

可動橋の諸問題

正員 函館ドック株式会社室蘭製作所 阿部俊視
○正員 北海道開発コンサルタント株式会社 青木弘

I. ま え が き

弊社は、昭和36年に跳開式可動橋「鹿渡橋」の架設工事を行なった。

本橋は、昭和33年に改造工事を行なった「八竜橋¹⁾」と同様、農林省八郎潟開拓事業の一環としての工事である。

ここでは鹿渡橋における風荷重の影響、橋面の問題、および橋体と可動機構の比率などを検討し、つぎに現在計画中の試案を紹介し、油圧機構を用いた場合の利点を述べる。

II. 鹿渡橋（跳開式可動橋）について

1. 概 要 (図-1)

型 式； 跳開式可動橋
橋 格； TL-20 100 kg/m² 雪荷重
支 間； 15,500 m
幅 員； 7,500 m
主ケタ間隔； 7,900 m (二本ケタ)
路 面； 14 m/m 鋼板上 50 m/m アスファルト舗装

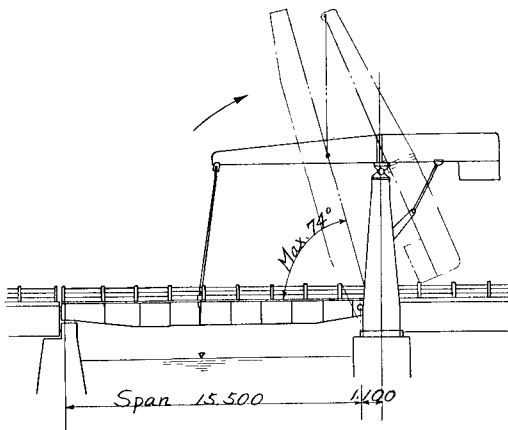


図-1 鹿渡橋（跳開式）

2. 風 荷 重

可動時の風圧は50 kg/m²とし、この時のモーター馬力の安全率を1.0とし、無風時には1.5とした。無風状態および風圧50 kg/m²の風荷重が作用した時のモーター馬力

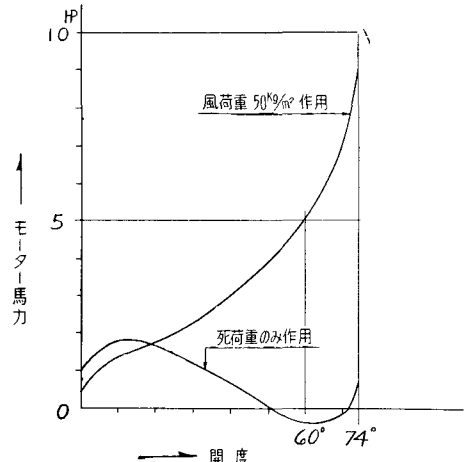


図-2

と橋面開度の関係をグラフに表わすと図-2のようになる。

このグラフを見ると、無風時には2HPで十分であるが、50 kg/m²の風圧が作用した時は開度60°で5HP、60°から74°まで（この間の所要時間は1分間）にさらに5HPを要し、最大跳開74°では10HPも必要となる。

最大跳開時にはLimit SwitchでStopper がきくので、結局1分のためにモーター馬力は、2倍にもなる。風荷重の影響を少なくするには、風圧、開度、および路面の状態が関係する。そこで、風圧と風速の関係を次式²⁾から求めると、50 kg/m²の風圧は26 m/secの風速に相当する。

P ; 風 圧 kg/m²

v ; 風 速 m/sec

c ; 風圧係数 密閉の時 $c=1.2$

ρ ; 空気の密度 $\div \frac{1}{8} \text{ kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4$

$$P = \frac{c \cdot \rho}{2} v^2$$

実際には風速15 m/sec以上ともなると、作業船などは航行しないと考えるのが妥当と思うが、突風を考慮して $v=20 \text{ m/sec}$ と仮定し、風圧は $P=30 \text{ kg/m}^2$ 程度が妥当な値ではないか？。

参考のため荷役機械の例をみると、屋外起重機の場合は

作業時速度圧は $q=30\text{ kg/m}^2$ であり、風圧は風力係数 $c=1.2$ として $P=c\cdot q=36\text{ kg/m}^2$ としている³⁾。

また鋼構造物に対しては、建築学会の基準または、荷役機械などで用いている方法に準拠し、構造物の高さ (h)、風圧係数 (c)、地域差 ($\eta\%$) を考慮し、風圧 $P=60\cdot c\cdot \eta\sqrt{h}$ とする方法を取るのが実際の良いと思う。鋼道路橋設計示方書では構造物の高さの影響が考えられていないし、この種可動橋に適用するには無理な点がある。しかし、本橋の場合は Counter wt. の影響が大きく、塔部の断面は地震力により決まった。

次に開度は、航行限界より決まるので一概にいけないが可動のタイプ、Span を変えて解決できる問題である。

橋面の型式は、この種タイプについては最大の問題点であり、風荷重の問題も網目床版を用いることにより、おのずと解決できるのであるが、これも幅員および交通の種類を考えると問題が残る。

3. 橋 面

路面は 5cm 厚アスファルト舗装とし、構造および配合はつぎのようにした。

Sheet Asphalt (表層)	15 m/m 厚
Topeka Ascon (基層)	35 m/m 厚
Tack Coat	0.8 ℓ/m ²

Tack Coat には Tar 91%, Rubber 9% の Tar Rubber Latex を用いた。

滑り止めとして 14 m/m 鋼板の上に 9 ϕ 鉄筋を 1.5 m 間隔に波形に溶接した。

表-1

		Sheet	Topeka
配 合 (%)	砕石 (5~15 m/m)	11.7	27.3
	粗 目 砂	32.9	37.3
	細 目 砂	29.3	12.7
	石 粉	15.1	13.7
	丸善ラバファルト	11.0	9.0
安 定 度 lb		1010	1140

丸善ラバファルト	
針 入 度	71
軟 化 点	50°C
ゴム混入率	5%

合材は 160°C まで加熱した。
舗装自体は、八竜橋と比較すると、数段と安定度の良いものとなり、60°C においても、Flexible で Beam のような状態を示した。

本橋については、常時よりもむしろ問題なのは、夏の気

温の高い時、最高に傾斜した時の滑りである。この問題を調査するのに、500×8×500 m/m の鋼板の上に実物と同じ状態に舗装した Test Piece を作り、実験を行なった。

常温においては、70° に傾斜させて、一昼夜放置してもなんの変化も見られなかったが、60°±2°C の恒温室に 2 時間半放置後 70° に傾斜させると、ただちに 2~3 m/m、5 分後には 20 m/m 滑り、10 分後には完全に剝離した。

舗装体そのものは、相当柔かくなったが、変形、破損は見受けられなかった。

これは、Tack Coat の接着力の小なることが原因であるが、波形に溶接された鉄筋の抵抗が局部的であることから舗装体の安定度が低いことも原因と思う。この件については現場施工のデータを参考にして検討中である。

高温時の滑動に対する解決策としては、Tack-Coat の改良よりも、Flat Bar で多くの Block を作り、丁度障子の棧のようなところに舗装するのが安全と思う。この時、Flat Bar は鋼床板の断面に加えることもできる。

このほかに、前述した網目床版の使用も一案である。四辺を単純支持し、曲げモーメントのみを受ける網目板は若戸大橋などに用いられているが、これと同じ網目板を本橋に用いた場合の比較をしてみると、鋼重も Coat もほとんど変わらない。網目板の Coat は、材料、製作、メッキまでで 16,200 円/t となり、普通の鋼構造物に対し、約 3 割高となるが、舗装工費がこれに当てられ、鋼重、Coat とも変わらない結果となったのであるが、舗装重量約 14 t が減少したので、可動機構では Cost Down になるのはもちろんであるが、風荷重の抵抗が少ないことと考え合わせると、塔部材ハリ材、対重などで 2 割減、モーター馬力は 10 HP から 3 HP となり、機械部品は約半分になる。

網目板には、曲げのみを受持たせる方法と、合成ゲタと同じような考え方で、主ゲタの上フランジとして圧縮力をも受持たせる方法がある。この構造では、なお一層の鋼重軽減が得られるだろう。しかし、今のところ製作的に難点があり、まだ使用の段階には至っていないが、弊社で Model 実験を行なったところでは、理論と良く一致している⁴⁾。

可動橋のように死荷重とか風荷重が大きく影響する構造物については、網目床版が実に有効であることがわかったが、幅員が狭く、人、馬、車など、交通の種類の多い場合は、このままでは使用できないので、この上に鋼鋼板を張るとか、硬質ゴムを焼付けなどの方法が必要である。

ゴム舗装について調査した範囲では、5 m/m 厚程度の加硫ゴムシートを 3 枚焼付け、総厚 15 m/m とした場合 Cost は 15,000~20,000 円/m² 程度となる。Cost 的にはいまのところ、とても問題にならないが、これも規格化され、量産されるようになると、ベルトコンベヤーのようにプライ

数の多いものでも、5,000～6,000 円/m² なることを考えると、相当 Cost Down されると思う。

4. 橋体と可動機構

可動タイプの各種について、橋体とその他の可動機構との重量ならびに Cost の比較をすると 表-2 のようになる。

表-2

	型 式	昇 開	跳 開	旋 回
	橋 梁 名	八竜橋	鹿渡橋	設計案
重 量 (t)	橋 体	36	38	65
	その他の鋼構造部	17	40	0
	機 械 部 品	6	16	24
	対 重	0	80	0
Cost	橋 体; その他	1:0.8	1:2	1:0.7

ただし、橋体重量に舗装は含んでおらず、鋼材のみの重量であり Cost 比較の各単価は概略つぎのように決めた。

橋体および鋼構造物 180,000 円/t、機械部品 350,000 円/t、対重 5,000 円/t。

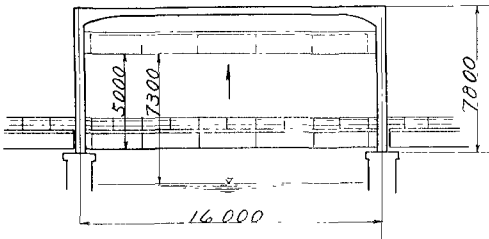


図-3 八竜橋 (昇開式)

施回橋 (第一計画案) は図-4 参照。

船舶に対する Clearance が大きく左右するので、一概にいえませんが、表を見ると、鹿渡橋のような跳開式は対重のためみずからの重さを自分で支えている不利が良くわかる。一方、旋回橋は、油圧機構を用いて、Jack up および Swing を行なっているが、まだ計画中で確かなことはいえないが、経済的であることはもちろん、Appearance の点からも、最もすぐれていると思う。

III. 油圧機構を用いた計画案

旋回式と跳開式の両タイプについて、油圧機構を用いた設計計画案であるので、その概要を述べる。

油圧の圧力強度は、70, 140, 200 kg/cm² が主として用いられており、Stroke は製作上 3 m 程度である。設計案では $P=140 \text{ kg/cm}^2$ を用いている。

1. 施回橋計画案 (図-4)

まず $140 \text{ kg/cm}^2 \times 26\pi \div 300 \text{ t}$ で 200 m/m Jack up する。

これは、旋回時、橋台支点を自由にするためであるが、実際には先端で 150 m/m のタワミが生ずる。つぎに旋回を行なうが、この両作業を油圧ポンプが行なう。油圧ポンプは取付け道路上、または、橋体に取り付ける。しかし、後者の場合は、片側の航行幅が運転室のために狭くなるくらいはある。油圧ポンプを用いる方法は、単一作業の場合は一般に Cost 高になる傾向にあるが、本案のように、Jack up および Swing の両作業を受持つ場合は、Cost 的に相当有利になり、衝撃に対しても Buffer の役目をなし利点が多い。

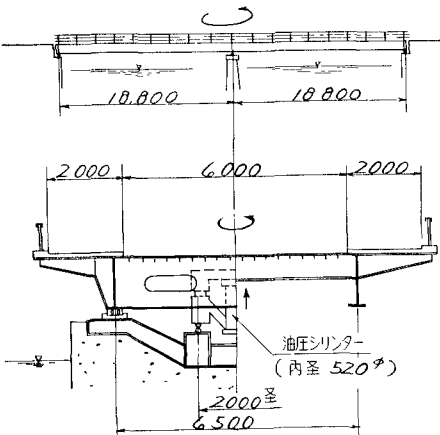


図-4 第一計画案 (旋回式)

従来、旋回橋は、可動時の偏心荷重を受けるため、橋脚が大きくなる欠点があったが、この場合は径 2 m の旋回径であり、旋回時には図-5 の旋回用 Ball Bearing で全荷重を受持たせている。

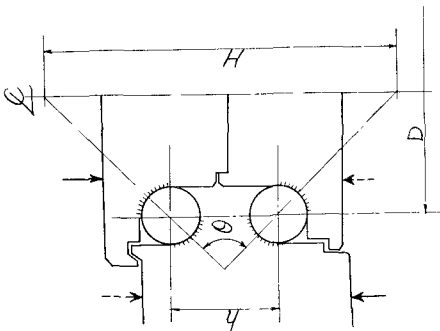


図-5 旋回用 Ball Bearing

この Ball Bearing は、耐荷面の方向が従来と異なり、 θ なる角を有し、通常は 90° , 120° が用いられている。そのため、 h なる Space で架空の高さ H の効果を発揮し、転倒モーメントによる浮上りも心配なく、平均に反力を受持つ特徴を持っている。

この種 Ball Bearing を用いることにより、旋回径を小さくでき、外観上の問題もおのずと解決できる。

また幅員の狭い場合は、逆合形箱型主ケタを用い、支承部を旋回部支点に共用する方法も考えられる。

2. 跳開橋計画案 (図-6)

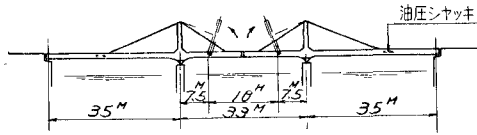


図-6 第二計画案 (跳開式)

平常時は斜張橋として、可動時にはこの張材を用い、油圧 Jack で引き揚げる計画であり、側径間の Prestress も可能であり、Channel Span を相当大きく取ることができる。

本案の場合、張材の大きさにより、通常時の斜張材は Chain System で捲揚時は別の Wire で行なうことも考えられる。

いずれの方法を用いるにせよ跳開式の場合は、引き揚げの Wire Stroke は相当大きくなるので、このような時は 図-7 の

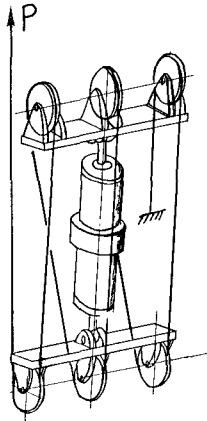


図-7

方法を用いると良い。この図の場合は Stroke は 1/6 となる。この方法は、まことに Simple な考え方であるが、水門には広く用いられ特許となっている。

鹿渡橋のタイプについても、対重を用いずに、塔の中に 図-7 のような滑車組の油圧を用いることが考えられる。

IV. 結 語

施工例ならびに設計計画案について、可動橋の問題点を部分的に検討したが、可動橋については、死荷重軽減が、重要な Factor であるので橋体の構造はもちろん、路面については十分検討の要がある。

また、最近の橋梁においては、可能な限り、Deck Type とする考え方なので、外観的にも十分の配慮が必要である。

これらの点からも、機構に新しい知識を求め、応用して行く考えが必要と思う。

参 考 文 献

- 1) 土木学会北海道支部：技術資料第 15 号「旧橋を可動橋にするための軽量化に関する一考案」
- 2) 土木学会：鋼鉄道橋設計方書，解説。
- 3) 橋本清著：「起重機の鋼構造部分の計算基準」
- 4) 土木学会：第 16 回年次学術講演会講演概要第二部「Netz-Werke 床版の有効幅について」