間の板橋や土橋が多く見られます。社寺や大名の庭園には簡単な石の桁橋も架けます。あまり気を付けないのですが、欄干が無いデザインも普通に見られます。むしろ、欄干がある橋は、重要な意義を持って建設され、装飾的な要素も加わります。図5は、広重の東海道五十三次 掛川です。主要な街道にある橋でしょうが、典型的な土橋であって、欄干がありません。通路の端に地覆があって、敷居を盛り上げたような構成です。

図6は、伊勢物語に出てくる八つ橋伝説に基づいて描いた三河の八つ橋の浮世絵です。欄干はありません。実際にこのような構造で架設されていたかどうかは分かりません。現在では、愛知県知立市の無量寿寺に八つ橋史跡保存館があり、かきつばた園の歩行者通路のデザインに使われています。稲妻形の通路は、歩行者だけの通行しかできません。湿地帯の通路として、観光地にもよく見られます。

一般論として、石材は、木材と比べると、橋の架設には不向きな材料です。その理由の一つは、細かな構造に加工することに不便であることです。橋本体に親柱・地覆・高欄を取り付けるときの部材の取り合いを設計するときの構造に困ります。図7は、金沢市兼六園にある**徹軒灯籠**(ことじとうろう)の絵葉書です。手前に石の桁橋が写っている図柄を見つけました。この石橋は高欄がありません。幾らか物騒な構造ではありますが、それを承知で歩行者用の通路に利用しています。これと対照的な石橋が、東京小石川後楽園にあり、石造アーチの円月橋(図8)です。こちらは、よくデザインされた石の高欄が見えます。円月橋は、私的な遊歩道用通路ですので、通路は太鼓形です。図9は長崎の眼鏡橋です。高欄の形状に注目して下さい。こちらは、石造高欄構造の標準形です。



図5 広重 東海道五十三次 掛川



図6 北斎 諸国名橋奇覽
三河の八つ橋の古図(伊勢物語)

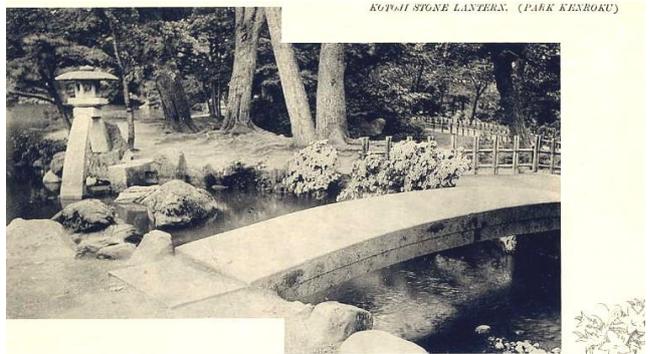


図7 金沢市の兼六園(絵葉書より)



図8 後楽園円月橋(インターネットより)

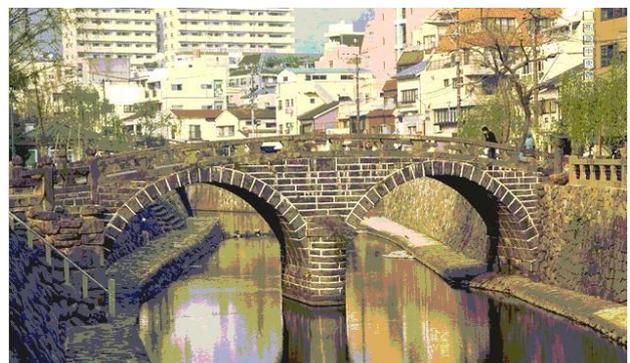


図9 長崎の眼鏡橋

3. 日本橋の高欄の変遷

日本橋は、江戸(東京)の象徴と言える橋です。創架は江戸時代はじめ(1603)です。高欄に擬宝珠を持つていた格の高い橋です。火災などで何度も架け替えられてきましたが、横浜開港(1859)から明治44年(1911)の間に大きな変化がありました。高欄が欧風のX形になったこと、ガス灯の照明があったこと、鉄道馬車が通行するようになったこと、などです。これらは、開化絵として残されています(マスコロ美術館)。現在の日本橋は明治11年架け替えられた2連のアーチ橋です。川瀬巴水の近代版画は、いまや歴史的な景観を記録した画像としての価値があります。現在は高速道路が、この景観を台無しにしてしまいましたから。



図10 東海道五十三次、日本橋(歌川広重、1797-1958)、人が溢れている図版の方です



図11 1882,歌川重清, 複線レールを敷いた日本橋,右側通行 高欄がX型の洋風になった。右上は一石橋



図12 高欄が4列ある時代の開化絵(下の部分) 1873,広重Ⅲ、表題はガス灯を主題としています



図13 1886,幾英,欄干は2列に戻った



図14 日本橋夜景(小林清親、1847-1915) ガス灯が主題の夜景

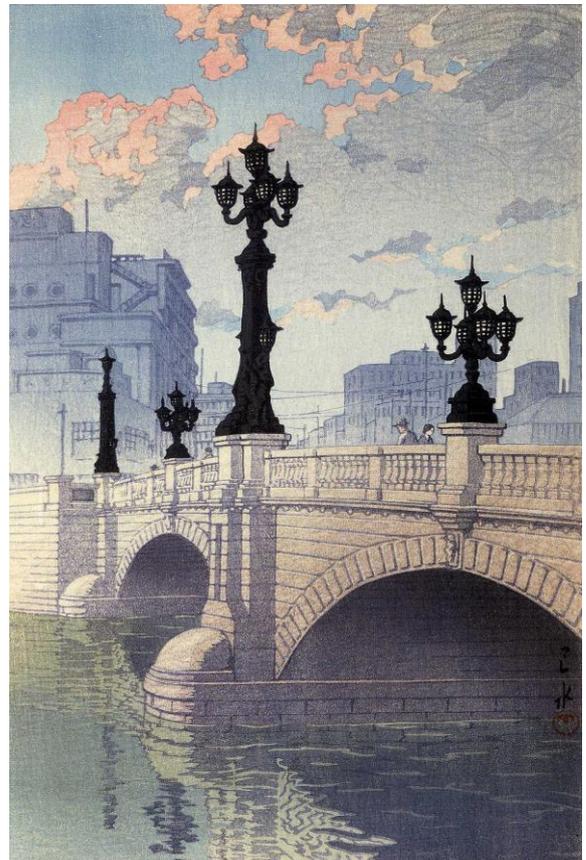


図15 近代版画(川瀬巴水、1883-1957) 昭和15年(1940)作、日本橋(夜明)

4. 京橋の遺跡

東京中央区にあった京橋は、日本橋と殆ど同じ扱いをされてきた重要な橋です。創架も江戸時代のはじめ、支間・幅員・橋形式もほとんど同じであって、いわば姉妹関係の橋です。図16は広重の「江戸名所百景 京橋竹がし」です。高欄に擬宝珠がありますので、格式が高かったことを証明しています。日本橋は魚河岸がありました。京橋は竹細工に使う竹材の集積場でしたの、ここを竹河岸と呼びました。

明治8年(1875)、橋本勘五郎によって石造アーチに架け替えられました。そのとき、擬宝珠をかたどった石の親柱が立てられた実物が、銀座一丁目の交番の横に、記念碑として残されています。ひらがなで「きやうはし」と彫ってあります。旧仮名遣いです。

前章の図14に描かれているガス灯の実物は、親柱の位置から道路を隔てて日本橋側に残されています。そこには、大正11年(1911)に改築されたときに建てられた、電灯照明になった親柱も展示されています。

元の京橋は、京橋川に架けられていて、戦前はこの地区は京橋区でしたが、中央区に併合されてしまいました。昭和34年(1959)、首都高速道路の建設のために京橋川は埋め立てられ、橋本体も消滅してしまいました。



図16 広重の描いた京橋



図17 明治初年頃の京橋の親柱(撮影 山口貴)



図18 ガス灯、電灯照明の親柱(撮影 山口貴)

5. 高欄のデザインと安全対策

新潟市の萬代橋(図19)は、先駆的で近代的な鉄筋コンクリート6連の上路アーチ橋として1929年に完成しました。この橋は、1948年8月23日、「川開き」の花火大会が開かれたとき、橋上の観衆が一斉に下流側の欄干に殺到したため、欄干を押し倒し、約40mに亘って落下、約100名の観衆が信濃川に転落して、死者11名、重軽傷者29名を出す大惨事が起きました。高欄の高さは、架設当時85cmでした。現行基準から見てやや低いので、安全対策上、嵩上げの計画が持ち上がりました。しかし、安全利用について、暴徒化しない冷静な行動をすることを市民が合意することで、元の設計思想を尊重することにした経緯があります。この事故を教訓として、橋梁の高欄の強度設計法が改訂されました。それは、路面高さ90cmの手摺高さで、単位長さ当たり250kgf/mの水平力を考えました。現在では、高欄の高さ規定が1.1mになりました。



図19 新潟市、萬代橋(1929)

広島市の原爆投下の爆心地にあった二つの木橋は、原爆で破壊され、橋名を「平和大橋」と「西平和大橋」の対にして、1952年に掛け替えられました。この2橋の高欄デザインを、日系アメリカ人のイサム・ノグチ(1904-1988)に依頼したことが、当時としては画期的なことでした。図20と図21は、工事完成直後の写真です(撮影者不詳)。デザインの特徴は、特に橋端での象徴的な形にあります。しかし、高欄としての機能から見ると、手摺の高さが低く、歩行者の転落の危険が指摘されました。この問題は、工学的な設計者とデザイナーなどが事前に良く話し合いをすることの重要性を提起したことになりました。

高欄ではありませんが、江戸時代、永代橋崩落事故の記録があります(図22)。文化4年(1807年)8月19日、深川富岡八幡宮の大祭のとき、橋の通行止めが解除され、両岸から一斉に群衆が橋を渡ったとき、橋の中央付近が群衆の重みで崩れ落ちました。多くの人が転落し、一説によると死者は1500人という江戸始めて以来の大惨事でした。群衆に良識ある行動を期待することに限界があることは、いつの時代でも社会的には大きな問題です。



図20 平和大橋の橋端での高欄デザイン(完成時)



図21 西平和大橋の橋端の高欄

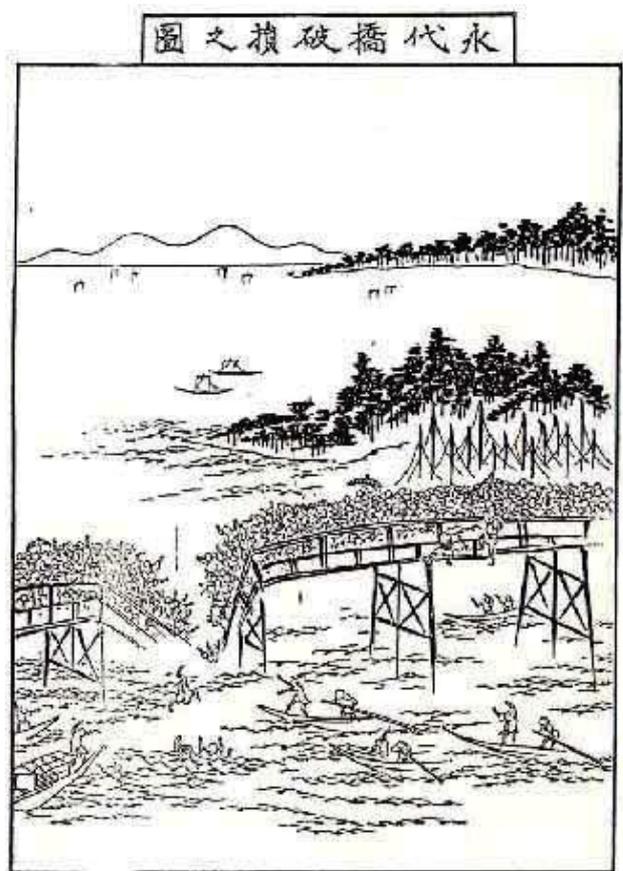


図22 永代橋崩落の図(出典不明)

6. 歩道に張り出しがある橋

京都の宇治川にかかる宇治橋(図23)は、日本歴史の記録として最も古くから知られている橋です。現在の橋は、1996年の掛け替えです。周辺の歴史遺産との調和を図るように、伝統的な木製の高欄と擬宝珠が付けられています。特徴的な構造は、橋の中ほど、上流側に張り出し場所があることです。特に名称がありませんが、現代風に言えばカタカナ語のバルコニーやテラスです。宇治橋の張り出し部は、橋の守り神である橋姫を祀る、「三の間」(お姫様の居間のこと)だそうです。図23は、この張り出し部を取り上げた切手の図柄です。

近代の橋で、このような張り出し部を作った一つの例は名古屋の納屋橋(1921)です(図24)。宇治橋のような宗教的な意味は有りませんが、海外のデザインに影響を受けて張り出し部を設けたのではないかと想像しています。この写真では見えませんが、橋の袂に近い場所の高欄には、三英傑(信長、秀吉、家康)のそれぞれの家紋をレリーフにした装飾があります。

沖縄県の古宇利大橋(図25)は、離島を結ぶ長さ1960mの海上橋です。ノッペラボウに長い橋の片側だけに設けた歩道に、アクセントを設けるように、二か所にベランダが付いています。ここは、見晴らし台のような使い方が目的です。注目することは、歩車道を区切る柵の高さを低くしてあって、跨いで越えられること、海側の高欄の高さが1m程度であること、その縦の支柱間隔が狭く、横棧がないことです。これは、足を掛けて手摺の上に登れないようにする安全対策からです。

名古屋の東部、今は緑区に、有松絞りで有名な有松があって、旧東海道沿いに古い町並みが残っています。外国人が観光に訪れ、スケッチを楽しんでいます。旧東海道から少し西に離れたところに、有松橋があります(図26)。幅員の狭い歩道橋です。町名に「有松橋」の記録がありますので地元では、歴史のある重要な道路であったようです。鋼橋として建設された時機は不明です。幅員は1.5mしかありませんので、小型自動車一台しか通ることができません。橋の中央に歩行者用の待避所として張り出し部を設けていることが個性的です。

なお、図25、図26のような横棧のない柵は、マンションのベランダ、バルコニー、通路の柵としても標準的に見られるようになりました。ただし、通路面からの全体高さは、安全を考えて、1.3m程度に高めて設置されています。



図23 日本切手:宇治橋(発行 1951-08-01)



図24 納屋橋の高欄と歩道張り出しのデザイン



図25 沖縄県古宇利大橋歩道部に設けた見晴らしスペース(インターネットから探図)



図26 歩行者用退避所を設けた一車線の道路橋
名古屋市有松橋

7. 製作と架設時の課題

高欄とそれに関連する付属物の形状は、橋を通行するときの顔として特徴を持たせたデザインが工夫されています。高欄全体のデザインに凝り過ぎないことも必要です。担当者がささやかな趣向を凝らすこともあります。一つのエピソードを紹介しましょう。今の天皇が美智子妃殿下と結婚する時、テニスウエアのVネックが一時ブームになりました。葉山の御用邸に通じる小さなコンクリート道路橋の高欄縦柱に、V形のレリーフを採用した例があります。

高欄を横から見るのではなく、通路方向に見通すように見ると、手摺の線形が、左右上下に振れる形状が良く分かります。これは、完成時には意地の悪い目視検査になります。見通しの形状は、縦断勾配に沿った垂直面内の曲線です。高欄の形状はこの勾配に合わせるように、パネル単位で角度の異なる平行四辺形で製作しなければなりません。個別に手作りの手間がかかります。マンションのベランダやバルコニーの手摺りのような、標準設計の大量生産で賄うことができません。橋端で三次元的な折れ線や曲線形が必要になることがあり、このことが設計時だけでなく、製作や架設のときの対応に苦労することがあります。このことを頭にいれて、改めて図8の太鼓橋、図9の石造アーチの、欄干部の側面形状の変化に注目して下さい。石材、コンクリートまたは鋳造で造形するときには、個別に微妙な立体形状に対応させます。しかし、このような外形形状に鋼板を加工し、かつ、或る程度の強度を持たせるように製作したいとなると、言わば、折紙細工と同じような問題で苦労することがあります。

橋の高欄を紙の上で設計している段階では、標準的な構造を提案することもできます。材料に石材や鋳鉄を使ってデザインに凝ると、重量が嵩みます。経済設計の競争をするとき、真っ先に高欄重量の軽量化が図られます。軽量化にアルミ合金製の高欄も採用されています。ただし、アルミ合金は、鋼橋に使用するとアルミ合金が鋼材よりもイオン化の順位が高いので、腐食が促進される欠点があります。したがって、アルミ合金製の高欄は、電気的な絶縁も考えて、コンクリート橋に多く使われています。

図12の日本橋の開化絵には、歩道と車道とを区切る目的があって、高欄が4列建設されました。評判が悪く、図13では2列に戻りました。現代、自動車の交通量が増えると共に、路肩をはみ出して自動車が突っ込んで起こす事故を防ぐため、ガードレールが設置されるようになりました。混合交通の個所で、歩行者と車の通行区分を仕切る、高さの低い欄干状の構造です。頑丈に過ぎると、自動車が衝突したとき、運転者や同乗者に方に大きな衝撃を与えて、返って危険ですので、適度な変形能を持たせます。考え方としては、一種の消耗品的な扱いをしますので、デザイン的には無粋です。橋梁では、広い歩道を持つ幅員の広い橋梁であっても、ガードレール、または簡単な欄干で仕切る事例が増えました。二車線の道路橋では、歩行者用の通路幅を区切る余裕がないこともあって、歩道専用の橋を本線と並行して建設して対応するようになりました。自動車専用の高架橋は、自動車の転落を防ぐ目的もあって、強固な壁状の高欄を使います。乗用車の運転席の高さからは左右の景色が見え難いこともあり、また、遮音壁がその上に聳えるように建設される個所では、運河の底を走るような味気ない通路になります。このような高架橋で、路面の水はけがよくないと、集中豪雨のときに水路のようになることがあります。

橋の力学的な解析は、実構造物の挙動を良く表すように研究され、また理論に合うように実構造物が製作・架設されます。その確認方法は、撓みや応力測定によって間接的に行われます。実は、応力そのものは部材内部で働いている力ですので、応力を直接に測定する手段はありません。歪みを測定することで応力の大きさを推測します。戦後、抵抗線歪み計が実用されるようになって、構造物の応力測定が多く行われてきました。理論的な力学モデルを仮定し、実構造物の挙動どれだけ合うかという見方をします。力学モデルを決めることは一種の仮説を立てることですが、予測に無かった測定結果が出る場合があります。その一つの例として単純桁橋の高欄の応力があります。橋桁全体を一体化した桁断面とすると、高欄の手摺りの位置は、中立軸よりかなり上に位置しています。橋桁が活荷重による曲げを受けると、手摺りには橋軸方向に圧縮応力が作用するのです。また、鋼製高欄は本体構造よりも温度変化を大きく受けますので、相対的な大きな伸縮も受けます。したがって、これを吸収させるように伸縮構造を設けることも一つの常識になっています。自動車専用の都市高架橋では、剛性の大きな壁高欄や遮音壁などが施工されますが、これが端主桁(耳桁)の剛性に寄与する部材として機能することが確かめられています。

8. 高欄周りの種々の安全対策

寒冷地にある小支間のコンクリート橋では、高欄も、特別にデザインしたコンクリートブロックで作ることが見られます。この上面の手摺り部分に雪が積もり、それが部分的に融けてコンクリート部分に水が浸みこみます。夜間、気温が下がってこれが氷結し、手摺りの表面から、かさぶたのように亀裂が入って、かぶり相当の厚みの破壊が見られることがあります。一方、海風を受ける個所では、高欄だけでなく、橋全体が塩害を受けます。日本では、台風時に塩分を含んだ風雨が悪さをします。コンクリート部分は内部の鉄筋を腐食させ、結果としてかぶりの厚さ部分の破壊に進みます。高欄は、太陽に照らされて高温になることもあり、かなり過酷な自然環境にさらされています。したがって、高欄にはコンクリート製ではなく、鋳鉄や、石材で施工するのが丁寧です。橋を観察するとき、このような詳細設計部分にも注目することを勧めたいところです。

橋の上は見晴らしが良いことで好まれる場所です。シート高さの低い自家用車で徐行したり駐停車をすることで渋滞が起きることを防ぐため、高欄全体を目隠ししたり、また、手摺に登れないように、足がかりが無いような構造もあります。下が良く見える高い所に上がると、何か物を投げて、その落下の軌跡を見たい誘惑にかられます。素焼きの皿を投げる場所を設けた観光地もあります。橋、それも下が水面である高い位置にある橋は、このような場所になります。高さが低くても、下に鉄道や道路があるとき、物を投げ込む行為は危険ですが、マナーだけでは防ぎきれないことが橋の管理者を悩ましています。物ではなく、投身自殺の名所になっている橋もあります。身投げをされるのは迷惑な限りです。高欄だけではこのような行為を防ぐことはできませんので、通行量の多い歩行者通路全体を鳥籠のように覆う例が見られます。

橋は風の通り道を横切るような地形に架けられますので、横からの風の影響を最小にするように、高欄も原則として素通しの構造にします。一方、歩道橋を下から見上げた時、女性の下着を見えなくすることを目的とした目隠しも使われる個所があります。これらの目隠し構造は、横から、かなりの風圧を受けるとして設計しなければなりません。横風を受けると、細く長い部材は風を切ってカルマン振動や騒音を発生することがあります。海上を渡る長大吊橋や斜張橋では、手摺りの部分を航空機のフラップのような構造にして、本体構造の耐風性能の向上を図ることも試みられています。流体力学的な研究もかなり行われてきました。しかし、案外なことに、デザイン的に滑らかな表面仕上げで構成するよりも、意図的に表面を粗くするなど、空気の流れを乱す方が、振動や騒音を減らす効果があることも分かってきました。高欄とは少し話しがずれますが、円断面の高煙突や斜張橋の丸断面のケーブルが、カルマン渦の振動と同期して大きな振動を起こすことが問題になりました。意図的に、例えば、らせん状の突起物を付けると振動しなくなるのです。

9. 終わりに; インタフェース的な見方

橋の高欄は、人が橋を歩いて渡るときに触れる部分です。コンピュータの用語で言えば、人と橋とのインタフェースが構成される個所です。山間部の吊橋では手摺りが無ければ怖くて渡れません。普通の高欄は「ここは橋ですよ」と教える特徴を持たせた個所です。最後に、非常に興味深い高欄の例として、大阪吹田にある雪鯨橋を紹介しておきましょう(図27)。東淀川区の瑞光寺境内の弘済池に架かる橋です。欄干に鯨の骨を使っている橋は日本でもここだけといわれ、また世界的にも例をみない珍しいものです。詳しいことは、インターネットの検索で調べることができます。



図27 通称、雪鯨橋(ウィキペディア)