

アウトケーブルを用いた PRC 桁の設計・施工 (その 3)

—福塩線 芦田川 橋梁—

小林 明 夫*
 山住 克 巳**
 渡辺 忠 朋***
 池田 英 昭†
 小松 道 生††

1. まえがき

PRC 桁は、設計荷重時にひびわれを許容した設計をしており、従来の PC 桁に比べて PC 鋼材の減少がはかられ経済的な構造となる。鉄道橋としては、旧国鉄から通じて現在までに十数橋の PRC 桁の設計施工が行われており、実橋測定の結果もいく例が報告されている^{1),2)}。しかしながら、アウトケーブルを用いた PRC 桁の施工実績は少なく、実橋の挙動を調査した例も少ないのが現状である。

今回、JR 西日本福塩線（河佐・備後三川間）、芦田川橋梁にてアウトケーブルを用いた PRC 桁の設計・施工を行った。本橋の設計および施工、実橋載荷試験の結果等については既に報告している³⁾。

本稿は、アウトケーブルを用いた PRC 桁の挙動を把握することを目的として、施工時から材令 415 日までの間に実施した実橋測定結果を報告するものである。

2. PRC 桁の実橋測定について

2.1 測定概要

本橋は、スパン 30.86 m の単線一室箱形桁 2 連で、スパン中央部の断面を図-1 に示した。施工は支保工による場所打ちにより行った。測定はこのうちの終点側の桁 1 連について実施した。

実橋において測定した項目を次に示す。

- コンクリートのひずみ、および応力度
- 鉄筋の応力度
- 桁のたわみ

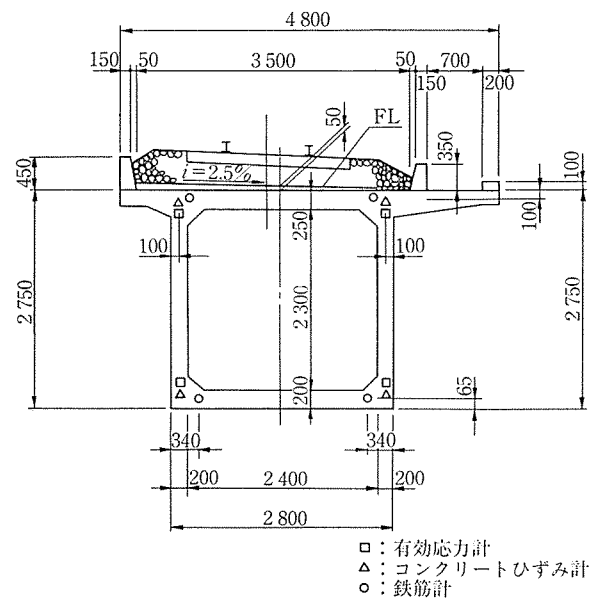


図-1 桁の断面形状および測定器の配置

このうち、応力度およびひずみについては施工時から桁完成後約 13 か月までの期間について測定を行った。測定断面はスパン中央であり、測定計器の配置位置は図-1 に示すとおりとした。

2.2 測定方法

(1) 鉄筋およびコンクリートのひずみ、応力度

コンクリートのひずみはコンクリートひずみ計にて、また、コンクリートに作用する応力度は有効応力計により測定した。有効応力計は、弾性変形によるひずみとクリープおよび乾燥収縮によるひずみを分離できるように、コンクリートに作用する応力度のみを測定できる機構のものとした。この両計器は、鉄筋により拘束されないように軸方向鉄筋間の空間に取り付けた。鉄筋の応力度は、軸方向鉄筋に圧接した鉄筋計により測定した。

なお、これらの計器の測定データは、スイッチボックスを介して静ひずみ測定器に自動記録した。施工時には測定間隔を細かくしたが、支保工撤去後は毎日 1 回 12 時に測定することとした。

* Akio KOBAYASHI : 日本国土開発 (前 (財) 鉄道総合技術研究所線路構造研究室)

** Katsumi YAMAZUMI : (財) 鉄道総合技術研究所線路構造研究室

*** Tadatomo WATANABE : 同上

† Hideaki IKEDA : JR 西日本コンサルタンツ (株) (前 JR 西日本広島工事事務所)

†† Michio KOMATSU : 興和コンクリート (株) 大阪支店

(2) 桁のたわみ

桁のたわみはスパン中央部および支保部についてレベルを用いて測定した。測定は支保工撤去前後において行った。

3. 測定結果および考察

3.1 鉄筋およびコンクリートのひずみ、応力度

コンクリートのひずみの経時変化を図-2に示す。図によれば、コンクリートのひずみは、ケーブル緊張によりウェブ上側で30 μ 程度、ウェブ下側で75~90 μ 程度の圧縮ひずみを生じ、支保工撤去時(材令15日)にはウェブ上側では110~160 μ 程度の圧縮ひずみ、また、ウェブ下側では30~40 μ 程度の圧縮ひずみを生じている。

支保工撤去後材令69日まではウェブ上下とも徐々に圧縮ひずみが増加している。この間に測定されたひずみ

の差は、表-1に示すように、ウェブ上側で120 μ 程度、ウェブ下側では60 μ 程度であった。また、材令220日以後、バラストおよび軌道を敷設するまでの間のひずみの変化はほとんどない。なお、材令90日前後からバラスト敷設が始まるまでの間は、桁上に仮軌道(約100kg/m)を敷いて、軌道作業車にて隣接トンネルへ軌道スラブの運搬を行っていた。支保工撤去時(材令15日)からバラスト敷設前(材令329日)までのコンクリートの圧縮ひずみは、表-1に示すように、ウェブ上側で250~290 μ 程度、ウェブ下側で130~150 μ 程度の値となっている。

また、鉄筋応力度の経時変化を図-3に示した。鉄筋応力度は、コンクリートひずみとほぼ同様の挙動を示していることがわかる。前述のコンクリートひずみと同じ材令で測定した鉄筋の圧縮応力度を表-2に示した。表-2によれば、支保工撤去後から材令69日目までの間

表-1 コンクリートひずみの変化(μ)

測定位置	材令15日	材令69日	差	材令329日	差
左ウェブ上側	-164	-282	-118	-453	-289
右ウェブ上側	-110	-238	-128	-359	-249
左ウェブ下側	-38	-105	-67	-190	-152
右ウェブ下側	-28	-87	-59	-154	-126

(-は圧縮を示す)

表-2 鉄筋応力度の変化 (kgf/cm²)

測定位置	材令15日	材令69日	差	材令329日	差
左ウェブ上側	-374	-551	-177	-901	-527
右ウェブ上側	-282	-480	-198	-794	-512
左ウェブ下側	-98	-124	-26	-394	-296
右ウェブ下側	-52	-59	-7	-306	-254

(-は圧縮を示す)

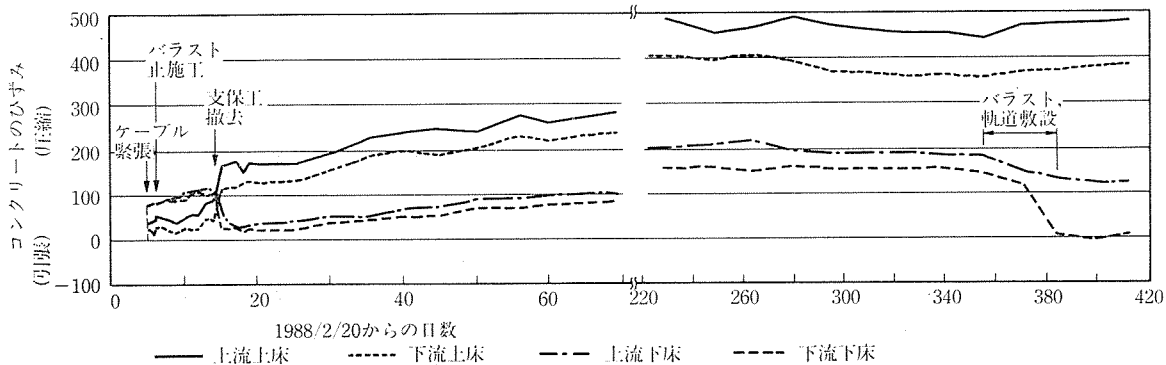


図-2 コンクリートひずみの経時変化

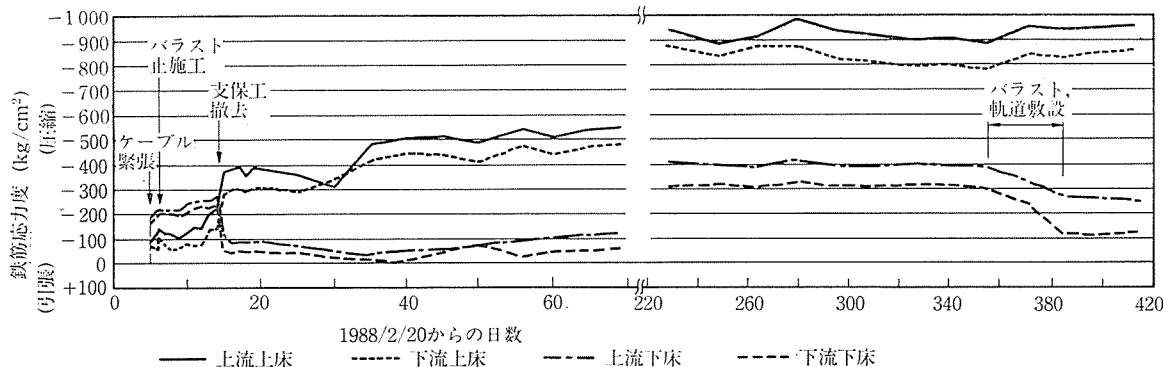
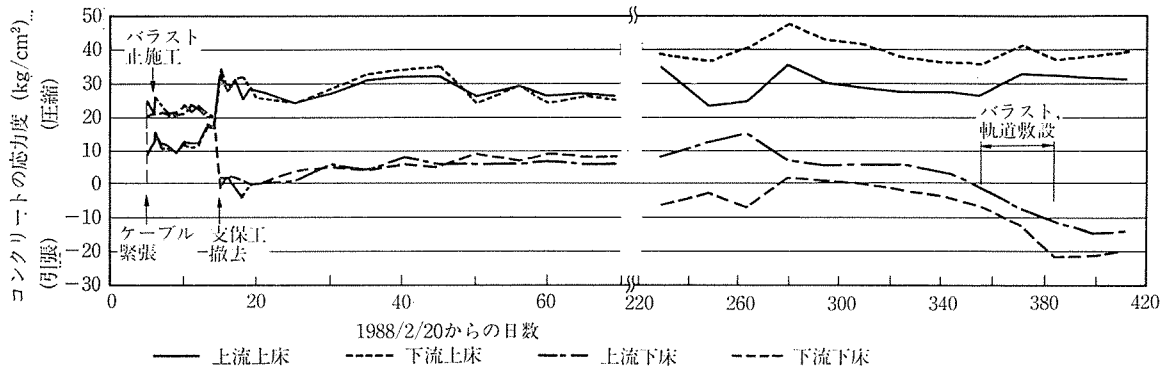
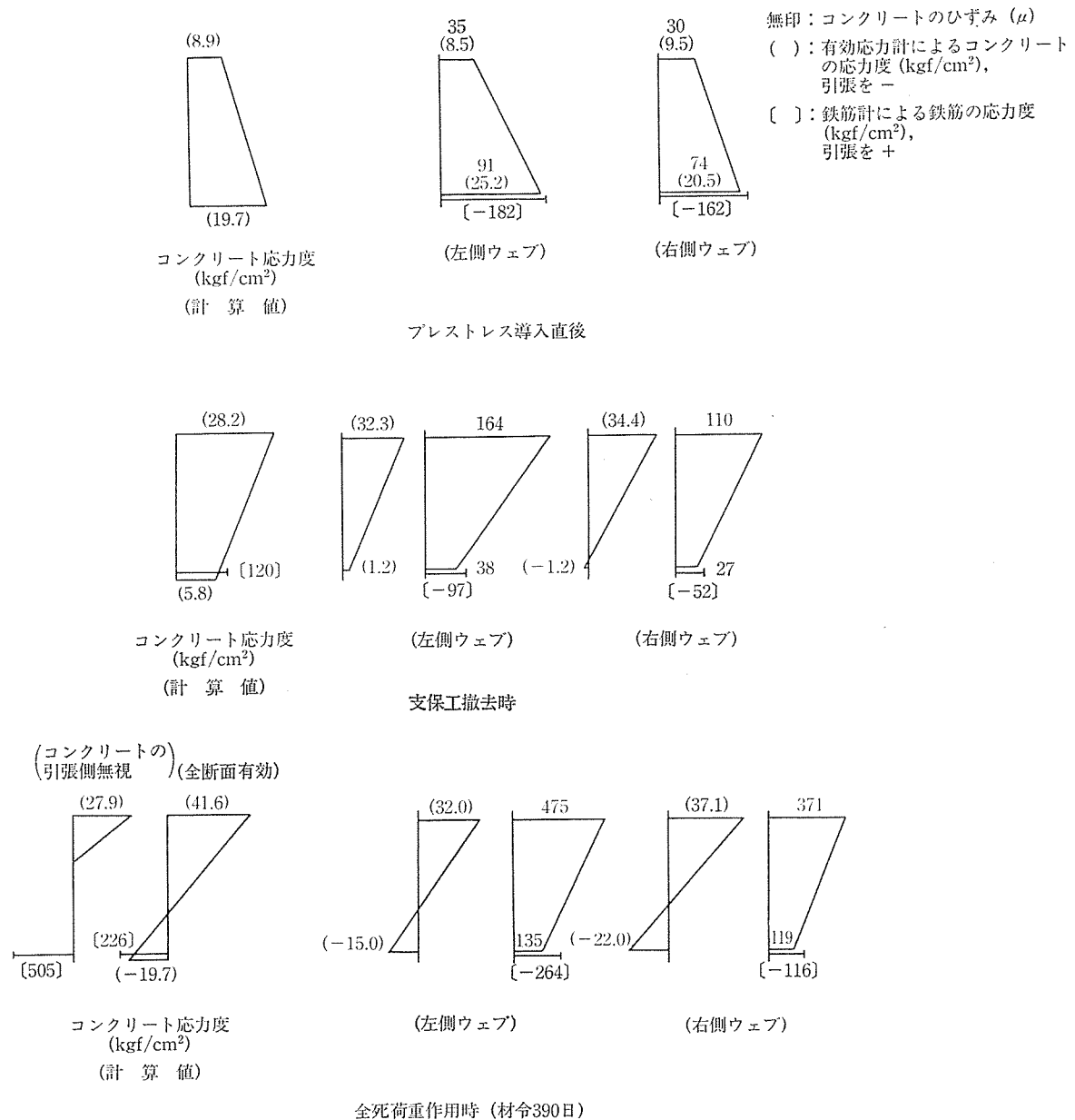


図-3 鉄筋応力度の経時変化(鉄筋計)



図—4 有効応力計によるコンクリート応力度の経時変化



図—5 断面のひずみ、応力度

では、ウェブ上側で 180~200 kgf/cm² 程度、ウェブ下側では 10~25 kgf/cm² 程度圧縮応力度が増加している。また、支保工撤去後から材令 329 日目までは、ウェブ上側で 800~900 kgf/cm²、ウェブ下側で 300~400 kgf/cm² 程度圧縮応力度が増加していた。

有効応力計によるコンクリート応力度の経時変化を図-4 に示した。これによれば、支保工撤去後材令 69 日目までは応力度は大きな変化を示していない。その後、材令 220 日ではウェブ上下とも応力度の変動がみられるが、これは前述の軌道作業車等の作業用荷重の影響によるものと考えられる。また、バラストおよび軌道敷設後のウェブ下側のコンクリートの応力度は 15~20 kgf/cm² 程度の引張応力度となっている。しかしながら、同じ時期のウェブ下側のコンクリートひずみと鉄筋応力度は、右ウェブ下側のコンクリートひずみが圧縮も引張も受けていない状態にあるのを除き、他の測定値はすべて圧縮側となっている。これらの軸方向鉄筋が、乾燥収縮およびクリープによって圧縮応力度が増加していく状況は、既往の報告¹⁾²⁾とも一致している。また、有効応力計は比較的乾燥収縮やクリープの影響を受けていないものと考えられる。

コンクリートひずみ、鉄筋応力度、有効応力計によるコンクリート応力度について、プレストレス導入直後、支保工撤去後および全死荷重作用後（バラストおよび軌道敷設後）の各状態における測定値を図-5 に示す。図-5 には設計値も併せて示した。なお、設計値は、プレストレス導入直後および支保工撤去時については導入直後のプレストレス力を用いて全断面有効として計算した値である。また、全死荷重作用時は有効プレストレスを用いて全断面有効として計算した値である。ここで、PC 鋼材の有効プレストレスは、設計上 PC 鋼材のひずみ変化はコンクリートの乾燥収縮ひずみ ϵ_{cs} とプレストレスングによるコンクリート総断面に関する弾性コンクリートひずみのクリープによるクリープひずみ増との和であると仮定し、文献 4) に示す方法により求めている。このとき、乾燥収縮度は 200×10^{-6} 、クリープ係数は 2.6、PC 鋼材のリラクゼーション率は 5% としている。図-5 によれば、有効応力計によるコンクリートの応力度は、プレストレス導入直後および全死荷重作用時には設計値と比較的によく一致した結果となった。

材令 15 日（支保工撤去後）、および材令 69 日、材令 329 日（バラスト敷設前）における有効応力計によるコンクリートの応力度の測定値および試験により求めたヤング係数を用いて換算したコンクリートひずみの値を表-3 に示す。また、表-1 に示したコンクリートひずみの測定値から上記の換算ひずみを差し引いた値を表-

表-3 有効応力計によるコンクリートの応力度および換算ひずみ

項目	測定位置	材令 15 日	材令 69 日	材令 329 日
有効応力計による応力度 (kgf/cm ²)	左ウェブ上側	-32.3 (-136)	-26.0 (-102)	-27.4 (-106)
	右ウェブ上側	-34.4 (-145)	-25.0 (-97)	-37.8 (-147)
	左ウェブ下側	-1.2 (-5.1)	-6.0 (-23)	-5.7 (-22)
	右ウェブ下側	1.2 (5.1)	-8.0 (-31)	1.8 (7.0)
クリープ・乾燥収縮によるひずみ* (μ)	左ウェブ上側	-28	-181	-347
	右ウェブ上側	35	-141	-212
	左ウェブ下側	-33	-82	-168
	右ウェブ下側	-33	-56	-161

注) 1. () は、有効応力計による応力度をひずみに換算した値
 2. * の欄のひずみは、表-1 に示すコンクリートのひずみから有効応力計による応力度より換算したひずみを差し引いた値

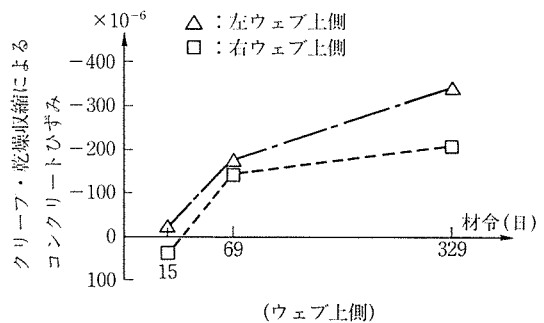
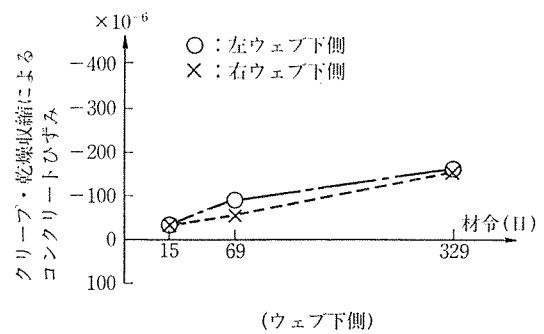


図-6 クリープおよび乾燥収縮によるコンクリートひずみ

3 および図-6 に示す。前述のように有効応力計はクリープおよび乾燥収縮の影響をそれほど受けていないと考えられるので、この差し引いた値はほぼクリープおよび乾燥収縮によるものと考えられる。表-3 および図-6 によれば、ウェブ上下とも材令とともに圧縮ひずみが増加している。その値は材令 69 日ではウェブ上側で 140~180 μ 程度、ウェブ下側では 55~80 μ 程度であった。また、材令 329 日ではウェブ上側で 210~350 μ 程度、ウェブ下側で 160~170 μ 程度であった。

3.2 桁のたわみ

支保工撤去前と後に測定した。前後の差は約 4 mm であった。このたわみは、桁本体の自重のみによるもので

あるが、設計値 (4.6 mm) とほぼ等しい結果となった。

4. あとがき

アウトケーブル方式を用いた PRC 桁は、現在までの施工実績もそれほど多くなく、より合理的な設計を行うために実橋梁におけるコンクリートおよび鉄筋の経時変化を測定し報告した。測定期間は、材令 415 日と十分であるとはいえないが、比較的有益なデータが得られたと考えている。今後も追跡調査を行い、これらのデータの検討を進めて設計に反映していきたいと考えている。

参 考 文 献

- 1) 谷地田, 石橋, 金森, 吉野: PRC 桁の実橋測定について, プレストレストコンクリート, Vol. 29, No. 6, Nov. 1984
- 2) 石橋, 浦野: PRC 桁の実橋測定とその考察, プレストレストコンクリート, Vol. 29, No. 2, Mar. 1987
- 3) 小林ほか: アウトケーブルを用いた PRC 桁の設計・施工 (その 2), プレストレストコンクリート, Vol. 32, No. 1, 1990
- 4) 猪股: PC 橋にアウトケーブルを用いた設計例, PC 構造物最近の設計例と未来像, プレストレストコンクリート技術協会講習会テキスト, 昭和 59 年 3 月

【1990 年 3 月 22 日受付】

◀刊行物案内▶

第 28 回 研究 発表 会 講 演 概 要

体 裁 : B 5 判 130 頁

頒 布 価 格 : 3 000 円 (送料 350 円)

内 容 : (1) プレストレッシングストランドの 3% NaCl 環境における腐食疲労強度, (2) アフターボンド工法用 PC 鋼材について, (3) U型断面をした PC 小梁の載荷実験, (4) 高強度鉄筋を用いてプレストレスを導入した PRC はりの持続荷重下における曲げ性状, (5) 高強度鉄筋を用いてプレストレスを導入した型枠兼用プレキャスト板に関する実験的研究, (6) JIS PC 波形矢板の載荷試験, (7) 架設工法を考慮した PC 斜張橋の斜材張力及び主桁プレストレスの最適化, (8) PC 斜張橋の精度管理における斜材張力調整法に関する研究, (9) 目地を有する PC 部材のねじり強度, (10) 箱抜き部を有するプレキャスト PC 版の載荷試験, (11) PC—鋼合成構造の鋼桁の座屈による崩壊, (12) バージ用 PC スラブの集中面外荷重に対する強度, (13) 横方向 PC ケーブルと鋼板接着で補強された PC 橋の実橋載荷試験, (14) 実桁定着部のプレストレス導入時のひずみについて, (15) 15 年間交通供用された PC 橋の撤去工事に伴う施工法の検討および材料強度試験—広島市・工兵橋—, (16) プレストレス導入における摩擦係数の再検討, (17) 呼子大橋 (PC 斜張橋) の風洞実験, (18) PC 斜版橋の設計について, (19) PC 斜版橋の構造解析モデルの検討, (20) 急曲線形 PC 下路桁の三次元解析, (21) 新素材による PC 橋—新宮橋の建設, (22) プレキャスト PC 床版を用いた鋼合成桁橋の設計と施工—大根田橋の床版打替え工事—, (23) 水面下にある中路的 PC 桁の設計と施工—水辺の散歩道 (新高橋連絡通路) 新設工事—, (24) 池間大橋の設計と施工 (プレキャストブロック工法長大橋), (25) 「合成アーチ巻き立て工法」による旭橋の設計と施工, (26) 布施田浦橋 (仮称) の設計と施工, (27) PC 吊床版橋の設計と施工, (28) 人工軽量骨材コンクリートを用いた PC 連続桁について—日豊本線・汐見川橋梁—, (29) 筒石川橋の施工, (30) ロアリング工法によるコンクリートアーチ橋の施工—内の倉橋—, (31) クレーン船の衝突によって損傷した PC 橋 (青海大橋) の復旧工事, (32) シンガポール MRT 202 工区上部工の施工, (33) PC 大型矢板の砂礫層での施工