

橋の高欄のお話

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。古典的な日本演芸の舞台建築は、観客が座って観られるような床の高さです。舞台の端には、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、観客からみて左奥から舞台に通じる通路を橋掛かりと言い、簡単な欄干が付きます。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。これらの舞台は、欄干を使いません。日本の大きな神社は、神楽の奉納演舞のための舞台を、拝殿の正面に設けるか、神楽殿として別に建築します。観客は舞台の外で立ち見をします。その分を考えた、高床の舞台です。舞台の境界を区切り、観劇の妨げにならないように、周囲に背の低い欄干があります。図1は、雅楽の太平楽の演舞をデザインした切手の図柄です。装飾を施した欄干に注目して下さい。欄干は、舞台から演者が落ちることを防ぐことが目的ではありません。舞台と観客とを仕切る目的もありますので、実際の橋を舞台に見立てた浮世絵の図柄があります。図2は、同じく切手のデザインに使われた大角力両国橋渡です。図3は、歌麿の描いた美人画の浮世絵です。両国橋の欄干を舞台に設定したデザインになっています。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 日本切手：雅楽太平楽、発行 1971-04-01



図2 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3 歌麿画 両国橋の涼み（橋上美人）

2. 欄干を使わない橋があること

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には、地形として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4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。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すが、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4 北斎 諸国名橋奇覧 三河の八つ橋の古図(伊勢物語)



図5 広重 東海道五十三次 掛川

3. 擬宝珠を装飾に持つ橋

日本では、寺社の境内を神聖な場所として、俗世界の環境と区別します。特に、その境界が自然の川か、それに代わる水路や池があると、聖域に入ることを象徴する橋が使われます。神道に関する橋の欄干には、装飾的に擬宝珠が付きます。このデザイン習慣の起源は、伊勢神宮とされています。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。広重の浮世絵に描かれている日本橋(図6)は、擬宝珠を使っていることに注目して下さい。一方、図2と図3にある両国橋は、擬宝珠が描かれていません。神社の参道にある橋は、神橋と命名されることも多いようです。日光東照宮につながる神橋が最も有名ですが、全国的には幾つかの神橋があります。これらの橋は、全体を朱色に塗ることが多いので、欧米人には日本の橋を象徴するデザインとして知られるようになりました(図7)。尤も、仏教の方は中国からの伝来です。お寺の敷地は、土塀などで閉鎖的に囲い、山門を通して中に入ります。特に橋を意図的に使う習慣は無いようです。これは中国風の様式です。神社の敷地や建物は、比較的開放的であって、立ち入りを制限する場所であっても、柵で囲う程度で済ましています。



図6 広重の日本橋



図7 日光の神橋、吉田博(1876-1950)の木版画

4. 高欄のデザイン

橋は、実用的な通路としての役目がありますが、同時に、その地域のランドマークとして親しみを持つ装飾も考えられて建設されます。橋の構造形式の選択は、やや専門的です。一般には高欄や親柱の装飾に工夫がされます。高欄は、実用的には、お行儀の悪い歩行者が手摺を乗り越えないように、安全対策が考えられています。手摺を胸の高さよりもやや高い1m前後にすることと、手摺を跨ぐように昇れる足掛かりも無いようにします。図2、図3の両国橋にみるような、横栈のある欄干形式を使いません。近代以降、歩道のある橋は、擬宝珠などのデザインに代わって、特徴のある照明灯の柱がデザインされる場合があります。図8は、瀬川巴水(1883-1957)の近代版画 日本橋(夜明)です。現在の日本橋は、高速道路橋が上に建設されて、日も差さず、暗く、無粋な景観になってしまいました。高欄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、コンクリート橋に多く使われています。

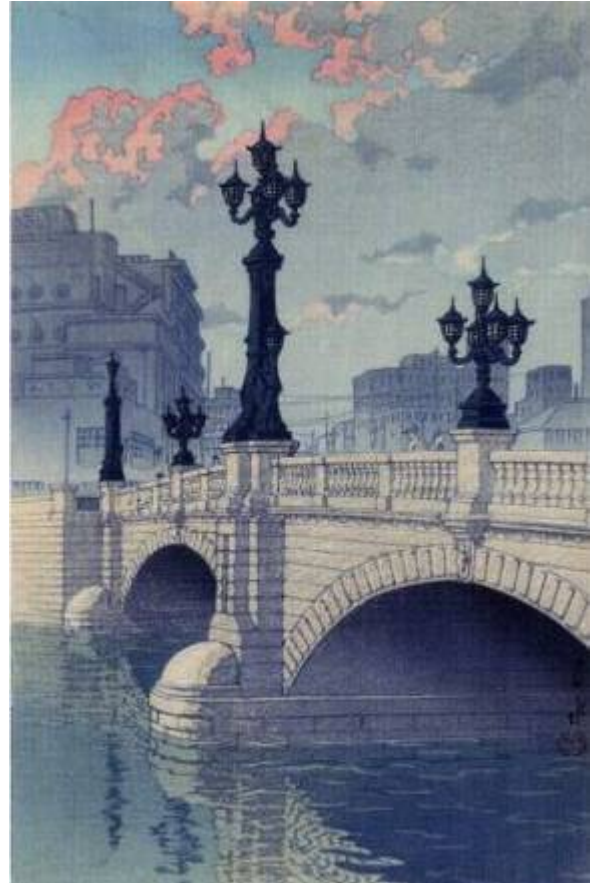


図8 瀬川巴水の日本橋、1940(渡邊木版美術画舗)

5. デザイナの参画

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9と図10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るなどが問題視されました。この問題は、工学的な設計者とデザイナーと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。



図9 平和大橋の橋端での高欄デザイン



図10 西平和大橋の橋端の高欄

6. 高欄の幾何学的な線形

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。横から見るのではなく、高欄を通路方向に見通すように見ると、手摺の線は、左右上下にず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ので、建築のベランダの手摺りのような、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勞することがあります。このことを頭にいれて、改めて図9と図10のデザインを見て下さい。石材、コンクリートまたは鋳造で造形するときには、微妙な曲面を設計通りに再現することに対応することができます。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大問題になります。高欄全体のデザインに凝り過ぎないことも必要ですが、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、テニスウェアの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に、V形のレリーフを採用した例があります。

7. 歩道に張り出しがある橋

京都の宇治川にかかる宇治橋は、日本では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11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。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。沖縄県の古宇利大橋(図13)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。これは見晴らし台のような使い方を目的とした設計です。その他、歩道橋を主目的とした1車線の幅の狭い橋で、橋の中央に歩行者用の待避所として張り出し部を設けた例があります。



図11 日本切手：宇治橋(発行1951-08-01)



図12 納屋橋の高欄と歩道張り出しのデザイン



図 13 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採図）



図 14 歩行者用退避所を設けた一車線の道路橋 有松橋

8. 高欄周りの種々の構造工夫

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、アメリカのゴールデンゲート橋のように、投身自殺の名所になっている橋もあります。「清水の舞台から飛び降りる」と言う諺があります。一生一代の勇気を奮うと言う意義で使うのですが、本当に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。下が見えないように、目隠しも使われる個所があります。この構造は、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。日本では、台風時などの強風するとき、橋の上で電車が横転した例もあります。山陰線の余部（あまるべ）鉄橋から列車が吹き飛ばされて落下した事故が有名です。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。柵としての構造は、足掛かりの無いようにするため横桟を使いません。横風を受けると、手摺りや縦の柵が風を切って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、デザインの滑らかな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、風切り羽のように、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. 新潟の萬代橋の事故

新潟市の萬代橋は、当時としては先駆的な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。堅牢さと優美さと、技術史的な意義もあって、国の重要文化財に指定されています。構造設計は、福田武雄(1902-1981)、高欄などのデザインは山田守(1894-1966)です。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。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 の水平力を考えます。現在では、高欄の高さ規定が 1.1m になりました。萬代橋の高欄の高さは、架設当時 85cm でした。現行基準からみてやや低いので、安全対策上、嵩上げの計画が持ち上がったのですが、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。高欄とは話しが少し異なりますが、江戸時代、永代橋崩落事故の記録があります。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 人という江戸始まっ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 15 萬代橋

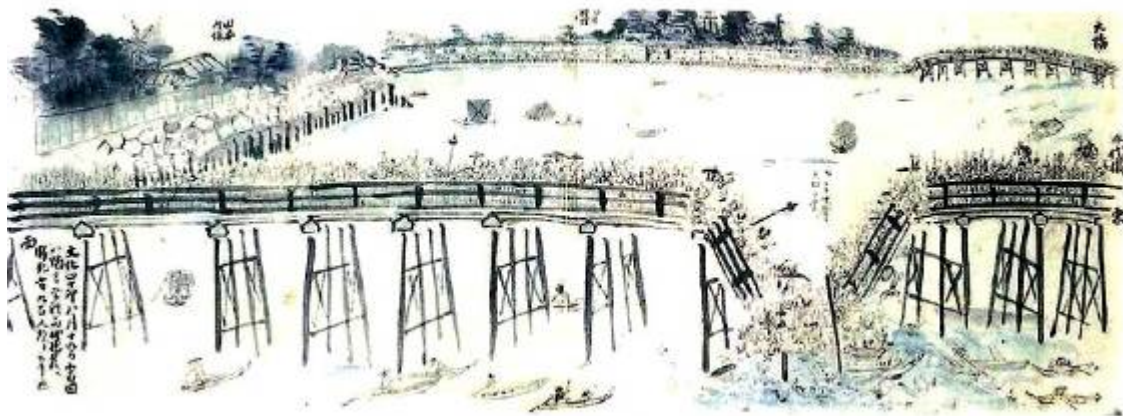


図 16 永代橋崩落の図(インターネットから採図)

10. ガードレールも使われるようになったこと

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入り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、運転者や同乗者の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。自動車専用的高架橋は、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。

11. 凍害や塩害も受けること

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。要するに、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注意を払うことを勧めたいところです。

12. 主桁の一部として応力が出ること

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。多くの研究は、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、中立軸よりも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。

13. 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」と教える特徴をもたせた個所です。そのため、絵画、特に日本の浮世絵では、高欄をちらりと描き込んである図柄も見られます。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。これは、高欄に鯨の骨を使っていることで有名です。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。