

技術展望

TECHNICAL OVERVIEW

技術展望

鉄筋コンクリートの歴史・道路構造物

HISTORICAL DEVELOPMENT OF REINFORCED CONCRETE HIGHWAY STRUCTURE

百島祐信*

By Sukenobu MOMOSHIMA

* 正会員 工博 鹿島建設(株)常務取締役
(〒182 調布市飛田給 2-19-1)

Keywords:

girder bridge, arch bridge, cable stayed bridge, sunk tube, cantilever erection, stress ribbon bridge

まえがき

論文集 420 号のセメントの歴史および 426 号の鉄筋コンクリートの歴史・鉄道構造物に引き続き、鉄筋コンクリートの歴史・道路構造物を年表様式で執筆したが、調査が行き届かず多くの遺漏があると思われる(特に外国に関して)が、後日の補充・訂正にまつこととして文献から得た資料を一通りまとめることとした。

鉄筋コンクリートの発明の経緯などについては論文集 426 号に詳述されているので省略する。

年表(1989年まで、☆印:わが国最初のもの)

西暦・年号	年表	引用文献
1796(寛政8年)	・ローマンセメントが英人 J.Parker によって発明された。	1)
1816(文化8年)	・ローマンセメントによるコンクリート橋が、フランス、Dordogne 河の上に建設された。	1)
1818(文化10年)	・シールド工法の特許が Marc Isambard Brunel によってイギリスで取得された。	2)
1824(文政7年)	・ポルトランドセメントが英人 J.Aspsdin によって発明された。	3)
1850(嘉永3年)	・鉄網コンクリート製の小船が 仏人 J.L.Lambot によって建造された。	4)
1867(慶応3年)	・格子状配筋の床版が 仏人 J.Monier によって作られ、特許権が取得された。独人 G.A.Wayess が特許を買い実物実験をした。	4)
1872(明治5年)	☆日本政府のポルトランドセメント製造所が東京深川に開設された。	3)
1875(明治8年)	・世界最初の鉄筋コンクリート橋(スパン 16.5 m, 幅員 4 m) がフランスの Chareillet 城前の公園に建設された。	1)

西暦・年号	年表	引用文献
1877(明治10年)	・鉄筋コンクリート梁の実験研究が 米人 Hyett と Kirklydy により発表された。	3)
1887(明治20年)	・鉄筋コンクリートの実験が、独人 Koenen と Wayess によって行われ、圧縮力をコンクリートで引張力を鉄筋で負担させる方法が Koenen により発表された。	4)
1888(明治21年)	・プレストレスト版が 独人 C.E.W.Doichring により試みられたが失敗した。	3)
1890(明治23年)	☆鉄筋コンクリート構造として、横浜港岸壁のケーソンが施工された。	3)
1894(明治27年)	・今日行われている沈埋工法の最初のものが、ボストン港で下水道幹線に採用された。	5)
1895(明治28年)	☆鉄筋コンクリート桁が当時日本領であった台湾の基隆港で架設された。	6)
1900(明治33年)	・スパン 50 m 3 連のコンクリートアーチ橋、Chattelleraulf 橋がフランスの Vienne に建設された。	7)
1903(明治36年)	☆鉄筋コンクリート橋 神戸市・若狭橋(橋長 3.7 m)と京都市料の琵琶湖疎水運河日岡山トンネル東口のメラン式弧状桁歩道橋(橋長 7.45 m)が建設された。	8)
1908(明治41年)	☆コンプレッソパイル(原始的な場所打ちコンクリート杭)が施工された。	9)
1909(明治42年)	☆本格的な道路橋の広瀬橋(鉄筋コンクリート桁橋、スパン 16.25 m 8 連)が仙台市で建設された。 ☆示方書の原型として大阪市土木課で「鉄筋混凝土計算規定」が内規として作成された。	6) 10)

西暦・年号	年表	引用文献	西暦・年号	年表	引用文献
1911 (明治44年)	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄筋コンクリート道路橋の吉田橋 (橋長 54 m) が横浜市で架設された。 ・コンクリートアーチ橋の最大スパンが 100 m に達した (イタリア, Tiber 川に架設された Rome 橋) 	8) 7)	1944 (昭和19年)	<ul style="list-style-type: none"> ☆コンクリート沈埋道路トンネルが大坂安治川の河底トンネルとして完成した。 	5)
1912 (明治45年) (大正元年)	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄筋コンクリートアーチ橋の道路橋, 四条大橋 (スパン 14.9 m 5連), 七条大橋 (6連) が京都に建設された。 ・鉄筋コンクリート桁橋の最大スパンが 40 m に達した。(ドイツ, フライブルグの Eschholsstrasse 橋) 	7) 7)	1950 (昭和25年)	<ul style="list-style-type: none"> ・世界最初の地中連続壁がイタリアで施工された (貯水池用) 	15)
1913 (大正2年)	<ul style="list-style-type: none"> ☆鉄筋コンクリート擁壁が品川のハッ山で施工された。 ☆鉄筋コンクリートのオープンケージが愛知県, 脇川橋の基礎に施工された。 	11) 12)	1951 (昭和26年)	<ul style="list-style-type: none"> ☆プレテンション・プレストレストコンクリート橋の長生橋 (3.6 m × 3, スラブ橋) が石川県七尾市に建設された。 	8)
1915 (大正4年)	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートの遠心力締固め法が, オーストラリアの W.H. Hume によって発明された。 	13)	1953 (昭和28年)	<ul style="list-style-type: none"> ☆ポストテンション・プレストレストコンクリート橋の東十郷橋が福井県に建設された。 	8)
1916 (大正5年)	<ul style="list-style-type: none"> ・ドイツ・コンクリート委員会の最初の鉄筋コンクリート示方書, 計算規準が公表された。 	3)	1955 (昭和30年)	<ul style="list-style-type: none"> ☆地中連続壁畑薙ダムで施工された。(ダム止水用) ・鉄筋コンクリート杭が JIS 化された。 ☆土木学会のプレストレストコンクリート設計・施工指針が制定された。 	15) 9) 16)
1918 (大正7年)	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートの強度に関する水セメント比説が米人 Abrams によって発表された。 	3)	1956 (昭和31年)	<ul style="list-style-type: none"> ☆プレストレストコンクリート杭が作られた。 	13)
1921 (大正10年)	<ul style="list-style-type: none"> ☆鉄筋コンクリートゲルバー桁橋の永井寺橋が佐賀市で架設された。 	11)	1959 (昭和34年)	<ul style="list-style-type: none"> ☆カンチレバー架設のコンクリート橋, 嵐山橋 (橋長 75 m, スパン 50 m, 当時日本最大) が神奈川県で建設された。 	11)
1923 (大正12年)	<ul style="list-style-type: none"> ・本格的な鉄筋コンクリートニューマチックケージを用いて, 墨田川の永代橋, 清洲橋, 言問橋の3橋の基礎が施工された。 	12)	1960 (昭和35年)	<ul style="list-style-type: none"> ・本格的な地中連続壁が, 方南町トンネルで施工された。 	15)
1924 (大正13年)	<ul style="list-style-type: none"> ・米国 ACI・ASCE 合同委員会による示方書・計算規準が公表された。 	3)	1962 (昭和37年)	<ul style="list-style-type: none"> ☆コンクリート斜張橋の島田橋 (橋長 39.7 m) が岐阜県で建設された。 ・プレストレストコンクリート桁橋の最大スパンが 200 m を超えた。(ドイツ, Rhein 河の Bendorf 橋, スパン 208 m) ・わが国のプレストレストコンクリート桁橋の最大スパンが 100 m に達した (宮崎県, 越野尾橋) 	11) 7) 7)
1927 (昭和2年)	<ul style="list-style-type: none"> ・ドイツ・ベルリンにおいて世界初の鉄筋コンクリート沈埋道路 (歩道) が建設された。 	5)	1964 (昭和39年)	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼殻コンクリート沈埋トンネルが首都高速道路の羽田, 海老取川で施工された。(矩形断面 7.4 × 20.1 m, 沈埋区間長 56 m) ・道路橋下部構造設計指針が制定された。 ・鉄筋コンクリート道路橋設計示方書が制定された。 	5) 17) 17)
1928 (昭和3年)	<ul style="list-style-type: none"> ・高張力鋼と高強度コンクリートを用いたプレストレスの導入が仏人 E.Freyssinet により達成された。 	3)	1965 (昭和40年)	<ul style="list-style-type: none"> ・横断歩道橋設計指針が制定された。 ☆プレストレスト鉄筋コンクリート (PRC) 橋の上姫川橋 (スパン 48 m) が北海道で架設された。 	17) 7)
1929 (昭和4年)	<ul style="list-style-type: none"> ☆日本建築学会の鉄筋コンクリート仕様書が公表された。 	3)	1966 (昭和41年)	<ul style="list-style-type: none"> ・わが国のコンクリートアーチ橋のスパンが 100 m に達した (長野県, 新山清路橋) 	7)
1931 (昭和6年)	<ul style="list-style-type: none"> ☆土木学会の鉄筋コンクリート標準示方書が制定された。 	4)	1967 (昭和42年)	<ul style="list-style-type: none"> ・世界最初の吊床版橋がスイス, Zürich 湖畔の Pefikon において高速道路の跨道橋として建設された (橋長 56 m 幅員 5 m) 	7)
1934 (昭和9年)	<ul style="list-style-type: none"> ☆鉄筋コンクリートトンネル覆工が採用された。 ☆遠心力コンクリート杭が作られた。 	14) 9)	1969 (昭和44年)	<ul style="list-style-type: none"> ・世界最長の沈埋トンネル (沈埋区間長 2 367 m, 円形断面 φ 10.8 m) がアルゼンチンの Parana ~ Santa Fe で完成した。 ☆吊床版橋が大坂万国博覧会場の 9 号橋として建設された。(橋長 35 m 幅員 5 m) 	5) 20)
1940 (昭和15年)	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートアーチ橋の最大スパンが 200 m を超えた (スペイン, Lio Esra 溪谷の Esra 橋, スパン 210 m) ・世界最大スパン (77.02 m) の鉄筋コンクリート桁橋, London の New Waterloo 橋がイギリスで架設された。 	7) 7)			
1941 (昭和16年)	<ul style="list-style-type: none"> ・わが国最大スパン (41 m) の鉄筋コンクリート桁橋, 十勝大橋 (橋長 390 m, 幅員 18 m) が北海道で架設された。 	7)			

西暦・年号	年表	引用文献
1970 (昭和45年)	・地中連続壁井筒式基礎が首都高速道路5号線北池袋で施工された。	(15)
1976 (昭和51年)	・世界最大スパン(240 m)のプレストレストコンクリート桁橋浜名大橋が静岡県に架設された。 ・東京港横断沈埋トンネルが首都高速道路湾岸線で施工された(矩形断面8.8×37.4 m, 沈埋区間長1035 m)	21) 6)
1978 (昭和53年)	・わが国のコンクリート斜張橋の最大スパンがほぼ100 mに達した(神奈川県, 松ヶ山橋, 橋長129 m, 幅員4.2 m, スパン96.5 m)	22)
1979 (昭和54年)	・わが国最大(橋長54.5 m)の吊床版橋, 連日峰橋(幅員4.8 m)が宮崎県に建設された。	23)
1980 (昭和55年)	・東京港第2航路海底沈埋トンネルが施工された。(矩形断面8.8×28.4 m, 沈埋延長774 m)	18)
1983 (昭和58年)	・世界最大スパン(440 m)のコンクリート斜張橋, Barrios de Luna 橋がスペインで架設された。	24)
1986 (昭和61年)	☆鉄筋コンクリートの限界状態設計法が土木学会で採用された。	19)
1987 (昭和62年)	・横浜ベイブリッジの基礎をφ10 m, 最大深さ87 m, の鉄筋コンクリート・オープンケーソン十数基と54 m角のプレストレストコンクリートの函状フーチングをドックで製作し, これを曳航し, 沈設により結合して多柱式基礎を構築した。	25)
1989 (平成元年)	わが国最大スパン(235 m)のコンクリートアーチ橋, 別府明礬橋が大分県に架設された。 ・わが国最大スパン(250 m)のコンクリート斜張橋, 呼子大橋が佐賀県に架設された。	26) 27)

あとがき

鉄筋コンクリートの道路構造物はきわめて多種多様であるが, その主なものは橋梁・高架の上部工, 下部工, 擁壁, カルバート, トンネル(シールドを含む)覆工, 沈埋函等である。このうち, 橋梁の上部工は年表にも見られるように比較的その発祥の歴史が明瞭に文献に示されているが, 下部工, 擁壁, トンネル覆工などは必ずしも明確にはその最初の適用の時期を確定できない。いずれにせよ世界的にみて, 鉄筋コンクリートの歴史は1850年に仏人Lambotによって発明されてから高々150年に満たず, わが国に導入されてから100年である。したがって, これらの構造物はわが国では明治時代は主として石積, 煉瓦積, で施工され, 大正から昭和の初期にかけては無筋コンクリートが主役であった。

鉄筋コンクリート構造が橋梁上部工以外の構造物に本

格的に適用されたのは大正の末期からで, 最盛期に達したのは第2次大戦後になってからといっても過言ではない。ヨーロッパではすでに1910年代(大正時代)に相当な規模で適用され, 正式な示方書, 規準類が制定されていることを考えれば, わが国は20~30年の後進性をもってこの技術を使用開始したものといえる。

しかし, この100年間における幾多の先輩技術者の絶えざる努力により, 地震国の悪条件を克服し世界的な技術水準に達していることが, この年表から伺うことができる。

近年, わが国において高速道路網の充実, 都市内ならびに臨海道路の整備が著しく進展し, さらには関西国際空港関連道路, 本州四国連絡橋, 東京湾横断道路などのビッグプロジェクトが踵を接して完成することを思えば, わが国のみでもこの歴史年表が日ならずして書き替えられるほどの技術的進歩が予期される。

引用文献

- 1) H. シュトラウプ(藤本一郎訳):建設技術史, 鹿島出版会。
- 2) 田中壬子也・斉藤二郎:圧気工法, 鹿島出版会。
- 3) 岡田 清ほか:土木教程全書・鉄筋コンクリート工学, 鹿島出版会。
- 4) 吉田徳次郎:鉄筋コンクリート設計方法, 養賢堂。
- 5) 土木学会:沈埋トンネル要覧, 昭和46年。
- 6) 横道英雄:鉄筋コンクリートの歴史, コンクリートジャーナル, Vol. 7, No. 1, 1969。
- 7) 横道英雄:コンクリート橋, 技報堂出版。
- 8) 渡辺 明:土木構造物とコンクリート, コンクリート工学, Vol. 28, No. 7, 1990。
- 9) 土質工学会:入門シリーズ4・構造物基礎入門。
- 10) 日本道路史編纂委員会:日本道路史, 日本道路協会, 昭和52年。
- 11) コンクリート工学編集委員会:コンクリート名所案内, コンクリート工学, Vol. 29, No. 1, 1991。
- 12) 土質工学会:現場技術者のための土と基礎シリーズ5・ケーソン工法の調査設計から施工まで。
- 13) 土質工学会:杭基礎の設計法とその解説。
- 14) 吉村 恒:コンクリート施工法—その移り変り—(その16), コンクリート工学, Vol. 19, No. 12, 1981。
- 15) 斉藤二郎:地下連続壁工法の発展過程, 基礎工, Vol. 5, No. 1, 1977。
- 16) 土井 明:コンクリート施工法—その移り変り—(その17), コンクリート工学, Vol. 18, No. 12, 1980。
- 17) 土木学会:日本土木史, 昭和16年~昭和40年。
- 18) 東京都港湾局:東京港第二航路海底トンネル工事誌, 昭和55年。
- 19) 土木学会:昭和61年制定・コンクリート標準示方書, 設計編。
- 20) 百島祐信ほか:万国博9号歩道橋の設計施工について, プレストレストコンクリート, Vol. 11, No. 4, 1969。
- 21) 横山二郎・武田俊明:浜名大橋の設計について, コンクリート工学, Vol. 13, No. 9, 1975。
- 22) 富田价彦ほか:三保ダム松ヶ山橋の設計・施工および諸

実験について、橋梁，1981年12月。

- 23) 甲斐 忠ほか：連日峰橋の設計と施工（その2），プレストレストコンクリート，Vol.21，No.5，1979.
- 24) 小林和夫・佐藤浩一：世界最長のPC斜張橋ルナ橋の設計施工，橋梁，1983年12月.
- 25) 鹿島ほか工事共同企業体：横浜港横断橋基礎新設工事・

工事記録，昭和63年.

- 26) 伊藤野彦・一瀬久光：温泉地帯におけるRCアーチ橋の設計と施工，コンクリート工学，Vol.25，No.12，1987.
- 27) 久我尚弘：呼子大橋（PC斜張橋）の設計，橋梁と基礎，1987年7月.

(1991.5.10 受付)