

合成床版橋（QS Bridge）の紹介

Introduction of Composite Slab Bridge (QS Bridge)

保 呂 秀 次*¹ 奥 村 恭 司*² 佐 藤 徹*³
 Hidetsugu HORO Kyoji OKUMURA Toru SATO

Summary

If an extremely low depth structure is required in a bridge with short or middle spans, it is often difficult to use traditional bridge structures such as a steel plate girder bridge or a steel box girder bridge. Therefore, the authors have developed steel-concrete composite slab bridges (QS Bridge), not only to provide the bridges with short girders but also to save labor at the construction site and shorten the construction period. QS Bridge is classified into two types: concrete filling type and rigid urethane filling type, selected mainly depending on the length of the span. Recently, an increasing number of QS Bridges have been constructed and so the author are studying methods to rationalize the structure and improve economic efficiency. In this report, not only the experience of such construction but also the characteristics of QS Bridge and work on other challenges are introduced.

キーワード：合成床版橋、合成床版、防水システム、短期施工、維持管理

1. まえがき

公共事業においては新設の橋梁工事のみならず、老朽化や河川改修に伴う橋梁の架け替え工事、および都市計画による路線の変更、道路幅員の拡幅による架け替え・拡幅工事も計画される。特に架け替え工事や拡幅工事においては、現状の地盤高等を変更せずに橋梁計画を行うことが可能であれば、建設コストの縮減に繋がることになる。ただし、そこには建築限界の問題が隣り合わせで存在し、桁下空間を確保するために、橋の構造高を低くすることが要求される場合が多い。一般的には、支間長 L と桁高 D の比が $D:L=1:25$ を超えるような非常に桁高が低い場合は、従来の橋梁形式での対応は非常に困難である。そのような条件下の小規模橋梁に対し、当社では合成床版橋（以下、QSブリッジ）を開発し提供してきた。

QSブリッジは、コンクリート床版橋では困難な隅切りによる部分的な端部拡幅、道路幅員の変化、曲線や桁高変化にも対応が可能であり、また施工はトラッククレーン架設を基本とし、例えば河川内にベントを設置する必要がない、足場や型枠支保工が不要で建設廃材が少ないなど、環境保全に対しても優位性があると考えられる。このような特長を有するQSブリッジは、北海道から沖縄まで日本各地で建設され供用されている。ここではQSブリッジの施工実績を紹介し、QSブリッジの構造お

よび施工、維持管理に関する検討課題等について述べるものとする。

2. QSブリッジの施工実績

QSブリッジは、27橋の実績を有している。全景写真の例（写真-1、2）および施工実績の一覧表（表-1）を以下に示す。

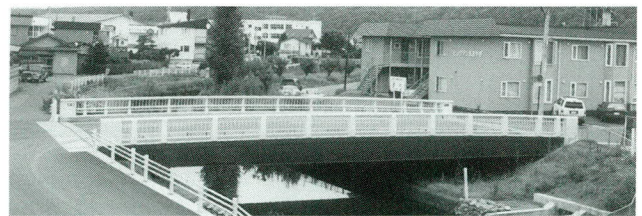


写真-1 柳橋（F2タイプ）

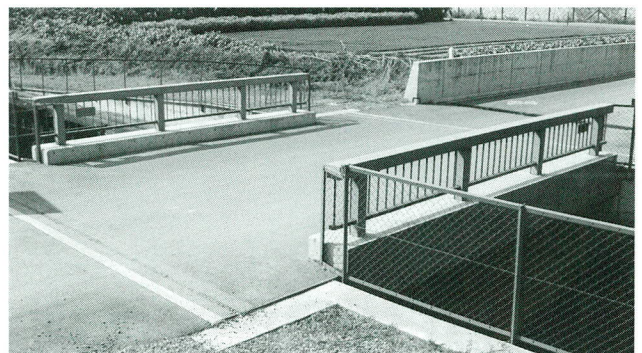


写真-2 上谷津橋（F1タイプ）

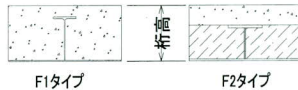
*¹技術本部設計部設計二課
 *²技術本部設計部設計二課課長

*³技術本部技術研究所技術開発課課長

表-1 QSブリッジ施工実績表

連番	橋名	型式	橋長 (m)	幅員 (m)	桁高(mm)		荷重	発注先	竣工年
					端部	中央部			
	辰奈橋	Ω	18.90	3.40				宮地鐵工所千葉工場	昭和62年
	グリーンパーク橋	Ω	38.10	7.00	1200	1200	TL-20	鹿島建設	昭和62年
1	安里橋	Ω	12.60	12.00	720	720	TL-20	沖縄県南部土木事務所	昭和63年
2	運天港橋	F1	10.50	3.50	390	440	TL-20	沖縄県北部土木事務所	平成元年
3	中之橋	F1	24.30	10.00	690	870	TL-20	沖縄県南部土木事務所	平成元年
4	川倉沢橋	F1	8.00	1.70	600	600	TL-20	山形県上野土木事務所	平成元年
5	かりゆし橋	F2	14.00	6.00	540	540	TL-14	ホテル那覇	平成2年
6	一ノ橋	F1	5.50	4.50	300	300	TL-20	京都府福知山土木事務所	平成3年
7	宮洲橋	F1	10.00	7.40	425	425	TL-20	長野県松本市建設事務所	平成4年
8	下安家橋	F1	6.50	7.00	350	350	TL-20	岩手県久慈土木事務所	平成4年
9	木田沢橋	F1	16.80	5.00	700	700	TL-14	盛岡市役所	平成8年
10	明倫橋	F2	26.50	4.00	563	900	A活	尼崎市役所	平成8年
11	木津橋	F2	32.70	16.50	1011	1180	B活	京都府峰山土木事務所	平成9年
12	大池川橋	F1	6.70	87.00	-	-	TL-25	愛媛県宇和島地方局	平成10年
13	八代橋	F2	32.60	9.50	1200	1200	B活	山梨県石和土木事務所	平成10年
14	亀岡市公園橋	F1	5.70	16.00	-	-	B活	亀岡市役所	平成10年
15	金桜橋	F2	34.00	16.00	1200	1200	A活	福岡市城南区役所	平成10年
16	堂前橋	F2	24.30	4.00	800	800	A活	滋賀県長浜土木事務所	平成9年
17	鶴川1号橋	F1	10.60	7.00	450	450	B活	京都府大宮町役場	平成11年
18	百道浜歩道橋	F2	18.00	2.00	450	450	群集	福岡北九州高速道路公社	平成11年
			18.00	2.00	450	450	群集		
			17.40	3.00	450	450	群集		
19	西新堀橋	F2	25.00	20.00	670	920	B活	松本市役所	平成11年
20	梅田人道橋	F2	30.60	2.00	800	800	A活	春日部市役所	平成11年
21	中之川橋	F1	12.70	5.70	450	450	A活	伊予三島市役所	平成12年
22	柳橋	F2	21.90	11.00	650	869	A活	北海道静内町	平成13年
23	上谷津橋	F1	9.20	7.20	400	400	A活	埼玉県和光市	平成13年
24	中井出川橋	F1	10.40	50.20	350	350	B活	愛媛県今治地方局	平成15年
25	日の出橋	F1	8.70	7.00	400	400	A活	埼玉県和光市	平成15年
26	伊勢町歩道橋	F2	25.00	3.40	600	600	群集	長野県須坂建設事務所	平成15年
27	御手洗橋	F2	20.00	4.00	674	674	A活	愛媛県	平成17年

型式欄の記号は次の橋梁形式を意味する。
 Ω：Ω型プレスタイプ
 F1：コンクリート充填タイプ
 F2：ウレタン充填タイプ



3. QSブリッジの構造

QSブリッジは、コンクリートを充実させるタイプ（F1タイプ）と軽量化を図るために硬質ウレタンを充填するタイプ（F2タイプ）があり、それぞれの構造概要を以下に述べる。

(1) コンクリート充実タイプ（F1タイプ）

F1タイプは下フランジとコンクリート打設時の型枠を兼用する底鋼板と、H形鋼を2分割したT形部材を主桁とする構造で、鋼製型枠内は全てコンクリートが充填される。基本構造はオープンサンドイッチ構造であり、鋼とコンクリートは主桁腹板に設ける孔と貫通鉄筋により一体化を図っている。F1タイプの適用支間長は20m以下程度であり、最小350mmまでの低桁高化が可能である。図-1にF1タイプの断面形状を示す。

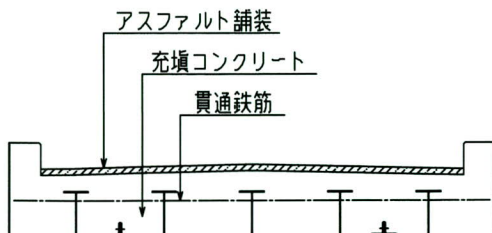


図-1 F1タイプ

(2) 硬質ウレタン充填タイプ（F2タイプ）

F2タイプは、コンクリート充実タイプの下側（断面引張領域）のコンクリートを軽量の硬質ウレタンに置き換えた構造であり、ビルトアップ構造の主桁と床版コンクリートは頭付きスタッドにより合成される。断面剛性に寄与しない引張域のコンクリート（単位体積重量24.5 kN/m³）を硬質ウレタン（単位体積重量0.4 kN/m³）に置換することで死荷重が大幅に軽減され、長支間化と低桁高化が可能となる。また、地震時における下部工への影響も緩和される。さらに、QSブリッジは0.25 N/mm²程度の圧縮強度を有する硬質ウレタンによって床版全面が弾性支持されることから、従来の鉄筋コンクリート床版と比較して疲労耐久性も向上するものと思われる。

F2タイプの適用支間長は15m～35m程度で、桁高比D/Lは1/40まで対応が可能である。図-2にF2タイプの断面形状を示す。

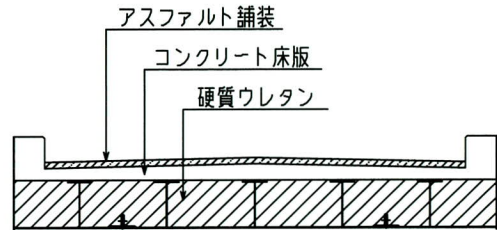


図-2 F2タイプ

4. QSブリッジの計画

QSブリッジは支間長に対して構造高を低く抑える場合、または平面線形からコンクリート橋では施工が困難な場合に適用されるケースが多い。いずれもコストアップの要因となるため、設計段階において経済性も含めた構造検討を行う必要がある。以下に計画時における留意事項について述べる。

(1) 桁高変化

桁端部の構造高を低く抑える場合は、腹板高を縦断線形に合わせて変化させ、支間中央部の必要桁高を確保するように計画する（図-3）。

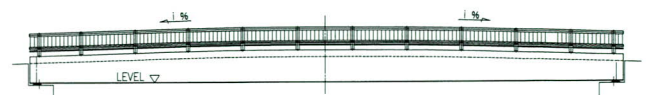


図-3 桁高変化

(2) 曲線橋

主桁配置は直線配置とし、平面シフトは床版部分の張り出し量で対応することを原則とする。曲率半径が小さくシフト量大きい場合は、橋梁区間内に取り入れるデッドスペースを最小限となるように計画する必要がある。

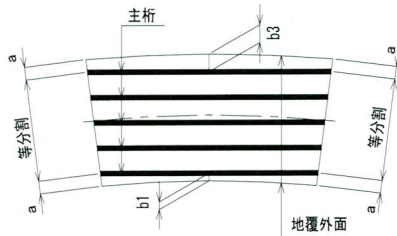


図-4 曲線橋の桁配置

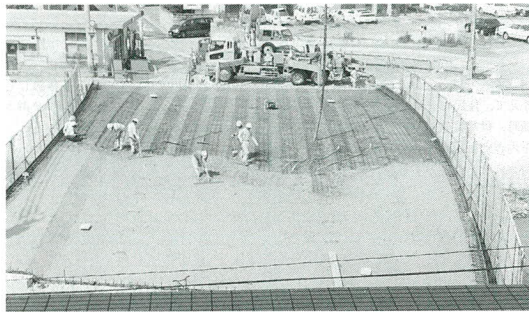


写真-3 金桜橋

(3) 幅員拡幅

主桁は放射状に直線配置とすることを基本とする。変化量が極端に大きく主桁間隔が狭くなるなど製作性に支障をきたす恐れがある場合は、曲線橋と同様に橋梁区間内に取り入れるデッドスペースを取り入れることもある。

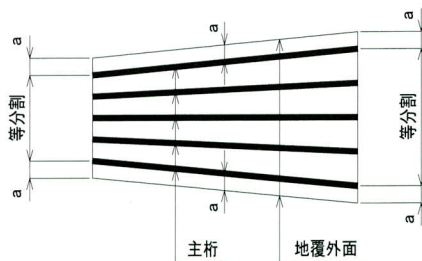


図-5 幅員拡幅の桁配置

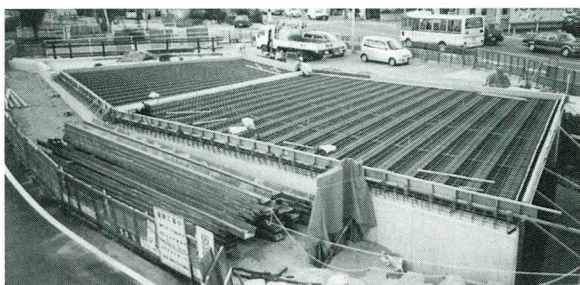
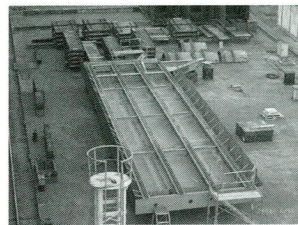


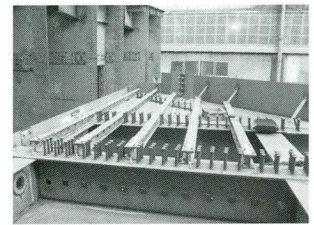
写真-4 中井出川橋

(4) 端部拡幅

隅切りなど桁端部の部分的な拡幅に対しては、主桁配置では対応が困難となることがある。特に拡幅形状が極端な場合には枝桁を設置したり、合成床版 (QsSlab) を組み合わせにより対応する。(写真-5, 6)。

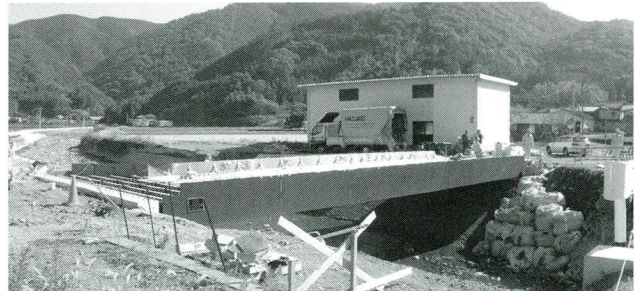


(1) 仮組全景

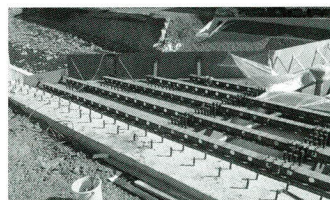


(2) 拡幅部

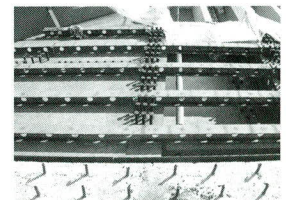
写真-5 御手洗橋 (工場仮組)



(1) 現場全景



(2) 隅切り部設置状況



(3) QS Slab 設置状況

写真-6 御手洗橋 (現場)

5. 製作性・施工性

(1) 製作性

QSブリッジは従来の鋼桁形式に比べ、材片数および溶接量が少ないため製作性に優れた構造である。したがって工場製作の省力化が図れ、工期短縮や経済性の向上が期待できる。

(2) 施工性

現場施工において、QSブリッジは以下の特長を有する。

- ①合成前の鋼桁単体でも剛性が高いため、架設が容易である。
- ②床版コンクリート打設に伴う、型枠支保工が不要となるため、現場作業の省力化が図れる。
- ③架設工法はトラッククレーン工法（地組立）を基本とする。ペントを設置しないことで現場作業の省力化が図れる。
- ④下フランジが連続しているため、安全性が高く作業性も良い。また、足場を省略することが可能となる。
下図にQSブリッジの標準的な現場施工手順を示す。

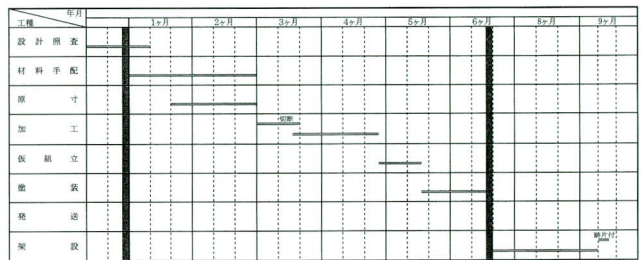


図一六 施工フローチャート

6. 全体工程

F1タイプの施工実績を参考として、設計から現場施工までの全体工程の例を図一七に示す。

QSブリッジは製作性が良く、現場において通常必要となる足場、床版用型枠支保工、またはペントなどの仮設備を省略できるため、施工の省力化と短期施工が可能となる。なお、F1タイプは橋長が比較的短いため、橋軸直角方向の継手が省略されるケースが多い。このような場合は地組立と継手部の現場塗装が必要ないため、現場工期を更に短縮することが可能となる。



図一七 全体工程

7. 維持管理性

(1) 防錆処理

QSブリッジ外面の防錆対策は、一般外面塗装により行うものとしている。ただし桁端部は支承高が低く、塗り替えが困難であるため、永久塗装とすることを基本としている。ライフサイクルコストを縮減するためには、耐候性鋼材の使用も有効である。

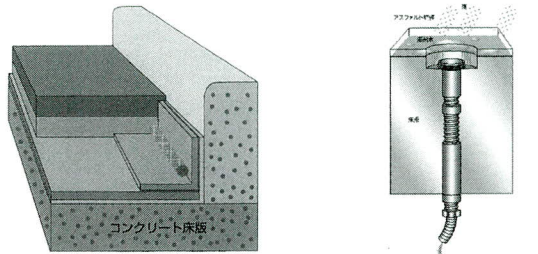
コンクリートに関しては、塩害の影響を受ける地域の場合、コンクリート床版はかぶりを厚くすることにより鉄筋の腐食を防止し、所要の耐久性が損なわれないような配慮が必要となるが、QSブリッジの床版下面は鋼板（F2タイプの場合は更に硬質ウレタンも加わる）によって防護されているため、特別な配慮の必要がない。

(2) 床版防水システム

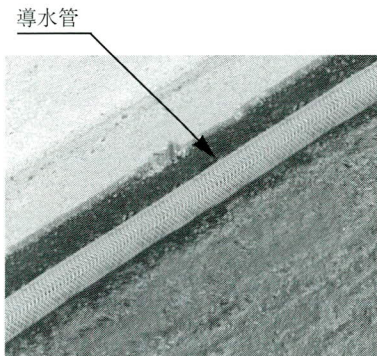
QSブリッジに限らず、床版の耐久性を向上させるためには防水対策が重要である。QSブリッジは舗装の防水機能に期待するとともに、防水層を施工して所要の耐久性を確保することを原則としている。

① 舗装

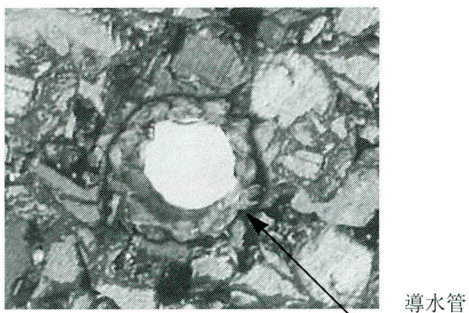
アスファルト舗装は、透水係数が小さいものを選定することが望ましい。舗装の防水機能を維持するためには、舗装内の滞留水を速やかに排水するような導水管と床版水抜きパイプ（図-8）を設置するなどの対策が効果的であると思われる。



(1) 防水システム構成 (2) 水抜きパイプ



(3) 導水管設置状況



(4) 舗装埋設状態

図-8 導水管（衝撃破砕型）

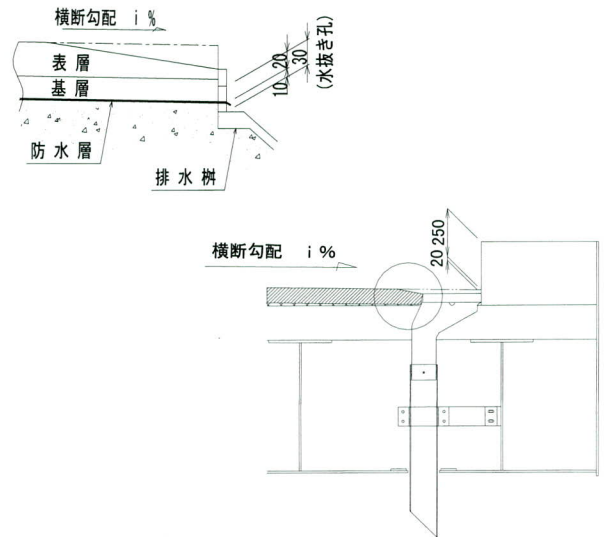


図-9 排水樹周辺

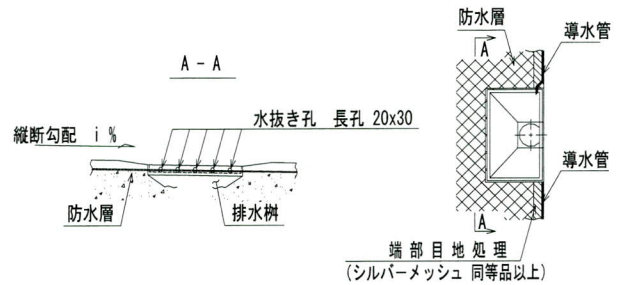


図-10 地覆・縁石部

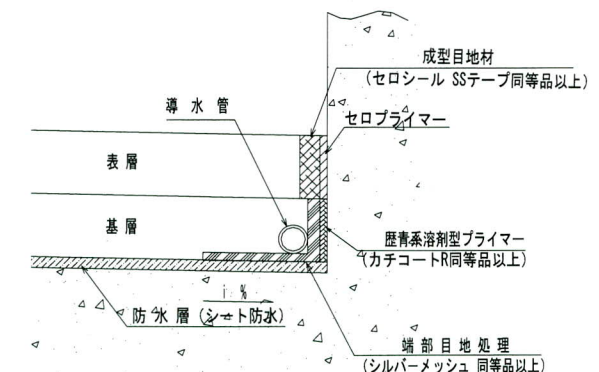
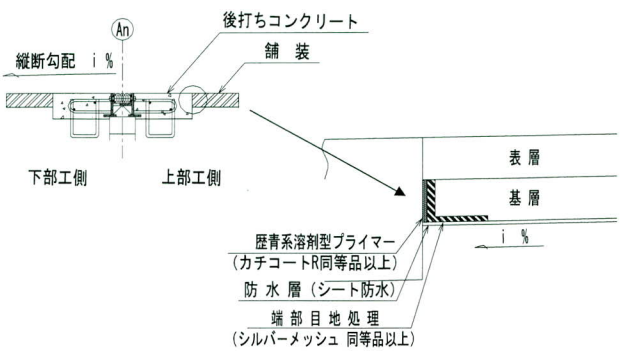


図-11 伸縮装置周辺

② 防水材

防水材は「道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工資料」に基づいて選定することを基本としている。特に、水が滞水する恐れのある舗装端部が浸水を防ぐための弱部とならないように、以下に示すような端部処理に留意する必要がある（図-9～11）。



(3) 点検及び補修

既存の構造物を適切に維持していくためには、日常点検や定期点検が不可欠であると考えられる。QSブリッジについては舗装路面の異常を目視点検し、舗装の機能保全に努めることで防水システムを維持することを考えている。

QSブリッジは、主部材を兼ねた鋼製型枠とコンクリートとの合成構造であり、万が一コンクリートが損傷した場合でも補修による耐荷力の回復が可能である。補修施工においては交通を確保しての作業が可能であり、比較的容易に補修を行うことができるものと思われる。

8. 経済性

QSブリッジの標準的な概算工費を図-12に示す。

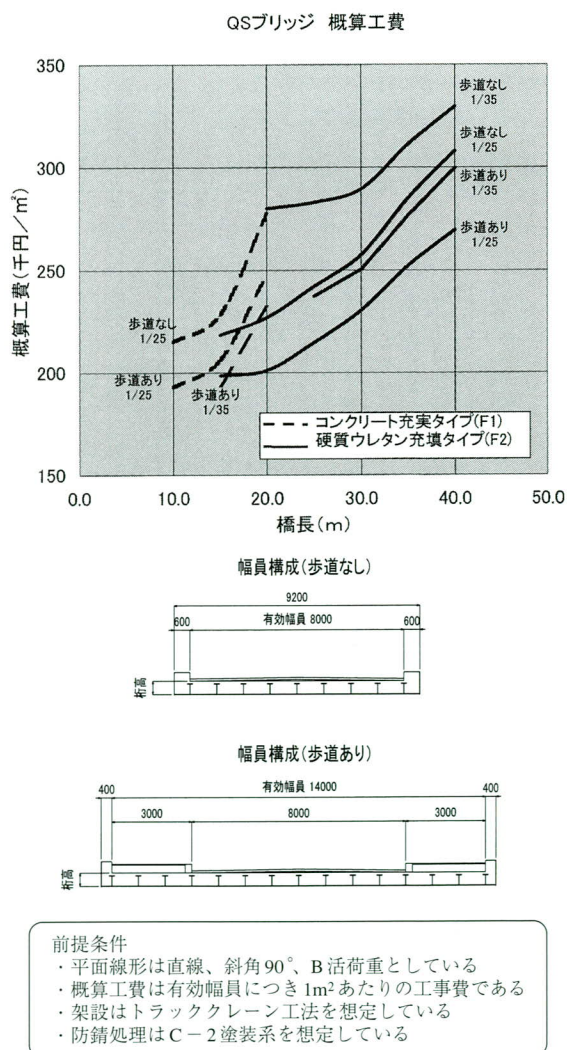


図-12 概算工費

9. まとめ

QSブリッジは機能性、安全性、および経済性などの基本的要素に加えて、景観や環境保全に配慮して開発された橋梁形式である。そのような特徴を有する他に、リサイクルリング橋として施工された金桜橋は、空き缶をウレタンの代わりに封入することで、コストダウンと空き缶の再利用による地球環境保護を期待している。空き缶は小学生や地域住民によって収集されたものであり、また橋梁の一部には児童のメッセージを封入したモニュメントを設置し、イベント性に富んでいる実績の一つである。

今年各地で集中豪雨による水害や、阪神大震災以来の惨事となった新潟中越地震があり、多くの構造物に損傷を与えた。災害時はライフラインの早急な回復が望まれるため、短期施工が可能でかつ現場作業の安全性が高いQSブリッジが有効であると考えている。また、QSブリッジは地震により損傷を受けた場合でも、プレストレスが導入されていないため脆性的な破壊はないと考えられるため、従来の補修方法による容易な施工が可能となる。

今後は、更なる構造の簡素化とコストダウンをはかるべく、開発に取り組んでいく所存である。

<参考文献>

- 1) 日本道路協会：道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工指針，昭和62年1月
- 2) 太田：QS Bridge 施工例の紹介，宮地技報 No.12 1998，pp.132～133，平成8年12月
- 3) 太田，日野，藤井，太田，山田：空き缶を再利用した軽量合成床版橋の開発，橋梁と基礎（2001.1）

2005.1.6 受付