

I-241 湿度コントロールによる鋼製ボックス断面内部の防錆の可能性について

東京大学工学部	学生員 延藤 遵
東京大学工学部総合試験所	正員 藤野 陽三
東京大学工学部	正員 伊藤 學
東京大学工学部総合試験所	千田 善孝

1. まえがき 鋼製ボックス断面の橋桁、タワーは防錆のため内側も塗装するが、内部表面積は外部表面積に比べ格段に広く、その塗装費用は無視し得ない額となる。また、その塗りかえは、有毒ガスの発生のため厳しい労働条件が強られる。デンマークのファロー橋(全溶接箱桁、橋長1726m)では箱桁内部(表面積約30万 m^2 、体積約75万 m^3)を塗装する代わりに除湿プラントを導入し、相対湿度を40%以下に保持することで防錆を行なっている。筆者のうちの一人(藤野)は昨夏、同橋を見学しそのシステムにいたく感激した。このようなシステムが我国にも採用できないかと思ったのが本研究の出発点である。

ここでは、明石海峡大橋の主塔(設計案)を例にとり、除湿プラントの適用可能性について予備的な検討を行なってみた。なお、本主塔は1基当たり外部面積32000 m^2 に対し、内部は160000 m^2 もあり、建設時の内側塗装費だけでも数億円に達する。

2. 現在の鋼製ボックス内部環境 一般の鋼製ボックス断面内部での温度・湿度状態を把握する目的で、南備讃瀬戸大橋主塔において内部(塔頂付近)及び外部(桁位置)の温度・湿度状態を測定した。(図-1)内部の温度変化は約2時間の遅れで、湿度変化は約5時間の遅れで、外気に追従している。工事中で入口のドアが開かれエレベーターが頻繁に動いたためか、かなり大きな空気の入れ換えが外部と内部の間に存在することがわかる。また、他橋の鋼製桁内部で、辻川教授(東大工、金属)らの開発した湿度センサーを用い測定したところ図-2に示すように、腐食電流が一時的にはあるが生じていることが確認された。このことは、雨天の日等の特に相対湿度の高い日には、鋼製桁内は実際に腐食しうる環境にあることを示している。また、この鋼製桁内部にはかなりの腐食が生じていることが肉眼によっても確認されている。

3. 除湿機による湿度コントロール 現在の鋼製ボックスは、内部塗装を行なうので、内部への外気や水分の侵入に関心が払われておらず、そのため、換気回数にして0.1以上になっていると思われる。ここで言う換気回数とは、 $N = G / V$ (G : 換気量(m^3/h) V : 室容積(m^3))で、1時間に入れかわる空気の割合である。ちなみに建築物(ビル)で $N = 0.3 \sim 1.0$ と言われている。しかしながら、十勝中央大橋(北海道)のボックス桁においてシールディングを可能な限り施して測定した換気回数 N は、0.02程度とかなり小さな値であった。これは、シールディングや完全溶接等を施せば鋼製ボックス断面は、十分な密閉性を有することが可能であることを示している。そこで、ボックス内への外気や水分の侵入を最小限に抑え、除湿機により湿度を低下させる防錆の可能性を吊橋主塔を例に吟味する。

4. 除湿エネルギーの評価 除湿方法としては、冷却除湿法、圧縮除湿法、吸湿剤除湿法の三通りがあるが、冬場の低温度時での供用を考慮に入れると、特に吸湿剤除湿法を用いた乾式除湿機が適当であると思われる。そこで、乾式除湿機の標準的なタイプを明石海峡大橋の主塔の設計案に設置したと想定し一年間に必要な運転エネルギーを試算する。除湿のモデルとしては図-3に示すものを考え、塔の中央部にダクトを設け、ダクトを通して除湿された空気がタワー中に広がり、元の空気を外に押し出すものとする。塔一基の内体積は80000 m^3 とした。このとき、1.ダクトは完全に断熱されており除湿された空気は、タワーの頂部に達しても冷却されない。2.タワーの各フロアーの状態は全て同一とし、鉛直方向の温度差、気圧差は無視する。3.除湿された空気は、一時間以内に各フロアーの隅々まで均等に行きわたるものとする。を仮定する。除湿方法としては、処理空気・再生空気として共に外気を使用するものとする。解析には、東京標準気候モデルを用い一時間きざみで行い、以下に述べる二種類の条件を想定した。また、換気回数は、シールディングが十分施されたとし、 $N = 0.02 \sim 0.03$ を用いる。

条件1. タワー内の空気の平均相対湿度が30%をこえた時に除湿機を作動。

条件2. 直達日射が当たらず夜間ふく射により冷却されると仮定した鉄板表面付近の空気の相対湿度が、60%をこえた時に除湿機を作動。

なお、上記の相対湿度30%という値は、大気汚染物質を考慮した際の錆発生平均相対湿度の限界値であり、60%という値は錆の発生が始まる第一次臨界湿度である。また、明石における気候は東京に比べ、湿度はやや高めであるが、大きな差はない。

5. まとめ 一年に必要なエネルギー量は、条件1、2のどちらを用いても表-1のように塔一基あたりおよそ $2.0 \times 10^5 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 、金額にして数百万円、また作動時間は一日平均7時間程で十分であることがわかった。また、上記の除湿機を塔内部に設置するのに必要な費用は一基当たり取り付け費用を含めても高々一億円、運転費用は一年で数百万円程となり、経済性から考慮すれば現在の塗装による防食より格段に優れている。しかしながら、換気回数 $N=0.02 \sim 0.03$ というオーダーの気密性が確保できるか、除湿された空気の流れがどうなるか等の不明瞭な点が残されており、今後の研究が必要である。最後に、本研究を行うにあたって辻川教授・篠原助手(東大工、金属)、松尾教授・鎌田助教授・井上助手(東大工、建築)、中島氏(首都公団)、竹倉氏(高砂熱学)、清田氏(横河橋梁)ら各氏に多大なご協力をいただいたことをここに記し、謝意を表します。

参考文献 1) 齊藤平蔵: 建築気候, 共立出版株式会社 2) U. R. Evans & C. A. J. Taylor: Br. Corros. J. (Quarterly), 1974, No. 1 3) 鈴木一郎: 防食技術, 30, 639(1981) 4) 腐食防食協会編: 金属防食技術便覧, 日刊工業新聞社

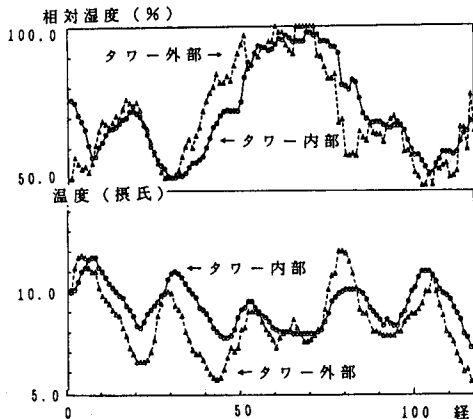


図-1 タワー内部と外部の温度・湿度状態の比較
(1988年3月19日P.M.1:00~24日A.M.8:00)

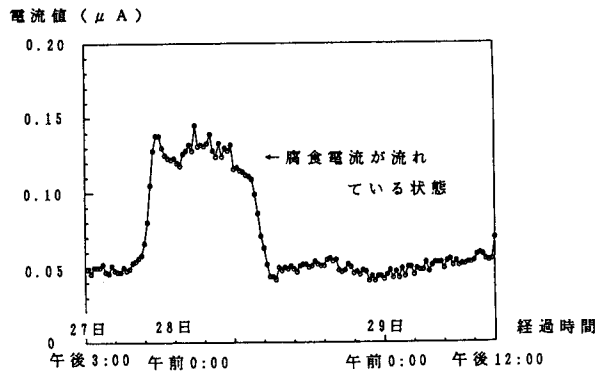


図-2 湿度センサーによる腐食電流の測定
(1988年2月27日P.M.3:00~29日P.M.0:00)

表-1 一年間に必要となる総エネルギー量・総稼働時間

換気回数		$N = 0.02$	$N = 0.03$
条件1	エネルギー量	$2.2 \times 10^5 \text{ KW}$	$3.3 \times 10^5 \text{ KW}$
	稼働時間	$1.6 \times 10^3 \text{ HOUR}$	$2.5 \times 10^3 \text{ HOUR}$
条件2	エネルギー量	$1.2 \times 10^5 \text{ KW}$	$1.7 \times 10^5 \text{ KW}$
	稼働時間	$8.7 \times 10^2 \text{ HOUR}$	$1.3 \times 10^3 \text{ HOUR}$

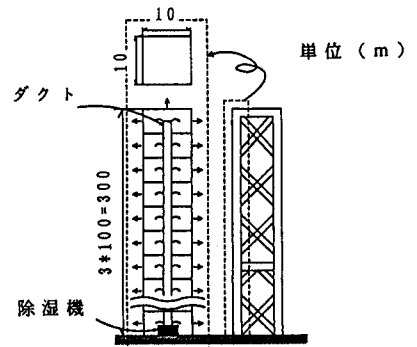


図-3 解析に用いたタワーのモデル図