

港湾地域における長大可動橋の研究

Research on Movable Bridge Applicable to Port and Harbor Area

辻岡和男*・中村 豊**

TSUJIOKA, Kazuo and NAKAMURA, Yutaka

* (財) 沿岸開発技術研究センター 調査部 主任研究員

** (財) 沿岸開発技術研究センター 専務理事

Movable bridge over 100m span was investigated to apply for access load in port and harbor area. At first, examples in Japan, Germany and U.S.A. were investigated in detail from operational and maintenance point of view. Then, procedure to apply movable bridge was investigated considering total cost due to construction, maintenance and running cost. Finally, trial design was performed and it was concluded that movable bridge could be attractive in port and harbor area.

Key Words : movable bridge, port, harbor, infrastructure, operation, maintenance, trial design

1. はじめに

港湾整備にあたっては、港湾施設間あるいは背後地との円滑なアクセスを確保するための臨港道路建設が必要不可欠であり、通常は橋梁あるいはトンネルにより構成される。大規模な橋梁の場合、航行最大船舶のマストをかわすために 50m 程度以上の大きな桁下空間を確保することになる。桁の位置が高いとアプローチも長くなるので、建設費用が増大するのみならず地域のアクセス道路としては不便なものとなる。

可動橋は、大型船舶が航行するときに橋体を動かして、船舶航行に必要な桁下空間を確保しようとする橋のことである。小型船舶が航行するための最低限の桁下空間を常時確保することにより開橋頻度を少なくすることができる。また、アプローチを含めた橋梁規模が小さいため、地域のアクセス道路にふさわしいものとなる。試算によれば、条件にもよるが可動橋は固定橋と比べて3割程度建設費が少なくなる。このことから可動橋はコスト削減を指向している社会情勢に合致した構造形式といえる。

(財) 沿岸開発技術研究センターでは平成9年度より自主研究として長大可動橋研究会を設置し、可動橋の技術的検討、国内外の事例調査および検討手順の明確化を実施してきた。本稿ではこれらの概要を記述する。

2. 可動橋の種類とその特徴

2.1 可動橋の種類

跳開橋：航行船舶を通過させるために、橋体を水平位置から垂直付近の位置まで回転して持ち上げる可動橋。1リーフ（片開き）および2リーフ（両開き）がある。



写真-1 跳開橋 (Fremont 橋, シアトル)

昇開橋：航行船舶を通過させるため、橋体を両側のタワーにて鉛直方向に昇降させる可動橋。タワー内には橋体重量バランス用カウンターウェイトが設置される。比較的長支間の可動橋の場合に適用される。



写真-2 昇開橋 (Benjamin Harrison 橋, バージニア)

旋回橋：航行船舶を通過させるため、ピボット橋脚を中心に橋体を回転させる可動橋。1リーフおよび長大な径間をまたぐ場合の2リーフがある。旋回方式のためクリアランス制限はない。長支間の可動橋に適用可能である。



写真-3 旋回橋 (University Height 橋, ニューヨーク)

2.2 可動橋の開閉手順

可動橋の開閉手順は鉄道踏切に対する道路交通開閉手順と基本的に同じである。すなわち、警告ベルやサイレンを併用しながら道路交通信号が赤になって遮断機が下り、安全を期すために車両の防護バリアがセットされる。そしてこのあと橋体が跳開・昇開・旋回される。信号システムは船舶に対しても確保される。船舶航行可能な状況になると橋体やその付近に取り付けられた船舶用信号が青になる。船舶が航行した後は上記と逆の手順で道路交通解放に至る。こうした一連の開閉操作に伴う道路交通遮断時間は橋の規模にもよるが10分程度である。一般に跳開橋の場合にはこの時間が短くなる傾向にある。

図-1 可動橋の場合の主要な道路交通制御

3. 国内における可動橋事例

江ノ浦橋（紀伊長島）、末広橋、臨港橋（四日市）などがある。他にも多数あるが、概して小規模なものが多い。このうち、江ノ浦橋は小規模（可動支間30m）ながら都市間道路に平行してかかっている地元密着型の昇開橋である。



写真-4 江ノ浦橋（紀伊長島）

4. 海外における可動橋事例

国内には見られない長大な可動橋が存在する。長大可動橋研究会（前述）では平成12年6月に海外の長大可動橋の実際の操作状況・維持管理状況などを調査する目的でドイツおよび米国を調査^{1),2)}した。

表-1には可動橋の諸元一覧と開橋状況を示している。調査により得られた知見は以下の通り。

- a) 可動橋は踏切と同じ管理感覚である。
- b) 日交通量が数万台規模の道路でも可動橋を設けている

事例がある。この場合、ラッシュアワーには開橋しないなど船舶航行と道路交通とで調整している。

- c) 交通遮断時間は約10分と比較的短い。
- d) 一人の操作員により操作されている事例も多い。
- e) 維持管理により長期間稼働可能である。

5. 長大可動橋適用の可能性

海外調査から長大可動橋は日本においても技術的に十分可能であると判断された。国内外の事例をふまえて可動橋適用の可能性を考えると下記のように整理できる。

- a) 道路交通量は多いが大型船舶航行が比較的少ない場合。
- b) 主要道路としての通過交通と地域住民のための交通を使い分ける場合。このとき可動橋は地域交通用に機能させることとなる。

6. 可動橋の比較検討手順と試設計

可動橋の運営・維持管理状況などの事例および適用性が明らかになったので、固定橋と比較した場合の検討手順の明確化とモデル港湾（A港、航路幅270m）に対する試設計・経済比較を試みた。以下、具体的に記述する。

6.1 現況データの整理と将来の船舶隻数予測

各港毎の港湾統計資料（過去5年程度）をもとに10,000トン程度以上の船舶に対して総トン階級別入港船舶隻数を整理する。各港での港湾計画に基づき将来の取り扱い貨物量を推定する。これをもとに将来の総トン階級別入出港船舶隻数の推計を行う（表-2参照）。

表-2 将来の総トン階級別入出港船舶隻数/年間

	貨物増加率	現時点	将来
コンテナ	2.89	104	301
アメリカ材	1.60	11	18
ウッドチップ・パルプ	1.22	84	102
品目A	0.36	38	14
品目B	1.21	32	39
品目C	1.42	31	44
品目D	1.42	14	20
品目E	1.00	10	10
品目F	1.39	8	11
品目G	1.00	24	24
合計		356	582

6.2 マスト高さ分布の作成

総トン階級別入出港船舶隻数をもとに、入出港船舶

表-1 可動橋の諸元一覧と開橋状況

	橋梁情報			オペレーター			開橋頻度	点検頻度	維持管理・ 運用の費用 (百万円)
	橋名	形式	可動 支間(m)	全 数	操作 人数	勤務 体制			
ハンブルク 河川港湾 建設局	Kattwyk 橋	昇開橋	106.1	8	1		2時間毎	日, 月, 1年(*1) , 3年, 6年	180/年(*3)
	Reiherstieg 橋	跳開橋	46.4	4	1		要請毎		72/年(*3)
	Estesperrwerk 橋	跳開橋	40.0		1		1/日		43/年(*3)
ニューヨーク市 交通局	University Height 橋 ほか(全体23橋)	旋回橋	80.6	100		24H(3)	年5-2500 回(*4)	日, 2年(*1, *2) , 10年	500/年 for 23橋 (推定値)
ニューヨークMTA	Marine Parkway 橋	昇開橋	162.0	6	操作1 監視2	Weekday 8H	100回/年	月(*5), 2年(*2)	N/A
バージニア州 交通局	Benjamin Harrison 橋	昇開橋	108.5	8	1	24H(3)	要請毎	日, 週, 1年	20/年 程度
	James River 橋	昇開橋	126.5	5	1		要請毎	日, 四半期, 1年	〃
	G. P. Coleman 橋	旋回橋	152.4	6	1		要請毎	週, 1年	〃
シカゴ市 交通局	Chicago River 橋	跳開橋	40~80	80	6	要請毎	1/日	週, 2年	2/年 程度 — 1橋当たり
	Calmet River 橋	跳・昇開	80程度		1~2	24H(3)	8/日	週, 2年	
スポーク市 交通局	Spokane Swing 橋	旋回橋	146.3	22	1	16H(2)	8/日	月, 1年	146/年 程度 — 5橋当たり
	University 橋	跳開橋	66.5		1	16H(2)	10/日		
	Fremont 橋	跳開橋	73.8		1	16H(2)	18/日		

(*1): 機械 (*2): 構造 (*3): 人件費込み (*4): テストオペニング含む (*5): 動力, 制御, ブレーキ, ロック

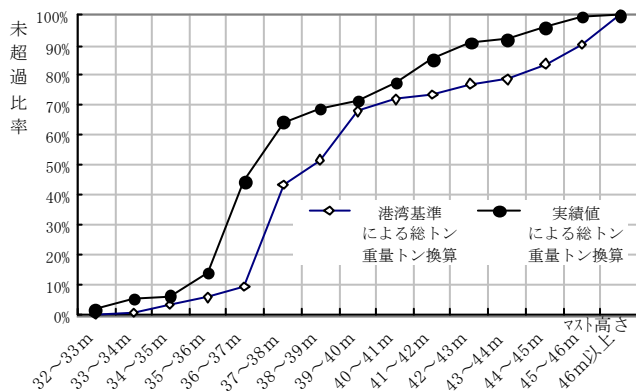


図-2 マスト高さの分布

のマスト高さ分布 (マスト高さ v. s. 隻数) を作成する。この際、船舶の総トンデータを重量トンデータに換算するとともに、重量トンと水面上マスト高さの関係図を用いる³⁾。可能であれば、入港船舶の実績 (総トン数 v. s. マスト高さ) も考慮するのが望ましい。

6.3 可動橋の検討

上記で得られたマスト高さ分布をもとに、開橋頻度を考慮しながら可動橋の桁下空間を設定する。

これをもとに、可動橋の構造を検討し、初期建設コスト、オペレーションコスト、メンテナンスコスト、ランニングコストより構成されるトータルコストを算定する。さらに、別途の検討より求められた通過交通量をもとに橋梁開閉に伴う時間ロス費用を算出する。

6.4 可動橋の試設計および固定橋との比較検討

モデル港湾をもとに固定橋・可動橋の試設計を実施した。固定橋に対しては、最大マスト高さに適切な余裕をとり桁下空間 52m とした。可動橋に対しては、20m および 30m の桁下空間を設定した。検討結果を図-7 および表-3 に示す。これによれば、可動橋は固定橋に比べて 20%~30% 安く経済的に優位にあることが分かる。なお、可動橋の開橋回数は、桁下空間 20m, 30m に対してそれぞれ 8 回/日および 4 回/日程度である。

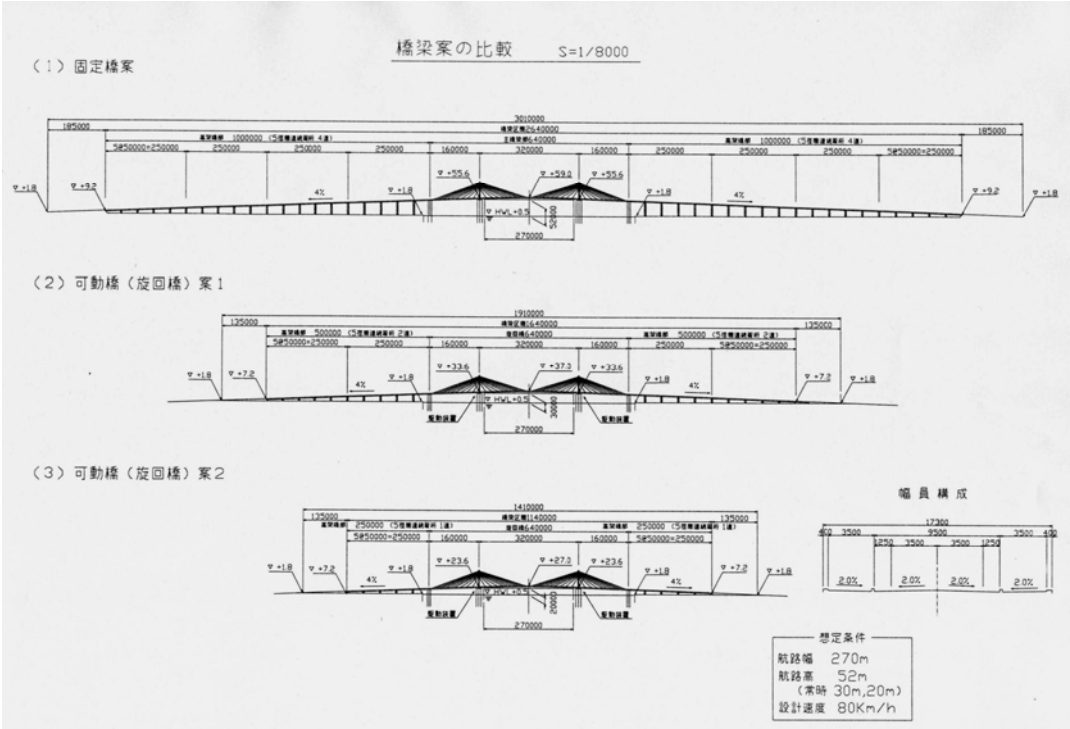
7. おわりに

日本にも可動橋は存在するものの支間 100m 以上の長大なものは存在しない。今回、海外の可動橋の運営状況および維持管理状況をつづさに調査する事により、長大可動橋関連技術を把握した。我が国の橋梁技術の高さを考えると技術的には十分に対応できるレベルである。長大可動橋に関する問題は、固定橋に比べてトータルコストが少ないにも関わらず、可動橋の検討手順および採用の意志決定手順がはっきりしなかったために検討される機会が少なかったことである。確かに可動橋の場合は、固定橋に比べ道路利用者および船舶航行者に幾分かの不便を強いるが、コスト削減の機運の高まっている社会情勢を考慮すると可動橋がもっと採用されていいように思われる。本研究が我が国での長大可動橋検討の一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) (財) 沿岸開発技術研究センター：長大可動橋に関する海外調査報告書，2000. 7.

- 2) 中村 豊：海外の港湾地域における可動橋の実状について、雑誌港湾, pp. 67-69, 2001. 2.
- 3) 浜田 賢二ほか：外力算定のための船舶諸元およびマスト高の解析, 港湾技術資料, No. 714, 63p., 1991.



図・3 可動橋の試設計および可動橋・固定橋の比較検討(単位:mm)

表-3 固定橋と可動橋の比較検討結果

単位: 千円

	ケース 1 固定橋 (H=52m)	ケース 2 可動橋案 1 (H=30m)	ケース 3 可動橋案 2 (H=20m)
主橋梁部上部工重量	8, 304t	8, 304t	8, 304t
アプローチ橋重量	995t×8連＝ 7, 960t	995t×4連＝ 3, 980t	995t×2連＝ 1, 990t
主橋梁部上部工工費	8, 871	8, 871	8, 871
アプローチ橋上部工費	5, 572	2, 786	1, 393
主橋梁部下部工工費	6, 000	4, 400	3, 400
アプローチ橋下部工費	6, 000	2, 400	1, 000
可動橋駆動, 機械費用	0	1, 181	1, 181
初期建設費計 (比率)	26, 443 (1. 0)	19, 638 (0. 743)	15, 845 (0. 599)
可動橋部運用費	0	1, 537	1, 650
共通維持管理費	1, 690	1, 095	797
運用費を含むトータルコスト (比率)	28, 133 (1. 0)	22, 270 (0. 792)	18, 292 (0. 650)
開閉に伴う時間ロス費 [通過交通]	0	2, 000	4, 000
運用費・時間ロス費を 含むトータルコスト(比率)	28, 133 (1. 0)	24, 270 (0. 863)	22, 292 (0. 792)

