

橋梁の設定条件と施工計画について

—PC 鉄 道 橋—

橋 田 敏 之*

プレストレストコンクリートの鉄道橋における利用は、使用材料の進歩による長大径間化と、架設工法の技術開発、改良を重ねて、材料の騒音、振動特性が社会、環境条件への適合性に優れる点が認識されて適用範囲を逐次拡張し、最近は特に急速な伸びを示すようになってきた。

1972年より着手した東北、上越新幹線においては、計画の前期において、従来の傾向を引き継いだ河川橋梁の場所打ちカンチレバー工法による長大橋の施工が多く実施されたが、1975年以降は施工対象が変化したことも合わせて、PCT桁のプレキャストブロック工法、移動型枠支保工による連続高架橋、押し出し工法による鉄道、道路上空の横断橋梁など、施工法の開発・改良を伴った高技術を要する各種形式のPC橋梁が、現地の設定条件を考慮して大量に使用される動きが特に明白になってきたのである。

PCT桁のプレキャストブロック工法による施工数量の増加は、それまで長い間かかって検討が進められてきたブロック化に関する技術に加えて、1978年3月「PC鉄道橋、ブロック工法設計施工の手引き(T形けた)」が制定されたことが契機となった。この手引きでは、ブロック製作、架設時における現場でのトラブルを防止する方法を具体的に示しており、従来一般に行われてきた施工法を多少規制する内容のものもあったが、現場の製作条件の制約、工期の短縮、現地における熟練工の不足への対応、PC工場の操業度の向上などの面から、在来工法で発注されたPCT桁をブロック工法に変更する施工者側の願い出による施工が、かなり行われるようになってきたのである。

移動型枠支保工は、盛岡地区を中心とする岩手県下の都市部に主に大量に採用されたものであるが、この採用理由は、まず岩手県下の地元との設計協議の円滑な進展に伴い、移動型枠支保工の適用を考慮できる適時の工事発注が可能であったこと、ついで在来のRC、PC桁の断面形状にとらわれず、移動型枠支保工の採用に適した同一の型枠を用い広い範囲の桁長(20~35m)を包含する

鉄筋コンクリートおよびプレストレストコンクリート構造の桁の開発を行うことができたこと、さらには施工各社の移動支保工(Gerust Wagen, Stravag工法)に加えて盛岡工事局の開発になる移動型枠支保工(ALDASS工法)など5機種を稼働でき関係者の努力が実を結んだことをあげることができる(写真-1)。

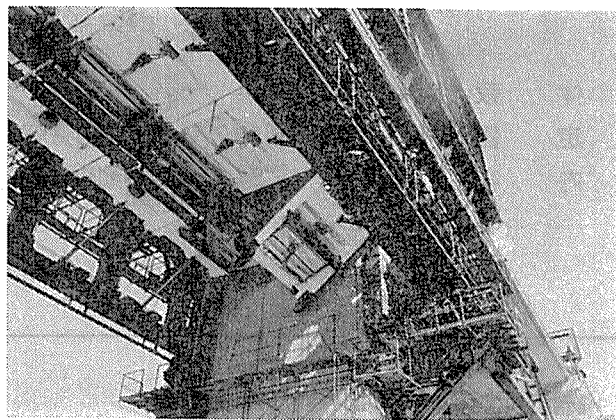


写真-1 移動型枠支保工

施工は表-1に示すように7社により、総延長6890mという前例をみない大量な桁が、1977年から1979年の2か年の短期間にわたって厳しい寒冷地の気象条件を克服して、一連当たり平均16日の当初工程を十分に満足しながら無事竣工することができたのである(表-1は岩手県下の桁式高架橋)。

この新形式の桁式高架橋は、移動型枠支保工を使用することにより住宅密集地内における建設公害、建設災害の減少防止に貢献するとともに、都市景観との調和、都市機能との適合などの面でかなりの改善が認められた(写真-2)。

PC押し出し工法は、鉄道橋としては、東北新幹線猿ヶ石川橋梁(1976年、13径間、390m)において試行され、その結果、支承部などについて線路上空横断を考慮した改良を加えて東北新幹線夕顔瀬橋梁など多数の鉄道線路、道路上空横断を主とした押し出し工法PC桁の採用となった。

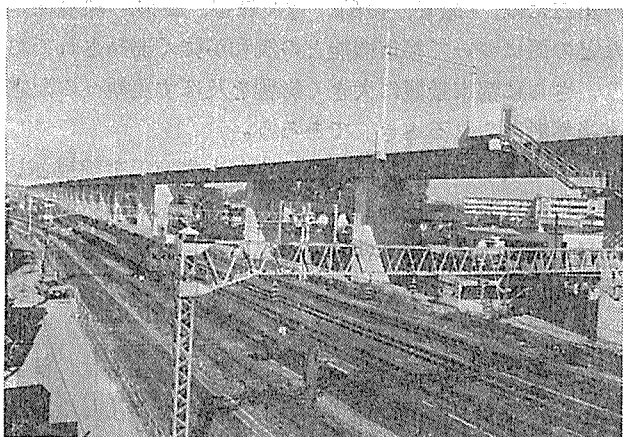
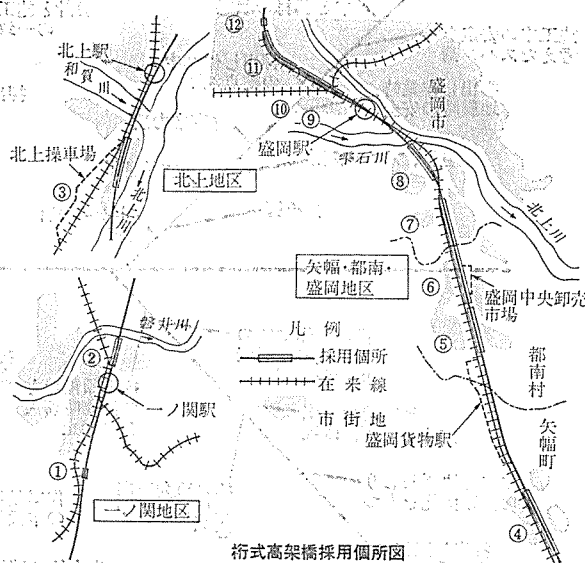
現時点(1980年4月)においてPC押し出し工法鉄道

* 国鉄構造物設計事務所主任技師

表一 新設計桁式高架橋実施状況(岩手県下)

No.	名 称	延長(m)	桁断面	支保工形式	平均橋脚高(m)	記 事
1	真 柴 B L	200	2室	ビ ティ 枠	5	
2	一ノ関北部B L	644	1室	移動式(グリ ュストワーゲ ン)	12	請負者願 いにより1 室に変更
3	相 去 B L	970	2室	ビ ティ 枠	7	
4	矢 幅 北 B L	878	2室	移動式(西松 式)	13	東北本線に 近接平行
		568	2室	ビ ティ 枠	6	
5	中 通 B L	1035	2室	移動式(盛工 式)	15	同上
6	津志田 B L	1417	2室	移動式(スト ラパーゲ)	14	同上
7	南 橋 北 B L	1030	2室	移動式(盛工 式)	7	同上
8	西 仙 北 B L	1036	2室	組立て式(NT パネルH鋼)	7	
9	山 田 線 B I	212	1室	押出し工法	13	東北本線に 近接平行 山田線、国 道46号線乗 越え
		75	2室	ビ ティ 枠		
10	夕 顔 瀬 B L	750	2室	移動式(前田 式)	14	東北本線に 近接平行
11	前 九 年 B L	1136	2室	移動式(スト ラパーゲ)	14	東北本線に 近接平行
12	青 山 B L	143	2室	ビ ティ 枠	13	

合計延長 10 094 m, うち RC 6 914 m, PC 3 180 m (RC桁 20×28, 21×1, 22×13, 23×14, 24×1, 25×27, 26×1
PC桁 28×5, 30×35, 31×8, 33×38, 34×4, 35×4, 連続 212×1)
移動式支保工による施工延長 6 890 m, うち RC 4 082 m, PC 2 808 m



写真一2

橋の計画および実施橋梁数は総計 37 橋を数え、総延長でおよそ 6 000 m に達している。まことにめざましい発展ぶりを示したものである。

PC 押出し工法のこのような発展をみた理由は、橋梁架設地の条件が線路上空あるいは道路上空であることが示すように、他に例をみない高い安全性を工法の設計、施工への配慮により得られることが示されたことにある。

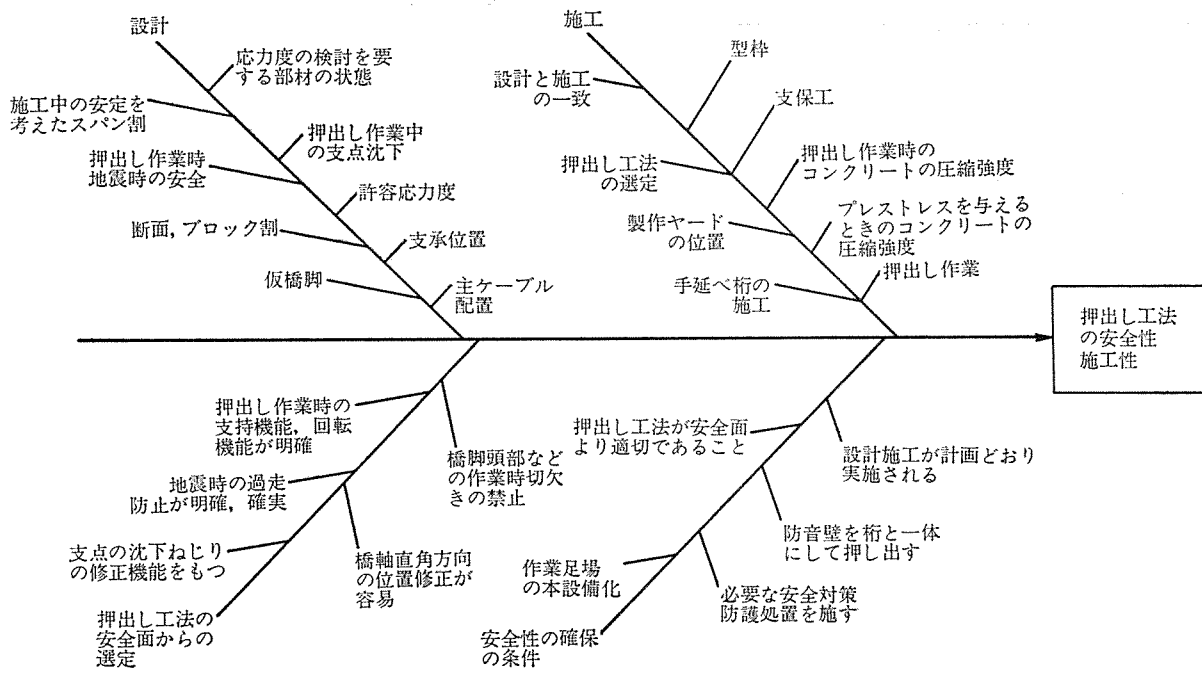
筆者は、押出し工法の高い安全性を証明するため過去に橋梁の架設に伴い発生した事故を整理した結果、表一2 に示す作業に分類整理することができた。押出し工法では、設計・施工方法を安全面より制約を加えること

表一2 桁架設に伴う事故の作業

事故の種別	事 故 作 業 種 別
1. 架設装置および 同付属品が原因 となるもの	1. 架設装置の操作ミス 2. ワイヤなどの切断、取付け不良による接触 3. 装置、付属品の取付け、移動などの取扱い中 4. 装置の能力不足による架設不能
2. 主桁架設中	1. 桁の傾斜による架設不能 2. 横取り作業中架設時の転倒 3. 過走による架設不能 4. 地震、強風などによる桁の転倒 5. 架設作業中の資材、コンクリートくず、作業員の転落
3. 主桁架設後	1. 型枠などの落下 2. 支保工、足場などの落下 3. PC鋼材の挿入作業中の落下 4. 緊張中のPC鋼材の切断による定着具などの落下(横締め) 5. グラウト作業に伴う資材作業員の転落 6. ジュー揺付けに伴う資材、作業員の転落

で、表一2 に示した事故発生作業を皆無にできることに加えて、種々の安全対策を施すことによって押出し工法を安全性の面であつて例のない工法に変革することができた(昭和 55 年 4 月、特に鉄道線路、道路上空横断を対象とした「PC 押出し工法設計施工の手引き」を制定し、図一1 に示す要因について対応策を述べている)。

以上述べた 3 例は、最近の PC 鉄道橋における特筆すべき動向を述べたものであるが、これらは、いずれもかなり長い期間にわたって使用されてきた工法に、工法独自の長を生かし、これに新たな改良を加えることによ



図一 押し出し工法の安全性、施工性要因

り工法の信頼性、施工性、さらに安全性を向上し、施工をとりまく厳しい環境に適合させることができた例をあげたものである。

以下表題のテーマに沿って、橋梁の設定条件と施工計画について述べるが、施工計画については前にあげた三つの新工法をケースワークの中心としてみたい。

1. 橋梁の設定条件

鉄道橋の設定条件は、三つのカテゴリーに分けることができる。

昨年末、国鉄の技術の頂点である技師長に就任された高橋博士は、「鉄道高架橋の具備すべき基本的条件と構造形式の変遷に関する研究」において、鉄道高架橋の具備すべき条件を明確に示している。そこで本文では、高橋博士の論文に準拠して設定条件を述べることにする。

橋梁の設定に当たって要求される条件（設定条件）はその時代の価値観と設計・施工の水準を前提に解決に努力が払われていることを過去の実績は教えている。

そこで具備すべき条件は何かを考察すれば、第一に、「建設の使用目的にかなうこと」をあげることができる（使用条件への適合）。

すなわち、都市部では道路との立体交差の目的にかなない、河川ではその上空をわたるなどの目的にかなない、列車の安全走行を確保でき、将来にわたり安全に保守ができ、付随的な目的（下部の利用）にも適正に役立つことができるものでなければならない。

第二には「地盤、地震、気象などもろもろの自然条件

に適合した構造であること」が要求される（自然条件への適合）。

第三には、「騒音、振動、電波障害、風害、環境保全などの面について都市機能との調和が強く要請されており、さらに都市景観に大きく影響を及ぼす美観への配慮も当然考えられるべき」であろう。

昭和中頃までは、経済的で豊富な人力施工を前提として経済的な設計が行われてきたが、近時は、「労働力の不足、高賃金、熟練労働者の不足によって施工も極力、機械化、省力化した施工によらざるを得ず設計もこの線に沿って施工性を特に重要視した設計であること」が要求されてきている。これらはすべてその時代時代の社会的条件に左右される問題であり、これらを無視した設計・施工は成り立たない（社会条件への適合）。

以上より橋梁（論文では高架橋としている）の具備すべき条件として、

- 1) 使用条件
- 2) 自然条件
- 3) 社会条件

の三つを基本的なものとする（基本的条件と呼ぶ）ことが橋梁技術者に要求されるもので、時代の要請に沿い新しい効用を有する経済的な構造物の開発を迅速に行う必要がある。

2. プレキャストブロック工法

プレキャストブロック工法は、ブロックの製作を設備の完備した既設のコンクリート工場において行うことに

より架設現場の作業を減じ、その結果工期の短縮を可能にするところにあり、その種々の効用についてはすでに述べたとおりである。

プレキャストブロック工法が特に優れている点は、他の高度の架設方法に比較して急速施工性のできる点にある。

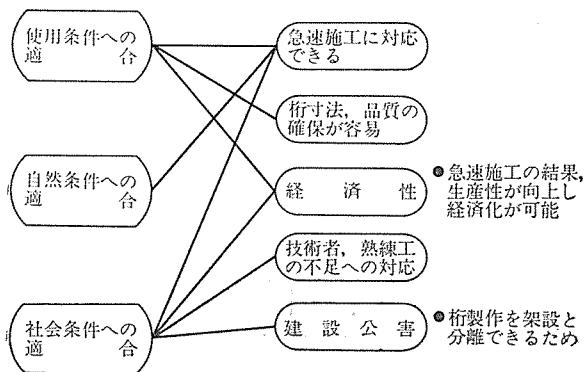
表一3 は、各種架設法の施工速度の概略を比較したものであるが、プレキャストブロック工法は施工速度が際

表一3 各種 PC 工法の施工速度 (複線桁)

架 設 工 法	施 工 速 度	
	1 か所当たり日速 (m/日)	1 km 当たり日速 (m/日)
標準高架橋 (場所打ち)	0.7	2.8
PC 押出し工法	1.1~2.0	2.2~4.0
移動支保工	1.6~3.2	1.6~3.2
プレキャストブロック工法	10~35	20~70

立っていることを示しており、今後の技術開発の方向を示すものと考えてよいのではなかろうか。

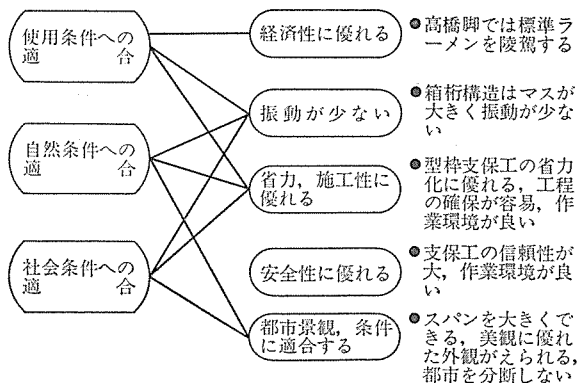
プレキャストブロック工法と橋梁の設定条件との関係を筆者なりに整理したものが図一2 である。



図一2 プレキャストブロック工法の適合性

3. 移動型枠支保工

移動型枠支保工は、型枠支保工の転用を機械力により省力化し、そのため工期を短縮することにより桁の工事費を節減するところに特徴を有するほか、移動型枠支保



図一3 移動型枠支保工による PC 桁の適合性

工の採用による新たな効果を生み出す。

基本条件に関する工法の適合性を整理して単純化して示したものが図一3 である。

この工法では特にコンクリートの早期脱型による工期の短縮が、工事費を節減するうえから要求される。

図一4 は弱材令での脱型の可否を検討するために行った RC 桁の長期載荷試験 (自重および静荷重相当) による曲げひびわれ幅およびひびわれ本数の関係を示したものであるが、この試験の結果は7日、3日、2日材令での載荷によるひびわれ幅への影響では明白な差異は認められなかった。また各桁の最大ひびわれ幅の拡大の傾向にも顕著な差異が認められなかった (試験結果は省略する)。これらの成果は、コンクリートの強度の管理を積算温度の手法などを用いて十分に行うことにより最適の脱型時期を明確に見だし、工期短縮による工事費の節減ができることを示したものである (国鉄盛岡工務局の移動支保工におけるコンクリート強度管理は、工事示方書によって積算温度を用いた手法によることを義務づけた)。

なお移動支保工を用いた桁式高架橋の経済性については、参考文献 3) に明示されているとおりである。

4. 押出し工法

押出し工法の実施状況とその実施上の特徴については、すでに述べたとおりである。

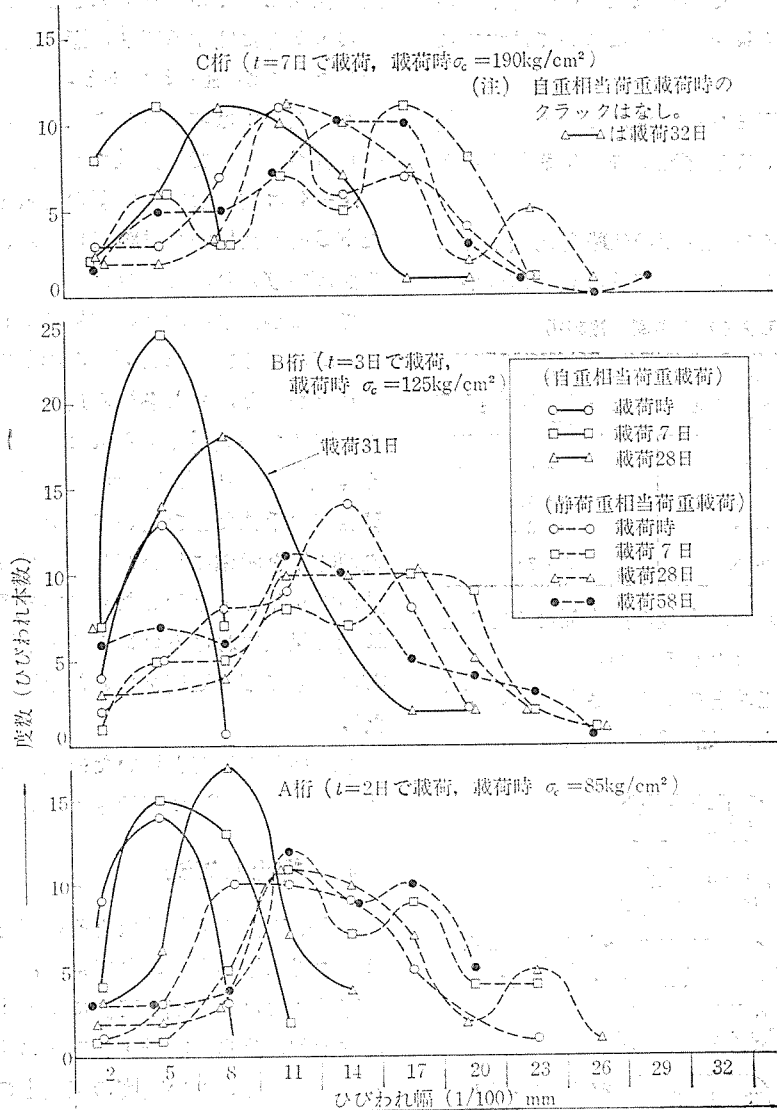
国鉄における押出し工法による PC 桁は、従来の工法に支承部の改良、設計・施工面の規制を加えることにより、かつて類のない高度の架設上の安全性を有する PC 桁に変革させてきた。さらに押出し架設工法は数多くの利点を有しており、基本的条件に対して優れた適合性を有している (図一5)。

押出し工法による桁の経済性についても、多数の押出し橋の設計を通じ設計面における改良を加えて、他の架設工法を凌駕することができるようになっている。

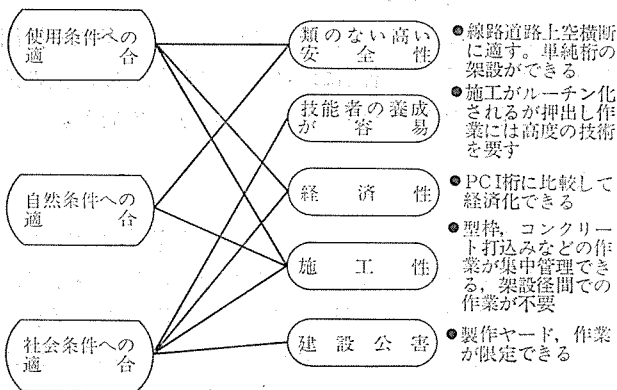
5. ま と め

PC 橋梁の新工法を中心に橋梁の設定条件について考察を加え私見を述べたが、考察を進めるにしたがって、新しい架設工法が、いずれも工法のもつ固有の特徴を生かし適確に現地条件に適合するように使用されてきたこと、また採用に当たって種々の施工上の困難を事前の試験などを通じ解決していることに深刻印象を覚えた。

筆者がとり上げた架設法は、いずれも世界的な関心の高い工法で、最近、特に発展をみた工法であり、これらに匹敵する同じ技術領域の架設法は現在のところ全く見当たらない状況にある。したがって高度の適合性を有す



図一4 弱材令載荷試験桁によるひびわれの変動
(試験桁配合 $W/C=53\%$, スランプ: 12 cm, 天然骨材)



図一5 押し出し法による PC 桁の適合性

る橋梁架設法を今後どの方向に見いだすか世界的に模索が行われているということが出来る。

大量の橋梁を経済的に生産する方法は、既往の技術の特徴を理解し再評価することなど、案外見近なところに

あるようにも思われる。

PC 橋梁は、技術面では近年特に円熟期に入りつつあるように思われる。高強度コンクリートに関する新技術、PC トラス、斜張橋などの長大橋の技術開発、II・III種構造など新しい技術への適合についても検討が進んでいるが、本文では限定した工法を中心にテーマを進めた。

参考文献

- 1) 高橋浩二：鉄道高架橋の具備すべき基本的条件と構造形式の変遷に関する研究，国鉄鉄道技術研究所
- 2) 構造物設計事務所：プレキャストブロック工法設計施工の手引き
- 3) 金原 弘：環境を考慮した新幹線橋式高架橋の設計施工，土木学会誌，1978.2
- 4) 町田富士夫：プレストレストコンクリート押し出し工法，プレストレストコンクリート，1980.2, Vol. 22, No. 1
- 5) 橋田敏之：押し出し工法による PC 鉄道橋の設計施工，PC 技術協会 1980 年度講習会テキスト
- 6) 橋田敏之：プレキャストブロック化—鉄道橋—，橋梁と基礎，1979.4