レインボーブリッジ景観照明の計画と実施†

正会員 塩 野 清 彦* 正会員 鹿 倉 智 明**

はじめに

1993年8月26日に開通したレインボーブリッジは、東京港の芝浦地区と有明地区に架かる東日本最大の全長798m 上下2層構造の吊橋である(図1参照)。首都高速道路の渋滞緩和や開発中の臨海副都心への物流の円滑化を目的として上層には高速11号台場線が、下層には臨港道路と遊歩道、新交通システムが設けられている。レインボーブリッジは、また、21世紀の国際都市・東京のシンボルとして交通機能のみならず全体景観、色彩、夜間の景観照明についても重視され、建設された。

図1 レインボーブリッジ位置図

本稿は、このレインボーブリッジの景観照明について計画から完成までの検討経過や施設を紹介する。93年5月の(株)照明学会光環境研究専門部会・公開研究会と同年7月の平成5年度(株)照明学会全国大会で筆者が発表した「レインボーブリッジ」ライトアップの照明シミュレーション」及び「レインボーブリッジの景観照明」を統合・補足する。

1. 基本計画と完成までのプロセス

1.1 景観照明の基本計画

1988年3月に『東京港連絡橋の景観検討委員会』(以下『景観検討委員会』という)は、景観の重要な要素として「照明計画は、ゲート性、シンボル性、親水性及び未来性を基本

的考え方とし、吊橋部を主要な演出要素として、東京港連絡橋の洗練された夜間景観を創出するものとする。」と答申した¹⁾。

1.2 照明手法の基本デザイン

前項の答申をうけて照明手法の基本デザインが検討され、表1に示す基本コンセプトの具体的な演出手法と照明方式、及び季節、時間、曜日等で変化させる8つの点灯パターンが報告された²⁾。

1.3 基本計画から完成までのプロセス

基本計画答申から93年6月レインボーブリッジ景観照明

表1 基本コンセプトと基本的照明手法

コンセプト	具体的内容	演出要素	照明方式
ゲート性	主塔の高さを強調 ケーブルのカテナリ曲線	主塔 メインケーブル	→ [主塔] 夏・秋・冬NHを主体とした投光照明
シンボル性	優美な構造の美しさ 主塔の高さ 夜景の美しさ、広がり	主塔 メインケーブル アンカレッジ	→ [補剛桁] 橋桁下面を水銀ランプで投光照明 → [アンカレッジ] 下部を水銀ランプの投光照明で浮かび上がらせる
親水性	水際の演出 水面への映り込み 船、視点場からの景観	主塔 アンカレッジ 補剛桁	→ [メインケーブル] LED等新光源による連続照明
未来性	可変性 色、明るさの変化	各演出要素を、季節・曜日・時間で変化させて表現	

が完成するまでの5年余のプロセスを図2に示す。

2. CG と照明模型によるシミュレーション

2.1 CG シミュレーションによる照明効果の予測評価³⁾

2.1.1 シミュレーションの条件と方法

照明効果の予測ツールとして用いるCGシステムは、照明器具の配光をもとに、あらかじめCAD等により入力された物体の表面上における照度やある方向から見た輝度を厳密に計算し、その計算結果をもとに物体表面の色や明るさを透視画像としてリアルに可視化することができる⁴⁾⁵⁾。

このCGシステムを用いて基本デザインに基づく8つの点灯パターンそれぞれについて、複数の視点場から見た景観照明のシミュレーション画像を作成した。

照明器具の台数及び配置は、基本デザインに沿ってシミュレーションした(表2参照)。より現実感、臨場感をもたせるため、同一視点からの実況写真を撮影し、シミュレーションの背景画像として合成した。これは、シミュレーション時間を短縮し、より現実的な結果を得るために一般的に用いられている手法であり、周辺環境との調和を検討

† Planning and Practice of “Rainbow Bridge” Decorative Lighting
Kiyohiko Shiono, Tomoaki Shikakura

* 首都高速道路公団第三建設部

** 東芝ライテック(株) 研究所

するのに有効であった。

図2 レインボーブリッジ景観照明の計画から工事完成までのプロセス

メインケーブルのイルミネーションや航路標識灯などの自発光体は、輝度表示範囲の限られるCRT画面に発光輝度を厳密に再現することは不可能で、疑似的に明るさと色を与えた。この意味でCGは、照明される物体の表現に適している反面、発光物体そのものの表現は難しいといえる。

2.1.2 シミュレーション結果と照明計画の検討

景観照明シミュレーション画像は、投光照明による橋梁各表面の明るさの変化がリアルに表現されている (夏の夕刻と深夜のパターンはライティング・フォトグラフ参照)。光色については、メタルハライドランプ、水銀ランプ、高圧ナトリウムランプそれぞれの分光分布特性を赤・青・緑の3成分構成比に変換し、この配分をもとに照明された物体色をシミュレートしているため、光色の違いによる影響を含めて照明効果が検討できる。また、画像生成はレイトレーシング法を用い、水面に映るライトアップの効果も含めて予測し、現実感をつくりだした。

このシミュレーション結果から、概ね当初計画どおりの効果が得られていることを確認したが、幾つかの改善すべき問題点も発見した。その内容と対策を以下で述べる。

(1) 主塔の投光照明

深夜パターンは、主塔頂部のみを照明することを狙いと

して1kW 狭角形投光器を用いたが、シミュレーション画像では配光が広がりすぎて照明すべきでない主塔中間部をも照明している。主塔頂部のみを効率的に照明するためには、ビーム角をさらに狭くした超狭角形投光器が望ましいことを確認し、新たに開発することとした。開発された照明器具の配光 (ビーム角10°以内で1000cd/klm以上) をもとに当初計画どおりの照明効果が得られることを確認した。また、超狭角形投光器は、照射面以外への光の漏れを極力押さえており環境面での効果も期待できる。

(2) アンカレイジの投光照明

深夜パターンの間引き点灯は、アンカレイジ壁面上に明暗差のはっきりとした縞模様ができ、照明効果として好ましくない。間引き点灯の代わりに調光により明るさを抑えながら均斉度を確保するよう計画を変更した。

(3) 補剛桁の投光照明

コンセプトでは、補剛桁下面を照明し、水面に橋梁全体を浮かび上がらせる狙いであったが、ここでも橋梁の中央部まで光が届かないことや、漏れ光による船舶へのグレアなどが考えられ、主塔の投光照明と同様、超狭角形の照明器具を採用することとした。

2.2 照明模型シミュレーションと照明効果の予測評価⁶⁾

CGでは十分扱えなかったメインケーブルのイルミネーションの効果及び景観照明を立体的にとらえた評価検討を目的に照明模型を作成した。

2.2.1 模型シミュレーションの条件と方法

照明効果をできるだけ忠実に予測するためには、照明模型の縮尺が問われる。全長1km 近い大きな構造物では、部分的なスケールモデルとならざるを得ない。

しかし、レインボーブリッジの景観照明シミュレーションは、橋梁全体の総合的な照明効果の把握を目的としており、経済性や大きさなどを勘案すると1/500～1/300の縮尺におさえなければならない。そこで、1/500と1/300の部分的なスタディモデルを製作し、照明効果を検討した結果、1/500の模型では十分にシミュレートできないことが判明し、1/300 (全長約3.5m) の照明模型を製作した (ライティング・フォトグラフ参照)。

照明模型の各照明要素のシミュレーション手法は、

①メインケーブルのイルミネーション；ミラー付ハロゲンランプを光源とし、光ファイバーをハンガーロープ内に収めメインケーブル上に導き、その先端を丸く削って拡散する小光源を再現した。1mm 径の光ファイバーは、実径300mmの発光体を表し、スケールの望ましい。また、光源と光ファイバー間に色変換フィルターを挿入することで様々な色のイルミネーション効果を確認できるようにした。

②主塔・アンカレイジ・補剛桁下面の投光照明；イルミネーションと同様の手法で再現し、色温度変換フィルターによりメタルハライドランプや高圧ナトリウムランプの光色に近づけることができた。しかし、配光及び模型縮尺上

の相対的な光束は、厳密にシミュレートできなかった。

③道路照明その他の照明は、小形電球を用いた。

2.2.2 照明模型シミュレーションの評価実験

照明模型は、イルミネーションを現実的に再現しており、イルミネーションの色・明るさ・点灯パターンなどを検討するため本照明模型を用いて主観評価実験を行った。

主塔照明の光色が夏のメタルハライドランプと冬の高圧ナトリウムランプの二つの条件下で、イルミネーションの色を白・橙・緑・赤等に設定した計12パターンについて①景観照明全体の色バランス、②好き嫌いに関する5段階評価のアンケートを実施した。被験者は、景観照明設計の直接の担当者及び電気設備設計の技術者30名であった。

2.2.3 評価実験の結果

評価実験の結果、好き嫌いとは照明の色バランスに対する評価とは相関性が高く、投光照明とのバランスを考慮したイルミネーションの光色が求められた。10パターンについての①景観照明全体の色バランスの評価平均値を図3に示す。これにより、主塔の投光照明がメタルハライドランプでは緑色、白色のイルミネーションが合っていると評価され、高圧ナトリウムランプでは橙色、白色が合っていると評価されている。また、平日パターンの間引き点灯は、ケーブルのカテナリー曲線を表現しきれないため、光色の変化で対応させる演出に計画を変更した。

図3 「景観照明全体の色のバランス」の評価結果

2.3 CGと照明模型の比較評価

前項のイルミネーションのアンケート調査と併せ、CG画像と照明模型を同時に観察し、シミュレーションの現実感や照明評価の有効性について比較評価実験を試みた。

アンケートの質問は、①CGと照明模型のどちらがより現実感があるか、②主塔のライトアップはどちらが目立つか、③イルミネーションはどちらが目立つか、④景観照明のCGシミュレーションは有効か、⑤同照明模型のシミュレーションは有効かの5項目とした。比較対象のサンプルは、主塔照明をメタルハライドランプ・イルミネーションを緑色の夏パターン及び、同様に高圧ナトリウムランプ・イルミネーションを緑色の冬パターンの2つとした。なお、CG画像は、直接CRTディスプレイに再現した。

質問1～3の評価結果を図4に示す。質問1の観測者に与える総合的な現実感には、「CGがより現実的」「照明模型が

図4 CGと照明模型の比較評価結果

より現実的」「両方とも同程度」それぞれはほぼ同数の割合で回答が分かれ、CGも照明模型も優位は見つからなかった。質問2の主塔の投光照明の目立ちでは圧倒的にCGが優れているが、質問3のイルミネーションについては照明模型の方が幾分評価が高い。特に、照明模型の有効性を否定する者は1名しかおらず、有効とする理由について“どの方向からも観測でき3次的に照明効果を捉えやすい”といった回答が複数みられた。

3. 照明手法の詳細検討と現地照明実験

3.1 照明手法の詳細検討⁷⁾

照明手法の詳細検討は、周辺状況調査やCG・照明模型による再検討を加え、基本デザインの最終的な見直しを行った。主な検討内容を以下で述べる。なお、平行して照明制御システムや照明器具の形状、設置方法、配線路などハード面の詳細設計⁸⁾が進められた(詳しくは『4. 景観照明の実施』を参照)。

3.1.1 景観照明の照度・輝度の検討

レインボーブリッジ周辺の背景輝度は、他の港湾に比べて高く、港外方向の港湾施設約50cd/m²、陸方向の東京タワーや高層ビル群4～5cd/m²、広告看板50～100cd/m²など明るい構造物が多い(92年8月調査)。ちなみに横浜ベイブリ

表2 CGシミュレーションによる照度・輝度検討の推移(夏・夕刻パターン)

照明器具	基本デザイン	改善案1	改善案2	最終形態
主塔	メタルハライドランプ 1kW 狭角 44台 700W 中角 72台	1kW 超狭角56台 1kW 狭角 16台 700W 狭角 16台 700W 中角 48台 700W 広角 8台	1kW 超狭角44台 1kW 狭角 16台 700W 狭角 16台 700W 中角 48台 700W 広角 8台	1kW 超狭角28台 1kW 狭角 16台 700W 狭角 16台 700W 中角 48台 700W 広角 8台 700W 超狭角20台
	高圧ナトリウムランプ 940W 狭角 44台 660W 中角 72台	—	—	660W 超狭角 4台 360W 超狭角 16台 360W 狭角 20台
補剛桁	水銀ランプ 1kW 狭角 24台 700W 中角 16台	1kW 超狭角16台 1kW 狭角 8台 700W 中角 16台	同左	1kW 超狭角12台 1kW 狭角 8台 700W 中角 16台
テレビ塔	水銀ランプ 250W 広角 80台 (間引き)	250W 広角 80台 (50%調光)	同左	250W 広角 80台 (50%調光)
投光照明計	352台	380台	368台	292台
イルミネーション	LED 296台	—	—	無電極LED152台
備考	この台数を最初のCGと照明模型のシミュレーションに入力し予測評価をおこなった。 【評価】本文の「2」項を参照。	下線部：改善点 ▼主塔の台数増と配光の見直し ▼補剛桁下面の一部超狭角に 【評価】主塔頂部 250lx 以上で明かる過ぎ。	下線部：改善点 ▼主塔頂部の超狭角の台数を減 【評価】主塔頂部 150～200lx と明るい、補剛桁照明のグレアの影響あり。	下線部：改善点 ▼主塔頂部の超狭角の台数を減 ▼主塔頂部にバックアップ用700W超狭角を追加 ▼冬用を温白色としNHを減 ▼補剛桁照明減

ッジの背景輝度は、散在する灯火で30~40cd/m²最大70cd/m²レベル(86年7月建設当時の調査)である。

こうした明るい背景のもとで景観照明の明るさが重要となる。そこで、照明器具の種類や台数を変えた三つのケース(表2参照)について照度・輝度、均斉度をCGシミュレーションにて検討した。主塔の所要照度は、150lx前後(「建造物照明の所要照度」の「表面の状態・明、反射率45~70」「周囲の状況・中」)を目安とした⁹⁾。

検討の結果、夏・夕刻パターンの主塔照度100~150lxに対し、同輝度は、20~30cd/m²(主塔の反射率を73%、メタルハイドランプの保守率を0.62として計算)になった。この値は、国際照明委員会の推奨値¹⁰⁾12cd/m²(都市のリクリエーション地区と商業地区)を上回るが、当時、横浜ベイブリッジ景観照明が暗いという意見があったことを考慮し採用することとした。なお、横浜ベイブリッジ景観照明の実測値は、7~13cd/m²(白色時、図5参照)と報告されている¹¹⁾。

図5 横浜ベイブリッジ景観照明の輝度値(単位 cd/m²)

3.1.2 照度低下に対応するバックアップ照明の採用

横浜ベイブリッジ景観照明は、建設当初から暗かったわけではなく、時間の経過とともに「暗い」といわれるようになった。ランプ光束の経時変化、照明器具の汚れや取付角度のズレなども一因するが、構造物の汚れによる反射率の低下や周囲が明るくなったことによる相対的な照度の低下等も原因している。前者は、清掃や調整によって維持できるが、後者の要因を取り除くのは難しい。

これに対処する一つの方法として、調光により照度を抑え、暗くなったら照度をあげる「調光方式」が考えられるが、メタルハイドランプでは、技術的に難しい。そこで、レインボーブリッジでは、景観照明の要である主塔頂部照明に、1kW 超狭角形の他にバックアップ用として700W 超狭角形の灯具を設置することとした(表2参照)。これにより、当初700W 点灯→次いで1 kW に切替え→さらに700W と1 kW 両方を点灯、という具合に照度の調整を可能とした。

3.1.3 主塔照明の演出手法の変更

レインボーブリッジ周辺には高圧ナトリウムランプによる港湾施設照明やビルの航空障害灯(赤色)がかなり多く、景観照明演出のメリハリの点から橙色と赤色は相応しくないと判断した。そこで、装飾的な高圧ナトリウムランプの

みの冬の主塔投光照明は、夏の白色に対する見た目の変化よりも心理的に微妙な変化を感じる程度の温白色に変更することとし、相関色温度3,300K 程度を目標にCGや照明模型を用いて検討した。その結果、メタルライドランプと高圧ナトリウムランプの混光比を概ね80:20とした。これにより設備の二重化が避けられ、コストが軽減された。

3.1.4 イルミネーションの光色の検討

イルミネーションの光色は、照明模型による見え方実験や現地見え方実験を重ね決定した。当初LEDを想定し橙色か黄緑色が提唱されていたが、前述の理由から橙色と赤色は除外し、また横浜ベイブリッジのイメージカラーに定着している青色についても見合わせた。

最終的には、公共性・ニュートラル性として白色、東京のイメージカラー・水辺に相応しいカラー・エコロジー感覚として緑色、そして、21世紀の“あけぼの”のイメージカラーとしてコーラルピンク(珊瑚色)の三色を採用した。

3.1.5 イルミネーションの灯具の選定

灯具の選定にあたってLED、無電極ランプ、長寿命小形蛍光ランプ及びカラー高輝度放電管それぞれの特性比較と、単体の見え方実験を行った。光色の関係からLEDを除外し、最終的に長寿命・省電力・多色彩・全方位の指向性を持つ無電極ランプを採用することとした。

無電極ランプは、実施例が少ないため橋梁架設現場で見え方実験(使用灯数12灯)を行った。その結果、遠方から視認しにくいことが判り、水平方向に集光するレンズ状のガラスグローブを開発することとした。開発した灯具の水平方向の光度は、グローブなし(白色49cd)に比べ、白色で約2倍の99.5cd、緑色で3倍強の158cdに増大した。

3.2 現地照明実験¹²⁾

3.2.1 現地実験の概要

レインボーブリッジ架設現場での現地照明実験は、工事の進捗状況の関係で2回に分けて行った。1回目は、1992年8月台場側の主塔・補剛桁下面の投光照明及びケーブルイルミネーション(設置台数、投光器49台、イルミネーション40台)の、2回目は、翌年1月芝浦側のアンレイジ投光照明(同16台)の照明効果について、それぞれ380名、40名の観測者を対象に複数の視点場から各点灯パターンの「印象」や「周囲との調和」についてアンケート調査した。同時に、背景輝度、主塔の輝度・反射率を測定した。

3.2.2 アンケート結果

アンケートの集計結果を表3に示す。

主塔のライトアップは、冬・深夜パターンを除いて「印象」「周囲との調和」とも「大変好ましい」「好ましい」合わせて50%前後を占め、「普通」の回答を肯定的な意見とみれば冬・深夜パターンも含めて約80%以上の評価を得たことになる。また、アンカレイジ照明については、60~70%が「大変好ましい」「好ましい」と評価している。

イルミネーションについては、コーラルピンクを除き「光色」「周囲との調和」とも「大変好ましい」「好ましい」が50%を超えている。コーラルピンクについては、「大変好ま

表3 現地照明実験のアンケート集計結果

実験対象	主塔のライトアップ(%)							
アンケート項目	全体の印象				周囲との調和			
点灯パターン 回答内容	夏		冬		夏		冬	
	夕刻	深夜	夕刻	深夜	夕刻	深夜	夕刻	深夜
大変好ましい	10.6	9.6	8.2	4.8	10.1	8.2	8.6	4.3
好ましい	40.4	40.9	39.9	33.7	36.1	38.0	36.7	31.3
普通	35.6	37.0	37.0	46.1	39.4	40.9	39.0	49.5
あまり好ましくない	12.5	11.1	13.5	12.5	11.5	9.6	11.4	10.6
好ましくない	0.9	1.4	1.4	2.9	2.9	3.3	4.3	4.3

実験対象	ケーブルイルミネーション (%)						アンカレイジ照明 (%)			
アンケート項目	光色の印象			周囲との調和			全体の印象		周囲との調和	
点灯パターン 回答内容	白	緑	コーラル ピンク	白	緑	コーラル ピンク	夕刻	深夜	夕刻	深夜
	白	緑	コーラル ピンク	白	緑	コーラル ピンク	夕刻	深夜	夕刻	深夜
大変好ましい	6.7	27.9	8.2	9.2	23.1	6.3	7.8	14.1	17.2	9.4
好ましい	45.7	38.0	29.8	44.2	38.9	24.5	54.7	43.7	59.4	51.6
普通	33.2	19.2	30.3	31.7	21.6	36.5	34.4	39.1	21.9	31.2
あまり好ましくない	11.1	11.1	23.5	9.6	10.6	23.1	3.1	3.1	1.5	7.8
好ましくない	3.3	3.8	8.2	5.3	5.8	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0

しい」「好ましい」と、否定的な「あまり好ましくない」「好ましくない」の評価がほぼ拮抗しているが、これは、年代や個人によって「好き」「嫌い」がはっきり分かれる個性的な光色であり、特殊パターン（イベント時）向きであることを示している。

この現地照明実験は、設計に基づく実際の照明効果や演出効果が確認でき有効であった。なお、1回目の現地実験は、別に海事関係者の観測が行われ、船舶航行の安全面から対策が求められた（『4 景観照明の実施』の項参照）。

4. 景観照明の実施

4.1 景観照明設備の概要

レインボーブリッジ景観照明の特徴は、世界にも前例のない可変色のケーブルイルミネーション、総合照明制御システム及び太陽発電システムの採用、照度低下を対応したバックアップ用灯具の設置などである。景観照明全体の配置を図6に示す。

4.2 施工の概要

4.2.1 投光照明設備

投光器の設置状況を図7～9に示す。主塔・補剛桁下面用の安定器は主塔内の安定器ボックスに収め、アンカレイ

ジ照明用については灯具と同じ場所に設置した。

主塔上部の投光器は、高速道路上の通行車両にグレアを与えないよう遮光板を設けた。補剛桁下面を含め700W以上の投光器は、橋梁との共振を防止する振止め金具を設けた。

補剛桁下面照明は、船舶航行に支障を来さないよう超狭角形器具に円形の遮光ルーバを設け漏れ光を抑えたが、さらに、海事関係者の意見を尊重し仰角を25°以上とした（海事関係者の現地調査は工事完成後の93年8月にも実施）。

4.2.2 ケーブルイルミネーション

イルミネーションは、周囲から視認できるようメインケーブル上に張られた点検用ハンドロープの外側に10m間隔で取り付けた（図10参照）。灯具のグローブ表面は、清掃回数を減らすため汚れが付着しにくい特殊コーティングを施した。

電源及び制御ケーブルは、施工が簡単なプレハブ加工とし、景観を損なわないよう橋梁の彩色に合わせ白色被覆を特注した。配線は、ラッシングロッドでハンドロープに沿わせ、主塔付近では20数本も集中する制御ケーブルを道路側のハンドロープにも分散した。また、灯具との接続は、コネクターで簡単に着脱できる構造とした。

4.3 点灯パターン

点灯パターンは、当初計画の基本8パターンが検討・実験段階で少しづつ変更され、最終的には季節・時間・曜日の演出を組合わせた12の基本パターンとイベント時パターンに落ち着いた。

季節の演出は、夏と冬で主塔の光色を変える。清涼感ある白色の夏パターン（4月～10月）に対し、冬（11月～3月）は暖かみのある温白色にわずかに変化する。

時刻の演出は、夕刻と深夜で投光照明の範囲を変える。主塔・補剛桁下面を全般的に照明しアンカレイジの裾を明るく照明する夕刻（日没～24時）、これに対し深夜（0時～2時）には主塔を上部のみ、補剛桁下面を主塔付近のみに狭め、アンカレイジを50%調光する。

曜日による演出は、平日・週末・祝祭日でイルミネーションの光色を変える。平日（月～金）は通常時のベースカラーを白色とし、毎正時に5分間、毎30分に1分間緑色に変化させる。週末（土・日）はベースカラーを緑色、正時と30分毎に白色に、祝祭日はベースカラーを白色、正時と30分毎にコーラルピンク（珊瑚色）に変化させる。

図6 レインボーブリッジの景観照明器具等の全体配置図

図7 主塔上部照明の投光器

図8 主塔下部及び補剛桁下面照明の投光器

図9 アンカレイジ照明の投光器 (芝浦側)

図10 ケーブルイルミネーション

イベント時パターンは、イルミネーションの光色や点滅にバリエーションをもたせた。その他、電力節約のための省エネパターンを10通りプログラミングし、必要に応じて簡単に運用できるようにした。

4.4 照明制御システム

景観照明の制御は、すべて中央装置で行う総合照明システムを採用した。総合システムは、景観照明全体を制御・監視する「センター装置」(東京第二管理部と芝浦電気室)、投光照明及びイルミネーションそれぞれの「主制御装置」、そして端末ランプを個別回路毎に制御する「分電制御盤」「副制御盤」から構成されている(図11参照)。

「センター装置」の機能は、点灯パターンの点滅や制御、点灯パターンの作成・変更・追加、故障や球切れ監視、投光器の点灯時間計測や太陽電池の放電時間計測等を備えている。また、30通りの点灯パターンをプログラミングしソフト変更なしでイベント時や省エネパターンが選択できるシステムになっている。

4.5 太陽光発電システム

レインボーブリッジ景観照明に、「省エネ」や「クリーン」を目的として太陽光発電システムを採り入れた。

主塔頂部の空スペースに最大出力48Wの単結晶シリコン太陽電池モジュールを芝浦側36台、台場側54台設置した(図12参照)。その発生電力(約15kWh/日)は、昼間蓄電

池に蓄えられ、夜間にインバーターを通してイルミネーションを点灯する。そして、太陽電池の蓄電容量の80%を放電した時点で商用電源に切り換え引き続きイルミネーションを点灯する。これによりイルミネーションが1日平均約3.5時間(点灯時間の40%に相当)点灯される。

5. 計画・設計と実際の検証

5.1 総合的な評価

レインボーブリッジの景観照明は、視点場として①360°、水平・下方向から見えること、②約3km以内ではイルミネーションが明確に視認できること、③約5km以内では橋の存在と照明効果が確認できること、を条件として設計した。完成後の観測結果では、360°方向からの視認はいうまでもなく、イルミネーションは約3km離れた東京タワーから明確に視認でき、通常の晴れの天候の場合景観照明全体が約8km離れた都庁の新庁舎(新宿)からも確認されている。

照明効果は、総合的に計画・設計どおりに発揮され、とりわけ主塔のゲート性やイルミネーションのカテナリー曲線は見事に表現されている。また、船舶のレーダ対策(偽像を防ぐため壁面を上方2°に傾斜)と景観を兼ねた横縞及びメインケーブルの延長をイメージした斜縞にデザインされたアンカレイジは、夜間照明によって一層引き立っている。一方、補剛桁下面照明は、橋梁中央部が暗くなり当初

図11 景観照明制御システム図

図12 主塔頂部に設置した太陽電池

図13 CG及び照明模型シミュレーションと現場実測との輝度値の比較

計画の海面への映り込みという演出効果は半減したが、海上交通の安全確保という要件は満たされた。

5.2 予測評価と実施後の比較

5.2.1 輝度・照度、反射率の検証

主塔照明の輝度について、CGと照明模型のシミュレーションによる予測値と完成後の現場実測値(93年8月)との比較を図13に示す。現場実測の21~37 cd/m^2 に対しCG(保守率0.62を加味)ではほぼ20~30 cd/m^2 レベルであり、改めてCGシミュレーションの正確さが確認できる。これに対し、照明模型そのものを暗室内で測定した輝度は、1.5~21 cd/m^2 程度で十分にシミュレートできていないが、今後、これを参考として模型の製作手法を改善すれば、より正確なシミュレーションが可能になるであろう。

照度について、現場実測可能な主塔頂部の比較では実測値72~180lxに対し、CGでは、50~100~150lxレベルであり同様にCGシミュレーションの正確さが証明される(照明模型の照度は計測していない)。

主塔の反射率については、CGの入力値(予測値)73%に対し、完成後の実測値は65%であった。一年前の現地照明実験時(92年8月)は、同60%で、その後の主塔の清掃によって5%上昇したことになる。なお、主塔には、夜間のライトアップの効果も考慮し光沢変化の少ないフッ素樹脂塗料の白色(N9)が彩色されている。

まとめ

レインボーブリッジ景観照明の設計・施工にあたっては、周辺環境やエコロジー、省エネルギーに配慮した。十分とはいえないが、一部の団体や個人からの「天体観測に支障する」あるいは「資源の無駄遣い」といった批判意見の一端に、実際をもって応えたつもりである。また、鳥類への

影響について検討し、影響しないことも確認した。さらに、実施にあたっては、関係機関と協議しながら車両、船舶や航空機の運行に支障ないように十分に配慮した。このように、きめ細かな検討や実験を積み重ねレインボーブリッジの景観照明は、十分な成果を収めたと自負している。

最後に、レインボーブリッジ及び景観照明の建設は、首都高速道路公団と東京都港湾局の共同事業であることを付記するとともに、本誌をかりて設計、施工にあたられた(株)石井幹子デザイン事務所、アルファ設備設計(株)、(財)首都高速道路技術センター及び東芝ライティック(株)の各社、技術協力をいただいた松下電器産業(株)・松下電工(株)、ならびに関係各位に感謝の意を表する次第である。

参考文献

- (1) 『東京港連絡橋の景観について』
東京港連絡橋の景観検討委員会(1988.3)
- (2) 1221工区、1222工区吊橋夜間景観照明手法の検討・報告書 首都高速道路公団・石井幹子デザイン事務所(1990.3)
- (3) 12号線照明設備景観基本検討・報告書 首都高速道路公団・首都高速道技術センター(1990.3)
- (4) 菊地社一、他;照明計画支援コンピュータグラフィックスシステム 照明学会誌72,11(1988)
- (5) 田島秀樹、他;照明計画支援コンピュータグラフィックスシステム 東芝レビュー47,12(1992)
- (6) 東京港連絡橋ライトアップ模型実験・報告書 首都高速道路公団・首都高速道技術センター(1991.3)
- (7) 1221工区、1222工区吊橋夜間景観照明手法の詳細検討・報告書、首都高速道路公団・石井幹子デザイン事務所(1992.3)
- (8) 東京港連絡橋景観照明設備詳細設計・報告書 首都高速道路公団・アルファ設備設計(1991.12)
- (9) 『ライティングハンドブック』、照明学会編、オーム社、p469(昭和62年)
- (10) "Guide for Floodlighting" CIE Pub.No94,1993
- (11) 照明のデータ・シート NO.938,照明学会誌第74巻、第5号(平成2年)
- (12) 12号線景観照明現地実験計画書作成・報告書 首都高速道路公団・首都高速道技術センター(1993.2)

(受付 1993年12月20日)

しのお きよひこ
塩野 清彦 (正会員)

1941年10月20日生まれ。1965年3月東海大学工学部卒業。1961年4月首都高速公団に入社。以後、首都高速道路の電気設備の設計、監督業務に従事。

しかくら ともあき
鹿倉 智明 (正会員)

1961年6月22日生まれ。1987年3月東京工業大学社会開発工学修士課程修了。同年4月東芝電材(株)入社。1989年4月東芝ライティック(株)発足とともに移籍。同社研究所において光環境技術の開発に従事。日本照明委員会、日本建築学会各会員。