

応力の生じているモルタルの硫酸塩による腐蝕の実験

by Carlo Gorla and Mario Appiano
Il Cement, May 1949

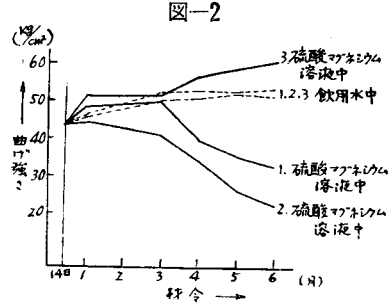
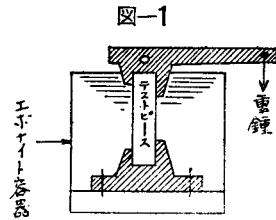
要約 プレストレスト コンクリートの使用が次第にさかになってきたので、圧縮及び引張応力が作用しているモルタルテストピースの、硫酸マグネシウム溶液による腐蝕の実験が行われ、飲用水中のモルタルの状態と比較されている。

腐蝕性の液体中で、モルタルテストピースに常に曲げ荷重を加えておき、多くの材令において、その荷重と同一方向および反対方向の曲げ強さ試験を行うことによつて、常に生じている圧縮応力は硫酸塩の腐蝕に対して抵抗性を増し、逆に引張応力は抵抗を弱めるといふ論証が与えられた。硫酸塩の作用は、圧縮応力の生じていないモルタルにおいても最初はその強さを増すように働らくが、後ではかなり分解現象を促進する。

(1) 曲げ試験 普通ポルトランドセメントと、砂との配合比が 1:3 のモルタルテストピース (40×40×160 mm) をつくり、15~25°C の硫酸マグネシウム 5% 溶液及び飲用水中に 1, 3, 4, 5, 6 ヶ月間放置し、荷重を加えずに自由においたものと、図-1 に示す方法により、常に 14.7 kg/cm² の応力を生じさせておいたものとの曲げ引張強さを、Feret の方法により比較した。その結果は表-1 に示してある。液体中で生じていた応力の方向と、同一方向と反対方向の曲げ試験の結果、常に引張りをうける部分と圧縮をうける

表-1 曲げ引張強さ (kg/cm²)

条 件	飲用水中に 14 日間置かれたテストピースの強さ 43.85					
	その後飲用水中においた場合			その後腐蝕性の溶液中においた場合		
	1. 水中に自由に放置したとき	2. 試験荷重と同方向の荷重を加えておいたとき	3. 試験荷重と反対方向の荷重を加えておいたとき	1. 液中に自由に放置したとき	2. 試験荷重と同方向の荷重を加えておいたとき	3. 試験荷重と反対方向の荷重を加えておいたとき
材令						
1ヶ月	45.80	45.30	46.00	48.20	44.10	51.40
3ヶ月	51.25	52.10	50.33	49.60	40.70	51.67
4ヶ月	51.22	51.58	53.10	39.61	34.30	56.15
5ヶ月	52.20	52.30	52.80	35.00	26.60	58.10
6ヶ月	52.02	51.90	53.25	32.40	22.20	59.90



部分との引張強さの差を、容易に知ることができる。

これらの結果と、それを表わした図-2 とから次のことがわかる。

(a) 飲用水の中では 1, 2, 3 の条件の差は実験の誤差より小さくて、常に加わっているプレストレスが腐蝕に対する抵抗を変化すると説明できない (点線の範囲)。

(b) 腐蝕性の溶液の中では、自由に放置された Sample の曲げ引張強さは、短時間は増加するが 3 ヶ月後より急に減少している (実線 No.1)。

(c) 溶液中であらかじめ加えられていた曲げと、同じ方向に曲げ試験された Sample の結果より、時間とともに強さがいぢるしく低下するのを見ることが出来る。これは自由に放置された場合よりもさらに激しい (実線 No.2)。

(d) 溶液中であらかじめ加えられていた曲げと、反対方向に試験された Sample の結果は、明らかに強さの増加を示している。そしてそれは飲用水中におかれたものよりもつと強さが出ている (実線 No.3)。

(2) 変形の測定 5, 6 ヶ月の間 Sample の変形が測定され、硫酸塩の溶液が引張側を腐蝕することにより生ずる膨脹が Check された。

(3) 化学分析 モルタルテストピースに固定された SO₃ の化学分析の結果は、表-2 に与えられる。

表-2 化学分析結果

時間	モルタルテストピースに固定した SO ₃ の%			
	置かれた場所	荷重を加えないで自由に放置したもの	あらかじめ圧縮応力の生じている部分	あらかじめ引張応力の生じている部分
14 日後	飲用水	0.318(1.272)	—	—
5 ヶ月後	MgSO ₄ 溶液	—	0.507(2.028)	0.825(3.300)
6 ヶ月後	"	0.742(2.968)	—	—
6 ヶ月後	"	—	0.495(1.980)	0.951(3.804)

() 内は、セメントと砂の比が一定と仮定したとき、セメントのみの量に対して計算された SO₃ の % を示す。

(4) 結論 Pre-Compression または natural permanent compression は、モルタルまたはコンクリートの硫酸塩による腐蝕を防ぐことが、機械的及び化学的に示された。これは圧縮応力が硫酸塩の作用による膨張を妨げ、またその水密性を増加しているからである。

一方モルタルまたはコンクリートにあらかじめ生じている引張応力は stacking による自衛作用を打消し、腐蝕の現象を促進する。

(鉄道技術研究所 菅原 操)

オレゴン州内諸都市の駐車メーターの実状

“Parking Meter Practices in Oregon”

Western City, February 1953

この報告はオレゴン州市政調査局、オレゴン大学及びオレゴン州都市連盟の調査によるオレゴン州内各都市の駐車メーターの運営状況の概要である。最近東京においても路側駐車問題がようやく当局の関心を喚起しつつある現況にかんがみ、一応の参考資料として抄録した次第である。

1952年6月までに州内の42都市で合計19930基の駐車メーターを使用していたがその後プラインヴィル(Prineville)が300基、バンドン(Bandon)が125基を設置して現在では総計44都市で20355基を使用している。1951年において前記42都市の駐車メーターの料金収入は1605015ドル、このほかにメーターの規則違反(制限時間超過等)に対する罰金の総額が30都市で合計394676ドル、すなわち駐車メーターに関する年間総収入は約200万ドルに近い。

1. 運営時間 駐車メーターの運営時間は各都市によつてさまざまであり、同一都市内でも、地域によつて異なるがおおむね通勤時間(出勤時刻から帰宅時刻迄)と一致している。運営時間別都市数は次のとおり。

運営時間	都市数	都市名
9 A.M.—6 P.M.	32	
9 A.M.—5 P.M.	5	
8 A.M.—6 P.M.	3	
6 A.M.—6 P.M.	1	(Bend)
9 A.M.—9 P.M.	1	
8.30 A.M.—5.30 P.M.	1	
8 A.M.—7 P.M.}	1	(Portland)
9 A.M.—6 P.M.}		

2. 駐車メーター料金 駐車メーターの料金も都市ないし地域によつて差異がある。

都市名	料金
Portland	30分につき5セント(ニッケル貨幣)
Astoria	6分につき1“(ペニー貨幣)
Bend	12分につき1“(”)
Seaside	24分につき1“(”)

Salem	1時間半につき5セント(ニッケル貨幣)
Pendleton	{ 30分につき5 ” (”)
	{ 1時間 ” 5 ” (”)
	{ 2時間 ” 5 ” (”)

その他の諸都市

12分につき1“(ペニー貨幣)

使用できる貨幣はPortlandではニッケル貨幣(5セント)に限定されているが他の都市ではペニー貨幣(1セント)、ニッケル貨幣(5セント)いずれでも使用できる。

3. 駐車制限時間及び駐車許可証 路側駐車の内容最大時間は2時間が一般の標準であるが1時間以下の都市も相当数ある。3時間までの駐車を許している都市はきわめて少ない。

44都市のうち14都市では許可証を発行していない。21都市では配達自動車とサービス車だけに許可証を発行している。また、7都市では他の目的の駐車車輛にも許可証を交付している。

4. 自由駐車場及び停車場>Loading Zones) 18都市では特定のメーター駐車場の専用を一時的に許しており、27都市では各種の目的のためにメーターのない駐車場を保留してある。メーターのない駐車場を一つも残していない都市は15都市ある。上記の自由駐車場(メーターのないもの)はバス停留所、タクシー駐車場・一般停車場>Loading Zone)・ホテル・図書館・郵便局・公共建築物の出入口等の用に供せられる。また、新聞社、病院にも自由駐車場を設けてある都市も若干あり、郵便局その他の公共建築物の入口の駐車制限時間を短縮して私用の駐車のためのスペースを残していない都市もある。

30都市ではメーター設置区域内に路側の>Loading Zone)を設けてあり、このうち11都市では>Loading Zones)もメーター制としている。大部分は1日のうち一定時間だけ>Loading)に供され、その他の時間では駐車に使用できるようになっている。なお、5都市では配達車も>Loading Zones)を使用するときはメーターに料金を入れねばならないことになっている。

以上がオレゴン州内諸都市の駐車メーターの使用状況の包括的な統計であるが、オレゴン州は面積約97000mil²(約25万km²)、人口約160万人を擁する太平洋岸(カリフォルニアの北隣)の州であり、全人口の約半数(80万人)が都市人口と推定される。我が国の場合は自動車保有台数が人口に対してはるかに少なく(東京でも45人に1台程度)駐車性格も米国とは相当に異なつて短時間の需要が多いので駐車メーターの設置に関しては独自の研究を必要とするであろう。(首都建設委員会事務局 中村 滋)

コンクリートの耐久性に対する実験室

内試験と現場放置試験との関係

“Correlation Between Laboratory Accelerated Freezing and Thawing and Weathering at Treat Island, Maine,”

by Thomas B. Kennedy and Katharine Mather.

Journal of A.C.I. Oct. 1953

コンクリートの耐久性試験に対して、凍結融解を実験室で短時間のうちに繰返した場合と、寒冷現場に放置して自然に凍結融解の繰返しを受けさせた場合と、両者の間にどんな関係があるだろうか。本文は、*w/c*、空気量およびスランプはすべて同一とし、骨材の異なつた 48 種のコンクリートをつくり、実験室とカナダ国境に近い Maine 州 Treat Island における現場試験との結果を比較した詳細な報告である。

実験室における凍結融解試験装置 装置は温度変化を自動式に行うもので、 $42 \pm 2^\circ\text{F}$ ($5.5^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$) から $0 \pm 2^\circ\text{F}$ ($-18 \pm 1^\circ\text{C}$) まで 1 時間、再び $42 \pm 2^\circ\text{F}$ まで 1 時間、すなわち 1 サイクルが 2 時間で 1 日 12 サイクルの凍結融解を行うことができた。ただしこの温度変化速度は、T.C. Powers 氏の意見では速過ぎて、“Accelerated” 試験とはならず “Over loaded” 試験になつてしまうとのことである。供試体は 1 本 1 本清水をいれたカンに入れられ凍結融解を受けた。

Treat Island における試験 Cabscook 湾の埠頭に接して、中等潮位の位置に格子を組みこれへ供試体を並べた。供試体は潮の干満(干満の差は平均 5.5m)により、1 日 2 回海中に没し、また空中にさらされるわけである。かくて冬の間は空中に出て凍結し、 $+1^\circ\text{C}$ の海中に没して融解する。1 冬期間に受ける凍結融解回数は毎冬異なるが、12 年間の平均は 1 冬期間当り 136 サイクル、最高 242 サイクル、最低 89 サイクルであつた。実験室と現場との凍結融解作用を比較するためには次の数値を用いた。すなわち、各サイクルにおける最低温度を 28°F から引いた値を合計して全度数(Total number of degree)を求め、これにサイクル数を乗じたものを度一サイクル (degree-cycles) として比較した。

実験室と Treat Island との実験条件の比較 両試験を比較すると条件の異なる点が多々ある。実験室では材令 9 日の供試体について凍結融解を開始し、25 日間に 300 サイクルの繰返しを行つたので試験中にコンクリートの硬化の進行はないはずである。Treat

Island では材令 90 日の供試体を秋のはじめに現場に設置した。コンクリートに対し海水は清水よりも一層よく滲透し、空隙に入つた海水は 28°F (-2.2°C) で凍結するが、その作用が実験室の凍結作用に比し激しいかどうかは、そのときの温度によるのである。しかし、実験室では供試体はまわりを 3 mm 厚さの水で囲まれている上に冷蔵庫が小さいから徐々に冷されるが、これにくらべ大気中では無限に大きい冷蔵庫中で冷やされるのと同じで急激に冷却されるから、一般に実験室よりはきびしい作用を受けることになる。しかし一方 Treat Island では凍結しない季節にはコンクリートの硬化が進み、またひびわれの自癒作用もおこる。Treat Island における試験では 1 サイクル ($28-7^\circ\text{F}$ (-6°C)) 平均で 456 サイクルの凍結融解が行われ、これは 1.45×10^6 degree-cycle に相当するが、実験室における 213 サイクルがこれと等しい degree-cycle となる。

供試体の製作 コンクリートは、骨材の石質を粗骨材について 6 種、細骨材について 8 種、これを組合せて 48 種とし、スランプ 6 ± 1 cm、空気量 $4.5 \pm 0.5\%$ 、*w/c* 0.49、全骨材中の砂量 36~42% とした。供試体は小型 $89 \times 114 \times 407$ mm 300 個、大型 $153 \times 153 \times 762$ mm 150 個を製作し、小型のうち 150 個を実験室用、残り 150 個と大型とを現場実験用とした。

実験結果 実験の結果は図-1 および 2 に示す。図-1 は 1.45×10^6 degree-cycle (実験室の 213 サイクルに、Treat Island の 456 サイクルに相当) に対する耐久性指数 DFE (凍結融解を行わないときのコンクリートの動弾性係数に対する凍結融解を行つた後の動弾性係数の比、%であらわす) を示した。骨材の

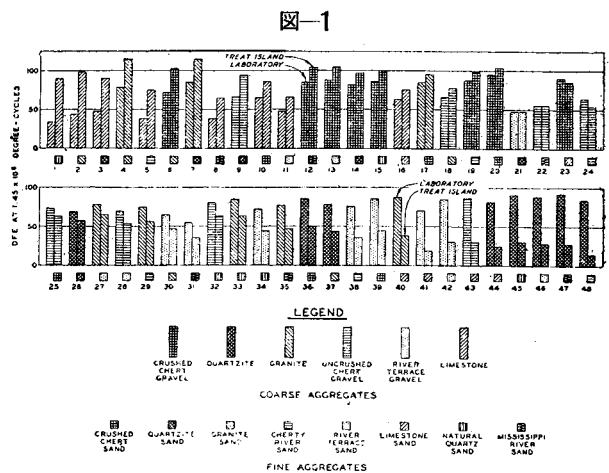


Fig. 2—Aggregate combinations arranged in order of difference in DFE between laboratory and Treat Island small beams at 1.45×10^6 degree-cycles

図-2

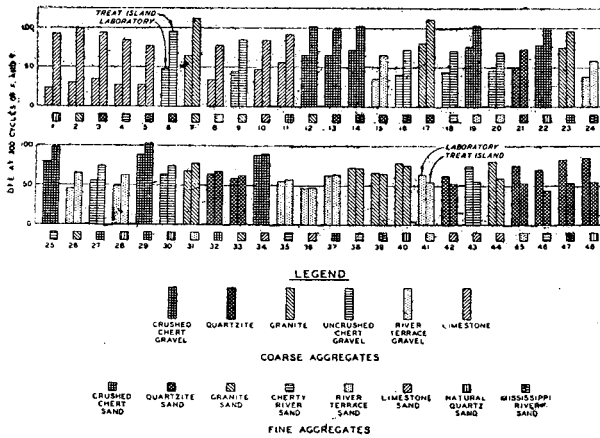


Fig. 3—Aggregate combinations arranged in order of difference in DFE between laboratory and Treat Island small beams at 300 cycles*

表-1 Severity ratio

使用粗骨材	1.45×10^6 degree-cycles	300 cycles	使用細骨材	1.45×10^6 degree-cycles	300 cycles
石灰岩	2.61	1.79	石灰岩	0.46	1.11
花崗岩	0.72	1.62	花崗岩	1.80	4.01
河段丘砂利	0.50	1.26	Mississippi河砂	0.74	1.56
チャート砂利	0.77	1.87	河段丘砂	0.56	1.44
チャート碎石	16.62	39.88	天然けい砂	0.73	1.59
けい岩	0.27	0.82	チャート質河砂	0.67	1.45
			けい岩	1.64	3.64
			チャート砕砂	0.71	1.89

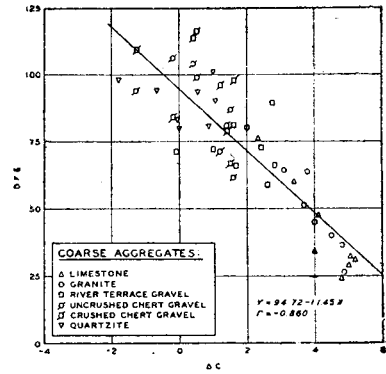
石質により実験室と現場放置とは違つた値を示し、例えば1では実験室の方が DFE は小さいが、48 ではその逆で、12~33 では両試験の値が比較的一致している。図-2 は両試験の結果を同一サイクル、すなわち300サイクルに対する耐久指数で比較した。同一サイクルだと実験室試験の方がきびしいことが多い。次に6種の粗骨材、8種の細骨材について両試験のきびしさの比を次式により求めると表-1 のようになる。すなわち同一 degree-cycle で比較すると、現場の方がきびしく(粗骨材6のうち4, 細骨材8のうち6), 同一サイクルで比較すると実験室の方がきびしい(粗骨材6のうち5, 細骨材全部)。

Severity ratio

$$= \frac{\text{実験室試験による耐久指数の減少}}{\text{Treat Island 試験による耐久指数の減少}}$$

コンクリート中のモルタルおよび粗骨材の膨張係数 ΔC と凍結融解に対する抵抗性との関係 各種の粗骨材に対してその粒形、組成等について修正をした後耐久指数 DFE と ΔC との関係を図示すると図-3 のようになり、両者の間に一応の関係のあることがわ

図-3



かつた。しかし、どういふ石質の骨材を組合わせれば耐久性がよくなるかは試験によつてきめるべきで、 ΔC からこれを判定することは無理である。

むすび 以上実験室, Treat Island 両試験の結果を比較したが、試験法の相違が骨材の物理的または化学的性質の違いを大ならしめる傾向があり、そのため両試験の結果がますますひらく結果となつた。それ故実験室の試験成績から現場試験の成績を、あるいはその逆の場合を予想するときには必ず骨材の性質および実験条件の相違を考えに入れてやらねばならない。同一サイクルについて実験室

現場試験の成績比較を要約すると、

- (1) Severity ratio で比較すると、実験室試験の方が各種粗骨材および細骨材について、それぞれ 0.8~39.9 倍および 1.1~4.0 倍きびしい。
- (2) 細骨材の影響よりも粗骨材の影響の方が大。
- (3) 骨材自体の諸性質の影響が大きいため、骨材の ΔC と耐久性との関係をそのまま比較してもだめであるが、骨材の諸性質を修正して両者を比較すると関係が成立つ。
- (4) 一般に耐久性は供試体の大きさを増すと大きくなる。(鉄道技術研究所 杉木六郎)

トラス橋の風荷重

“Wind Loads on Truss Bridges”
by John M. Biggs
Proc. ASCE, Separate No.201, July
1953, pp. 1~19

この報告は標準的な複線鉄道橋の模型を使って風洞実験を行つた結果およびこれに基づく風荷重計算法と現行設計示方書の規定との比較を述べたものである。

なお模型に多少手を加えて道路橋に対する資料を集めてある。原型は Span 350', 構高 49.2' の分格間ワーレン型開床鉄道橋で Floor system は stringer 及び floor beam を使った最もありふれたタイプである。模型は2つあつて1つは縮尺 1/120 の木製で断面はソリッドな矩形断面におきかえられたもの、もう1つは縮尺 1/40 の真鍮製でこの方は中間 8 パネルだけであるが細部構造にいたるまで精密忠実に縮小されている。実験結果の適用範囲をなるべく広くするために同一の模型成分をいろいろな状態に組替えることによつてタイプにヴァリエーションを与え得るようになってきているから、橋梁の各パートが風力によりどのような効果を持っているかを検出することができる。テストの順序は 1) 主構単独 2) 2つの主構を一定の間隔に固定したもの(固定には流線抵抗の少ない棒を使用) 3) 主構に床組と下横構を取付けたもの 4) 完成した橋梁の順となつている。

a) 試験結果 基本公式は $H = A_T C_D \rho \frac{V^2}{2}$, ここに H : 風荷重の水平分力, A_T : トラスの垂直射影面積, V : 風速, ρ : 空気密度, C_D : drag coef. で示される。 $V=50\sim70$ mph. に対するテストの結果によれば H は V^2 に比例するらしいから V がこの範囲内にある場合は C_D は Constant であることがわかる。 $V=70$ mph. で風の方向が水平の場合には

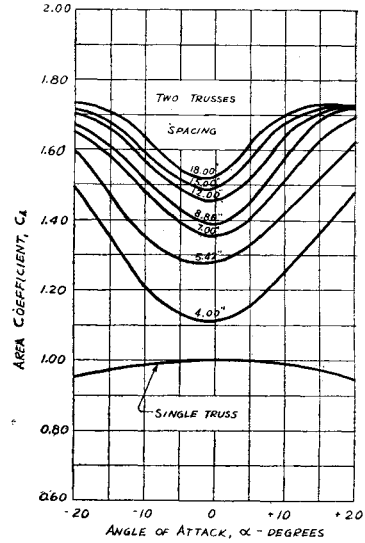
$$C_D = \frac{H}{A_T \rho \frac{V^2}{2}} = \frac{28.9 \times 144}{203.1 \times 12.543} = 1.63$$

となる。橋梁の設計に慣用される風圧は、30~50 lbs/ft² であるが主構だけを分離したテストの結果はそれ等の風圧に対応する風速が 84.9~109.5 mph. であることを示している。次に基本式に Area Coef. を導入すると $H = (C_A A_T) C_D \rho \frac{V^2}{2}$ となり、図一は主構単独の場合風の吸きつける角度 α と C_A との関係及びトラス間隔と C_A の関係を示す。

α は風の方向が水平となす角度で橋梁に対し上向きの場合は + 符号となる。このほか単線及び複線鉄道橋と 2 車線及び非常に巾員の狭い道路橋に対しそれぞれ α を変化させたときの C_A の変化を示す図表が掲載してある。 $\alpha = \pm 15^\circ$ の範囲では各型式に対する C_A の最高値は次のようになる。

鉄道橋 { 複線 α : 1.69
 { 単線 α : 1.47
道路橋 { 2 車線 α : 1.52
 { 狭いもの α : 1.42

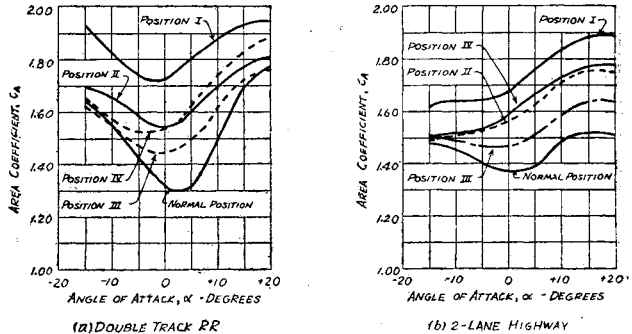
図一



トラス間隔は α に対し 8.86° 程, α に対し 5.42° であり構高はいつでも 14.76" である。

b) 床組の位置の影響 図二は Floor の位置が C_A に与える影響を示す。Position I は Floor beam の底がトラス下弦材の底より 3.5" 下にある場合、Position II は同じく 2.0" 下にある場合、Position III は逆に 0.9" 上にある場合、Position IV は同じく 2.5" 上にある場合であつて標準位置は Floor beam

図二



表一

Position	Double Track RR ($\alpha = 15^\circ$)			Two-Lane Hwy ($\alpha = 15^\circ$)		
	Due to Floor ΔC_A	Effective Floor Area sq. ins.	Unshielded Area sq. ins.	Due to Floor ΔC_A	Effective Floor Area sq. ins.	Unshielded Area sq. ins.
I	0.25	51	82.5	0.19	39	91.6
II	0.09	18	82.5	0.07	14	91.6
Normal	0.01	2	30.8	-0.16	-33	38.7
III	0.04	8	71.8	-0.04	-8	79.7
IV	0.15	30	71.8	0.08	16	79.7

図-2

	Experimental (109.5 mph)			Specification (AREA & AASHO) (50 lbs. per sq. ft.)		
	Trusses	Net Effect of Floor lbs.	Total lbs.	Trusses	Net Effect of Floor lbs.	Total lbs.
Nomal Floor Position						
2-Track RR	125	1	126	141	-7	134
1-Track RR	107	3	110	141	-7	134
2-Lane Hwy	125	-12	113	106	20	126
Narrow Hwy	115	-9	106	106	20	126
Floor Position IV						
2-Track RR	125	11	136	141	21	162
2-Lane Hwy	125	6	131	106	42	148

の底とトラス下弦材の底とが一致する場合である。また表-1は Floor の存在の結果生ずる C_A の変化 ΔC_A に関する事項をまとめたものである。さらに揚力や転倒モーメントについての実験も行われている。

c) Yaw の影響 Yaw に起因する H の増加は Yaw の角度 $\psi=20^\circ$ の場合に最大となり、その量は 9% である。

d) 載荷時の風圧 現行設計示方書の取扱いは大体において適正であることを確認した。

e) 示方書との比較 テストの結果によれば H は次のように計算される。

$$H = C_D C_\psi C_A A_T \rho \frac{V^2}{2}, \text{ここに } C_D = 1.63, C_\psi = \text{yaw coef.} = 1.05, C_A = \text{Area Coef.}, A_T = \text{垂直射影面積 (ft}^2\text{)}, \rho \cdot \frac{V^2}{2} = 0.00256 V^2 \text{ (Vin mph.)}$$

すなわち $H = 0.00438 C_A A_T V^2$ lbs/ft², $V = 109.5$ mph. に対する上式と示方書に与えられた 50 lbs/ft² との比較が表-2 に示してある。この V は独立した主構に対して 50 lbs/ft² の風圧を与えるように決めたものであり C_A は $\alpha = \pm 15^\circ$ 内での最大値を採った。AASHO における床部の取扱いは非現実的であるが AREA の規定によれば床部の影響は実験結果と非常によく一致する。

現行設計示方書はトラス間隔の影響を加え、さらに床部の取扱ひにもう少し検討を加えれば一段と完全なものに近くなる。結論として(ただしこれはテストに使用した模型と同様のプロポーションを有する単純構に対してのみ云えることであるが)次のような事項が挙げられる。

1. 主構だけ単独にとり出した場合これに対する 30 及び 50 lbs/ft² の風圧は各 85 及び 110 mph. の風速に対応する。

2. トラスの間隔は風荷重に対して大きな影響をもっている。いま 13.3' から 60' までトラス間隔が増

加すると風下のトラスにかかる荷重は風上のトラスにかかる荷量の 40% から 10% まで変化する。

3. H に対する Floor system の影響は一般に少ない。しかしその影響は Floor とトラス下弦材との垂直方向の相対距離に比例して増加する。

4. 揚力及び転倒モーメントは巾員の広い道路橋に対してはかなり重要な要素である。

5. 風洞実験においてその正確を期するためにわざわざ細部構造まで非常に精密に再現したスケールの大きな模型を製作する必要はない。

(早稲田大学理工学研究所 堀井健一郎)

工学博士 吉町太郎 一著

鋼橋の理論と計算

B 5 (四六倍判) 700 頁 参考図 1,000
定価 1,500 送料 100

第1章 総論	第7章 突桁橋
第2章 単構橋の応力解析	第8章 連続桁橋
第3章 鉸桁橋及 I 桁橋の設計	第9章 ラーメン橋
第4章 単構橋の設計	第10章 拱橋
第5章 桁の横振動と衝撃	第11章 吊橋
第6章 構脚橋と高架鉄道	第12章 可動橋

本書の内容は鋼橋の全般に亘り余す所なく論述せられたもので、その理論と計算のみならず各細部構造及び設計法についても詳論され、鋼橋に関する最高の理論と設計及び計算の実用とを兼ね備えた決定版とも云うべきであつて、橋梁工学に関係せられる専門家は勿論、広く土木工学一般の技術者諸賢も座右に備えて貴重な文献とするに足るものと確信する。

(北大教授 酒井忠明氏評)

東京 神田 駿河台下 石崎書店 振替東京 79048