

鋼斜張橋(かもめ大橋)における地盤沈下および車両大型化に対する再生工事

辻 文彰・金田一 智章

かもめ大橋は、大阪市住之江区南港の埋立地に位置する3径間連続鋼斜張橋である。1975年に完成して以来、地盤の圧密沈下による支点の不等沈下が観測され、このまま不等沈下が続けば、本橋の耐用期間(100年)内に作用応力が許容値を超過することが判明した。この地盤の不等沈下と通行車両の大型化に伴う活荷重の増加に対する耐荷力の改善を目的として、ケーブルの張力調整を主とする再生工事を実施した。ケーブルの張力調整は、本工事で開発した装置を用いた過去に例のない特殊な工法であったが、工事は関係者の努力により無事完工した。本報文は、前例のない斜張橋のケーブル調整による再生工事の内容を紹介するものである。

キーワード：橋梁、斜張橋、ケーブル、耐荷力、張力調整

1. はじめに

かもめ大橋(以下、本橋)は、大阪市住之江区南港南の南埠頭に架かる橋長442m、支間長100+240+100mの3径間連続鋼斜張橋である。ケーブルは一面吊のマルチケーブル形式が採用されている。図-1に位置図、写真-1に全景写真を示す。

本橋は、日本で本格的な斜張橋建設が始まって間もない1975年に完成した橋梁である。しかし、本橋の架橋位置が埋立て地であったことから、建設後、地盤の圧密沈下による橋台及び橋脚の不等沈下の発生が観測された。さらに、近年の通行車両の大型化に伴う活

荷重の増加を考慮すると、耐用期間である建設100年後はもとより、現在においてもケーブル張力と主桁の応力度が許容値を超過することが判明した。

そこで、本橋の応力度改善を図るため、ケーブル張力の調整および主桁の断面増加による補強を施した再生工事が実施されることとなった。本橋再生工事は大阪市港湾局から平成15年9月に日立・三菱特定建設工事共同企業体(以下、JV)として請負い、着手した。

ケーブル張力の調整方法は、本工事で初めて採用した過去に例がない工法で、本工事のために考案された装置(以下、張力調整装置)により、ケーブルソケットを直接掴んでケーブルを引込むという特殊な工法であった。そのため、JVにおいて実験および解析的手法により工法自体を検証し、また、問題点などの抽出

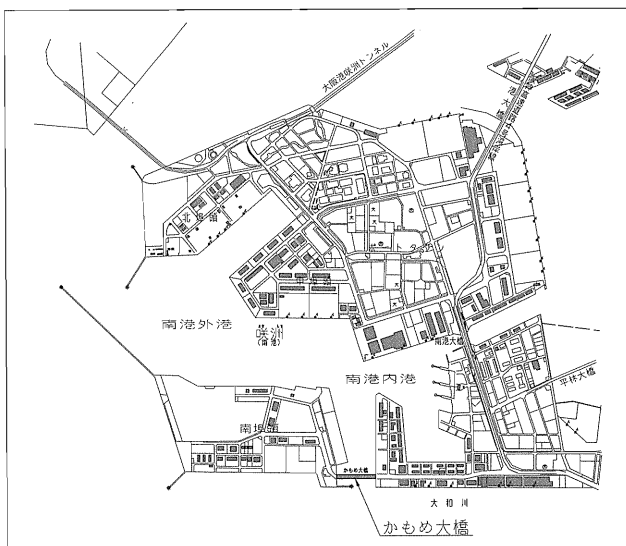


図-1 かもめ大橋位置図

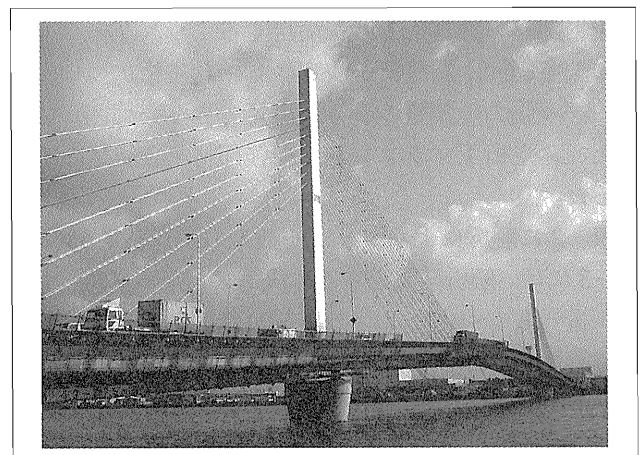


写真-1 全景写真

を行い、設計にフィードバックした。

本報文中では、本調整工法を中心に実施した再生工事について報告する。

2. 橋梁概要

橋梁の概要は表-1の通りである。図-2に一般図を示す。

表-1 かもめ大橋仕様

道路規格	第4種第1級
橋梁形式	3径間連続鋼斜張橋 ファン形式一面吊りマルチケーブル (40段、80本、PPWS)
橋長	442 m
支間割	100 m + 240 m + 100 m
幅員	総幅員 20.50 m、有効幅員 17.00 m 車道部 7.25 m + 7.25 m、歩道部 2.5 m
活荷重	TL-20
主要鋼材	SMA 50, SMA 41, SS 41
鋼重	4,249 tf
竣工年	1975年

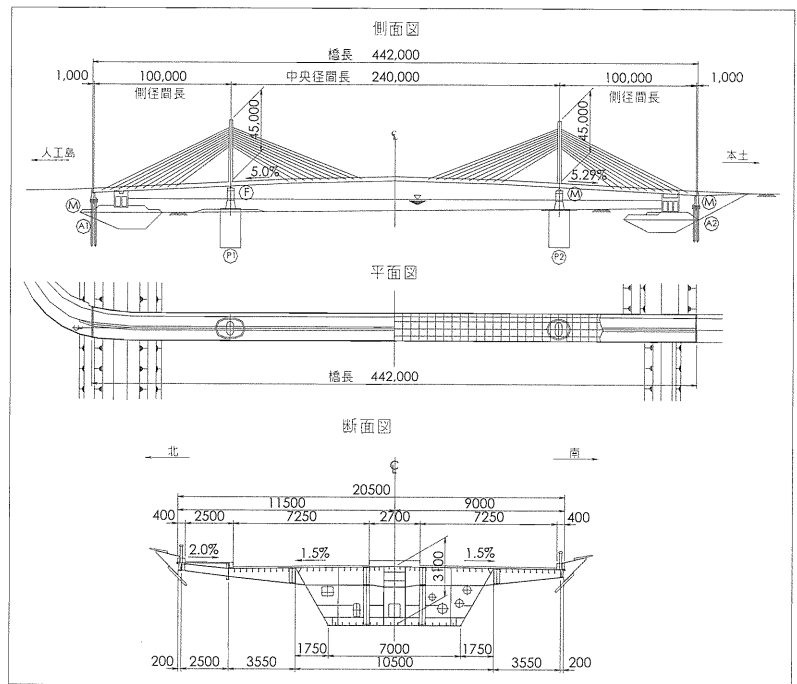


図-2 かもめ大橋の側面図、平面図、断面図

3. 補強設計

補強設計における建設時からの修正設計条件を以下に示す。

(a) 支点不等沈下

地盤沈下量は、P2橋脚を基準とした相対沈下量が最大であるA1橋台において、2003年現在で780 mm、建設後100年となる2077年には1,350 mmまで達すると予測されているため、この支点沈下量を考慮する。

(b) 通行車両の大型化

建設時の活荷重 TL-20 (車両荷重 20 tf) から、車両の大型化に伴い B 活荷重 (同 25 tf) を採用する。

これらの条件を考慮し、建設後100年となる2077年においてケーブル安全率 (破断荷重/作用荷重 ≥ 2.5) と主桁部材の許容応力度を満足するよう、ケーブル張力の調整範囲、調整量が決定された。主桁についてはケーブル張力の調整のみでは満足できない範囲が生じるため、主桁下フランジに補強部材を設置することとした。

表-2に解析によるケーブル張力の照査結果を示し、図-3には、解析結果をもとに決定したケーブル (ケーブル番号 801~810) および主桁 (斜線部分) の調整・補強範囲を示す。

表-2 ケーブル張力照査結果 (2077年)

ケーブル番号	調整前安全率	既設シム量からの調整量 (mm)	調整後安全率
801	2.3	-109	2.5
802	2.3	-98	2.5
803	2.4	-86	2.5
804	2.5	-75	2.5
805	2.4	-80	2.5
806	2.5	-68	2.5
807	2.5	-59	2.5
808	2.5	-52	2.5
809	2.7	-35	2.5
810	2.7	-30	2.5

(注) 着色部は許容値 2.5 を満足しない箇所を示す。

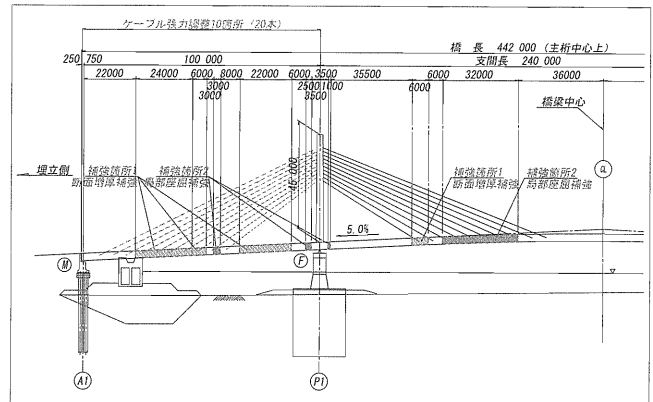


図-3 ケーブル張力調整範囲および主桁補強範囲

4. 施工フロー

図-4に再生工事のフローチャートを示す。まず、張力調整に先行して主桁の補強を行い、並行して張力

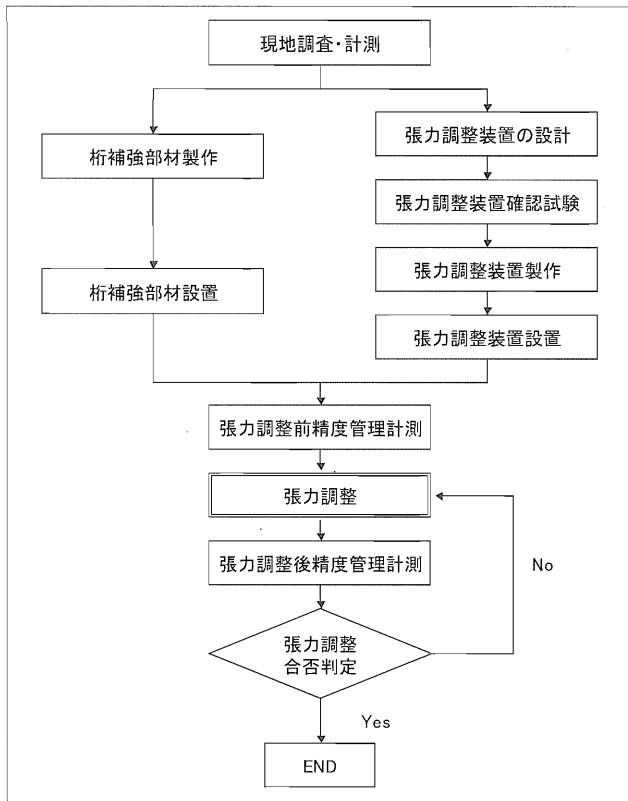


図-4 施工フロー

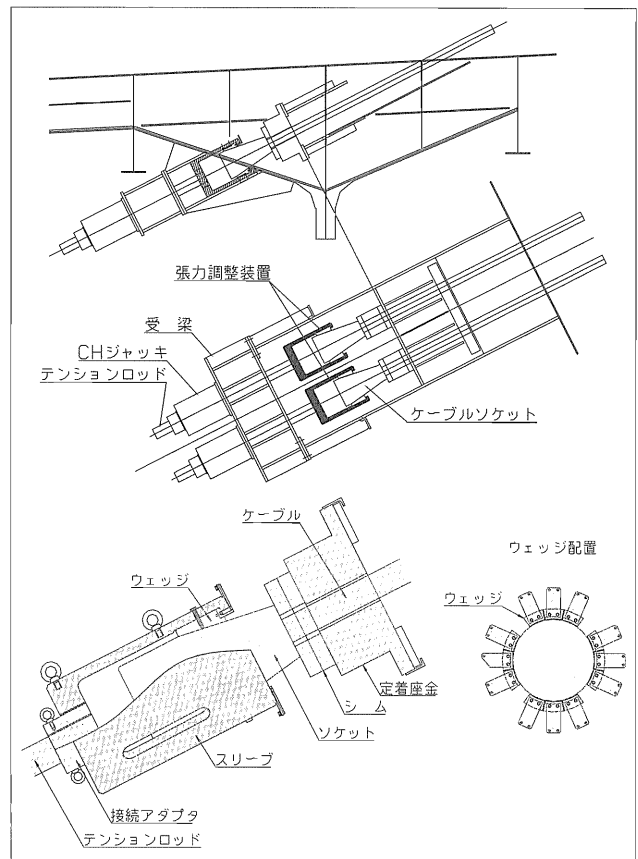


図-5 張力調整装置

調整装置の性能を実験および解析により検証した後、装置を製作し橋体へ取付ける。最後にケーブル張力の調整工を実施するが、調整工の前後には、調整の合否を判定するために必要となるケーブル張力や橋体のエレベーションなどについて精度管理計測を実施した。

5. ケーブル張力調整工

(1) 調整対象ケーブル

ケーブル張力調整の対象となるケーブルは図-3に示す西側側径間の10段(20本)である。

ケーブル張力調整は、ケーブルソケットと主桁のケーブル定着桁との間にある座金及びシムプレートを、解析によって求めた最適厚さに調整し、ケーブルの張力を減ずることにより行う。調整シム量は表-2に示す通りである。

(2) 張力調整装置

座金、シムの調整にはケーブルの引込みが必要となるが、引込みはケーブルソケットを張力調整装置により直接掴んで、ジャッキで引込むことにより行う。

張力調整装置を図-5に示す。図のように装置はスリーブ、ウェッジ、テンションロッドと接続アダプタにより構成され、ケーブルの引込みは以下の手順により行う。

り行う。

- ① スリーブ、ウェッジをケーブルソケットに装着。
- ② スリーブ背面にテンションロッドを接続してセンターホールジャッキにより引込む。
- ③ 引込まれたスリーブは、ウェッジと呼ぶくさび形の部材を介してくさび機構によりソケットおよびケーブルに引張力を伝達する。

調整装置については、装置の安全性、装置を構成する部材に発生する応力や変形性状(特にくさび機構によるスリーブ周方向に発生するフープテンションの把握)、くさび効果を十分発揮するウェッジ材料の選定および現地の作業性を確認する目的から、事前に確認試験を行った。また、試験と併せて有限要素法(FEM)解析を実施し、試験結果の妥当性確認や、試験では考慮できない条件について必要十分なチェックを行った。

(3) 張力調整装置確認試験およびFEM解析

試験は、図-6の概要図を示すように、ケーブルソケット、スリーブおよびウェッジの実物大の供試体を製作し、3MN 構造物試験機で引張力を与えることにより実施した。ケーブルソケットの表面形状は、実橋の形状を計測し、反映した。

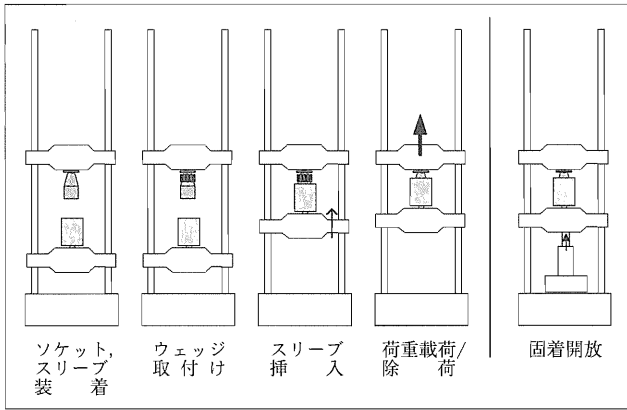


図-6 確認試験概要図

スリーブからソケットに応力を伝達するウェッジには、実橋のソケットになじみやすく、スリーブの応力に問題を与えない材料を選定する必要があったため、ウェッジ材料として3種類の材質（青銅鋳物、快削黄銅、アルミニウム青銅鋳物）を試験した。その結果、ソケットへのなじみや応力性状が良好であり、最も経済性のある青銅鋳物を選定した。試験状況と試験後の

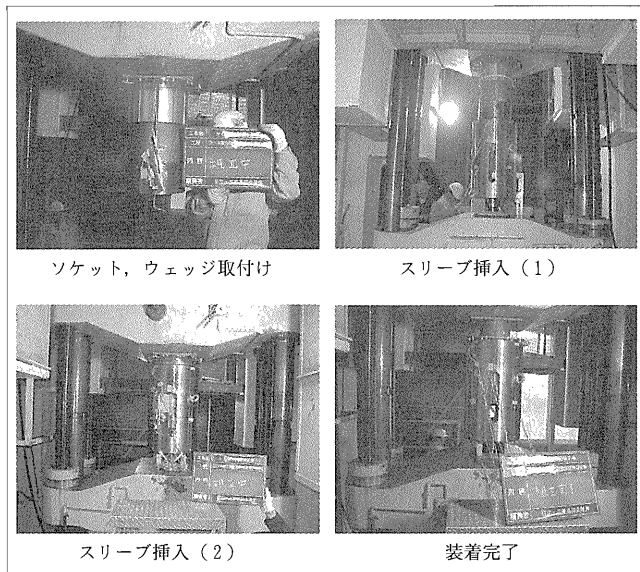


写真-2 確認試験実施状況

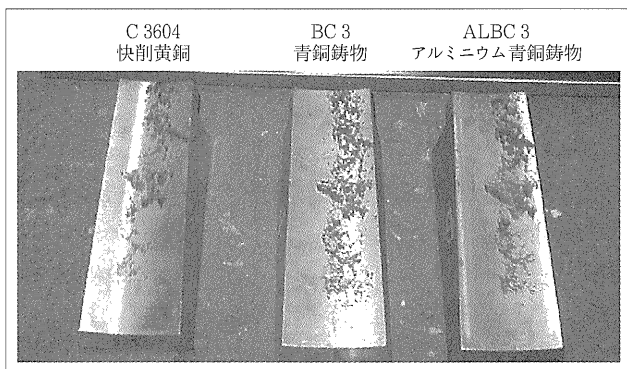


写真-3 試験後のウェッジ表面の状況

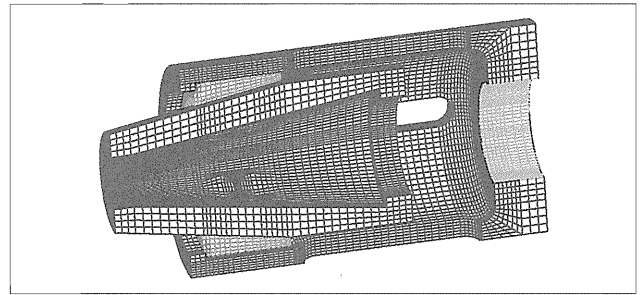


図-7 FEM 解析モデル

ウェッジ表面の状況を写真-2, 写真-3 に示す。

FEM 解析では、試験結果の妥当性確認と試験では考慮できなかった引込みが偏心した場合について解析を行った。図-7 に解析モデルを示す。

(4) 張力調整工

張力調整工は、車両の全面通行止めが必要となるため夜間施工となるが、本橋が南埠頭への唯一のアクセス道路であることから、通行止めの日数、時間を最小限にする必要があった。そのため、ケーブル張力の調整は10段20本を同時に実施する方法を採用した。引

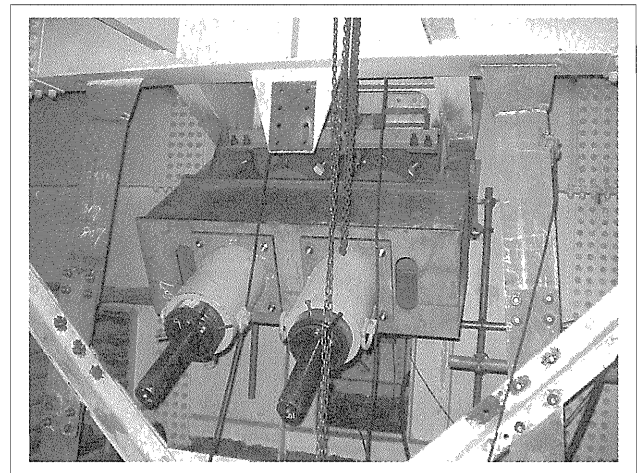


写真-4 張力調整装置取付け状況



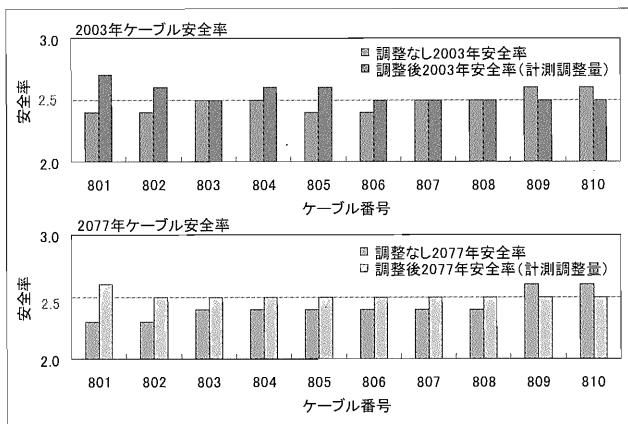
写真-5 座金、シム調整状況

込みに使用するジャッキは20基となり、制御は20本のケーブルを同時にかつ均等に行う必要があったため、計測室において20基のジャッキの制動を一括制御でき、瞬時に油圧ジャッキの反力とソケットの移動量を確認できるシステムを構築した。写真—4、写真—5に調整工の実施状況を示す。

(5) 精度管理

張力調整工の合否は、調整工前後の精度管理計測により実測したケーブル張力を橋体温度により補正して用い、工事实施の2003年と目標となる2077年における支点沈下量、活荷重を考慮した構造解析の結果により判定した。

合否判定の基準値は、2003年および2077年におけるケーブル安全率が2.5以上、主桁応力度は許容応力度以下としたが、調整工は一度の調整で問題なく完了した。調整工の結果を図—8に示す。

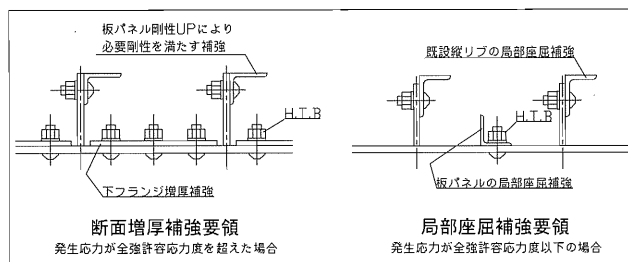


図—8 調整工の結果

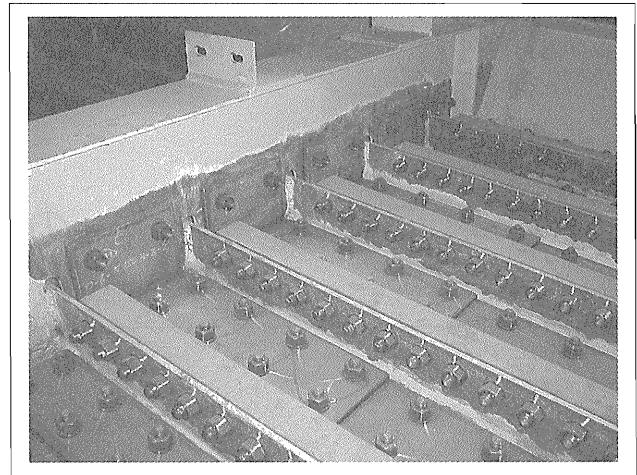
6. 桁補強工

主桁下フランジは、ケーブル張力の調整だけでは応力が完全には改善されないため、補強部材を設置して桁断面の補強を行った。

補強は、主桁の発生応力度が局部座屈を考慮しない全強許容応力度を超える箇所については断面増厚補強



図—9 桁補強要領



写真—6 桁補強実施状況

を行い、全強許容応力度を超えない箇所には局部座屈補強を行った。図—9に補強要領、写真—6に実施状況を示す。

7. おわりに

本再生工事では、前例の無い工法を用いて本橋のケーブル張力を調整すると共に、主桁断面の補強も行った。張力調整工の実施にあたっては、工法自体の検証を含め、多くの技術的課題や現地施工における問題点を解決する必要があったが、関係者の努力により無事に一度の調整で成功し、交通規制など周辺への影響を最小限にすることができた。

かもめ大橋は、マルチケーブル形式が日本で初めて採用された斜張橋である。今後、斜張橋の補修・補強による再生工事は増えることが予想され、本報文がこのような工事に対して一助となれば幸いである。

最後に、本工事の実施にあたり御指導頂きました大阪市の方々、JV関係者、ならびにその他関係各位に深く感謝し、誌面を借りてお礼申し上げます。

JICMA

[筆者紹介]

辻 丈彰 (つじ ともあき)
 日立造船株式会社
 鉄構事業本部
 橋梁事業部
 設計部



金田一智章 (きんだいち ともあき)
 三菱重工株式会社
 広島製作所
 橋梁・鉄構部
 橋梁設計部

