

海中に建設する設置ケーソン工法の誕生！…時間をかけた現場実験

## 5. 大鳴門橋

鳴門の渦潮の中に建設する多柱基礎とは？

## 6. 明石海峡大橋

世界最長の吊橋を支えて水深50mに建設される海中橋脚

設置ケーソン工法を採用したが、瀬戸大橋からの改良点は？

## 7. 海外の長大橋

プレキャスト基礎の出現と免震構造の基礎

海外には新しい形式の基礎が出現している！

## 8. 残る問題と将来展望

設計に対する考え方が大きく変わろうとしている。支持力と変位の問題など、上下を分離せず長大橋全体として解析する方向へ進展！

このような叙述の中で、著者が説明しようとする内容は、ひと言でいうと基礎を取り扱うときの技術哲学と言うことができる。目に見えない地盤は、人工の下部構造を支えて、基礎の重要な部分を形成する。構造物からの荷重が、地盤に伝達され、地盤に応力変化を起さない深い地盤のところまでが、基礎としての構造体になっている。その認識が徹底しないと基礎は取り扱えない。従って、基礎を計画するためには、目に見えない地盤を知る地盤調査がスタートになり重要な意味を持つと力説したい。

この哲学が読者に伝わることを祈って序文とする。

なお、この小冊子の内容は月刊誌「基礎工」に連載として掲載したものであるが、「基礎工」編集委員会、そして株式会社総合土木研究所沼倉社長に厚くお礼を申し上げる。その機会がなかったなら、単行本として、世に送ることができなかつたに相違ない。改めて、心から感謝を申し上げる次第である。

平成24年夏 吉田 嶽

# 1. 吊橋とは ..... 3

## 吊橋の構造紹介 ..... 3

1 本書の内容 ..... 3
2 吊橋の構造 ..... 3
3 明石海峡大橋の主塔と東京タワーの高さ ..... 3
4 主塔の基礎 ..... 4
5 アンカレージに働くケーブル張力 ..... 5
6 アンカレージとダムの比較 ..... 6

## 建設の歴史 ..... 7

1 戦前（1945年以前）の日本の吊橋 ..... 7
2 戦後の吊橋建設プロジェクト ..... 8

# 2. 若戸橋 ..... 11

## 地盤と設計基準 ..... 11

1 橋の紹介 ..... 11
2 地盤の概況と地盤調査 ..... 12
3 基礎を計画するに当ってのスタンス ..... 13
4 当時の設計室 ..... 14
5 設計外注の話 ..... 14
6 当時の設計基準 ..... 15
7 若戸橋下部工の設計基準 ..... 15

## 鋼製ケーソンの誕生 ..... 17

1 ニューマチックケーソン基礎の設計 ..... 17
2 戸畠側主塔橋脚は日本で初めての海中基礎 ..... 18

---

3 鋼製ケーソンの設計と施工	18
4 鋼ケーソンの曳行と沈設	19
5 プレパクトコンクリート工事	20
6 ニューマチックケーソン工事	20
アンカレージ基礎の設計	22
1 アンカレージ基礎の計画	22
2 光弾性実験	24
3 アンカーブロックの構造と連結帯	24
4 コンクリート工と鉄筋工	25
5 若松側橋台の変位追跡	26
<b>3. 関門橋</b>	31
海中橋脚がない典型的な吊橋	31
1 橋の紹介	31
2 海中橋脚がない吊橋	31
3 地盤の概況と岩盤調査法	32
4 耐震設計	34
5 下関側橋脚とコンクリートブロック締切り工法	34
6 門司側橋脚とニューマチックケーソン	35
7 ケーブルアンカーブロックの岩掘削	36
<b>4.瀬戸大橋</b>	39
地盤の概況と基礎工調査の進め方	39
1 橋の紹介	39
2 地盤の概況	40

---

3 各種調査の進め方	40
4 土木学会委員会当時の橋梁計画	41
5 鉄道吊橋の固有の問題	41
6 基礎の施工法調査	42
7 地盤調査の進め方	43
風化花崗岩の調査と実測	44
1 支持岩盤調査；ダムと吊橋との違い	44
2 風化岩盤の岩盤分類	44
3 調査初期の地盤調査	45
4 鷲羽山トンネル位置での岩盤調査	46
5 岩盤調査法のまとめ	47
6 物性値を求めるための現場試験	47
7 設計用物理量の決定	49
設置ケーソン誕生への道	49
1 海外の海中基礎の施工事例	49
2 海中型枠工法の試験工事	51
3 設置ケーソン工法の誕生	51
4 海中発破の試験工事	53
5 設置ケーソン工法の手順	54
設置ケーソンの発破掘削とケーソン据付	55
1 瀬戸大橋基礎の耐震設計	55
2 瀬戸大橋基礎の寸法と施工法	56
3 発破用穿孔機械と海中足場	56
4 起爆システムと発破設計	57
5 グラブ掘削と仕上げ作業	58
6 岩盤検査と潜水作業	59
7 鋼ケーソンの曳航と据付け	59

---

注入コンクリート工事とモルタルプラント船	60
1 モルタル注入実験	60
2 骨材の確保と投入作業	61
3 モルタルプラント船の新造	62
4 モルタル注入工事	63
5 畏友杉田秀夫	64
6 瀬戸大橋の基礎工事の完成	65
<b>5. 大鳴門橋</b>	<b>69</b>
鳴門の渦潮に耐える多柱基礎の誕生	69
1 橋の紹介	69
2 地盤の概況	70
3 渦潮と基礎	71
4 多柱基礎の採用	71
5 海中鉄構の問題解決	72
6 大口径掘削機械と試験工事	73
7 旅客船問題と航行安全問題	73
幻の剛体基礎と多柱基礎の現場工事	74
1 山口県大島大橋の基礎工事	74
2 橋脚基礎の設計	75
3 アンカレージの設計	77
4 海上作業足場工事	77
5 多柱基礎工事	78
6 多柱基礎の挙動観測	79

---

---

<b>6. 明石海峡大橋</b>	<b>83</b>
地盤の概況とルートの選定	83
1 大橋の紹介	83
2 調査から着工への流れ	83
3 地盤の概況	84
4 明石海峡の海況	86
5 岩屋—垂水ルートから松帆—舞子ルートへ	86
6 道路鉄道併用橋から道路橋へ	87
7 最終の橋梁計画取りまとめと責任技術者	88
陸上で地盤調査と海底ボーリング調査	89
1 基礎地盤調査の目的	89
2 陸上踏査	89
3 陸上地盤での地盤載荷試験	90
4 舞子沖の地盤調査用ケーソン	93
5 海底ボーリング調査	93
6 サンプリングと室内試験	94
橋脚基礎の施工法と耐震設計法	95
1 舞子—松帆ルート（1,780m道路鉄道吊橋）の橋脚基礎工法	95
2 舞子—松帆ルート（1,990m道路吊橋）の橋脚基礎工法	95
3 最終的に橋脚は設置ケーソン工法	96
4 大きく変わった耐震設計法	97
5 海底掘削実験と現地洗掘調査	99
6 水中不分離性コンクリート	100

---

---

アンカレージの紹介と兵庫県南部地震	101
1 ケーブルアンカレージ	101
2 マスコンクリートのひび割れ防止と流動化コンクリートの開発	102
3 船舶衝突防止工と航行管制システム	104
4 明石海峡大橋の基礎工の完成	105
5 兵庫県南部地震の影響	105

<b>7. 海外の長大橋</b>	111
1 デンマークのグレートベルト吊橋	111
2 北海油田足場の海中基礎	112
3 リオン—アンティリオン橋の基礎	113
4 イタリアのメッシナ海峡吊橋	114
5 中国の舟山西候門大橋	115
6 海外事情と日本の技術事情	116

<b>8. 残る問題と将来展望</b>	119
<b>設計に対する考え方の進展</b>	119
1 地盤支持力の問題	119
2 基礎地盤の変形の問題	120
3 基礎底面の滑りの問題	122
4 地盤の工学的評価の問題	123
5 浮力で代表される水の問題	124
6 地震力の評価の問題	126

---

<b>工期と工費の問題</b>	127
1 工期	127
2 工費	128
<b>おわりに</b>	130

## おわりに

建設事業は、戦後の復興から社会资本整備へと活動を続けてきた。そこでは、安全を確保したうえで、なるべく早く事業を遂行するために、仕様規定が基準化されるとともにマニュアルが整備され、画一的な構造物の建設を急いだ。

社会资本の整備が進んだ現在では、既存の構造物の保守と維持へ目が向けられるようになってきている。構造物の新設は少なくなり、その流れの中で新設構造物の計画と設計に対して、仕様規定に代わって性能規定が取上げられてきた。世界的な流れとはいえ、大きな転換期にあるといえる。

性能規定による性能設計となれば、創意・工夫に満ちた技術者への自由が約束されることになる。しかし、その一方で、施工の質によって構造物の安全度が左右されるため、設計技術者が施工の実状を経験する時間に恵まれないことは大きな不幸である。現場の施工の質を理解できなくては、責任の持てる性能設計はできない。日本の建設事業の国際展開が叫ばれるとき、責任技術者の地位を確立し、性能設計が日常化されることを望んでいる。

今もし、瀬戸大橋や明石大橋を改めて計画するとなれば、きっと改善される点を見出せるであろう。

技術は時とともに進化する。改善する点を指摘できる技術者こそが、新しい時代を生き抜くことができるとさえいえよう。

### 著者紹介

吉田 嶽（よしだ いわお）

株吉田デザインコーナー会長、  
工学博士（東京大学）技術士 地盤工学会名誉会員

1926年生まれ、1953年東京大学工学部土木工学科を卒業し、建設省入省。直ちに長崎県西海橋の現場へ。アーチトラスの設計とアーチ架設の施工管理に従事する。次いで1955年若戸橋に移り基礎工事を担当する。1962年建設省土木研究所に移り本州四国連絡橋調査のうち基礎工調査の担当者となる。

1966年同研究所基礎研究室初代室長。天草架橋、関門橋を初めとして全国の橋梁基礎の技術指導にもあたる。1970年本州四国連絡橋公団発足と同時に設計第3課長として本四架橋の基礎の設計を担当。設計部長、工務部長を経て1979年岡山ルートの第2建設局長となり、瀬戸大橋の工事責任者となる。1984年本社参与、理事。明石海峡大橋の設計、工事計画の取りまとめに参画。

1988年退社。その後、開通した瀬戸大橋、大鳴門橋などのメンテナンスに従事。1996年、株吉田デザインコーナー会長 現在に至る。

### 主な著書

- 基礎工法；理工図書、1968  
杭基礎の設計実技とその解説 共著と監修；建設図書、1974  
橋のはなしI、II 共著と監修；技報堂、1986  
目で見る基礎と地盤の工学、共著と監修；技報堂、1991  
基礎工の設計実技上、下 監修；建設図書 1995, 1996  
わかりやすい基礎の施工 監修；総合土木研究所 2003  
わかりやすい基礎の設計と計算例 監修；総合土木研究所 2006  
基礎の耐震設計と解析例 監修；総合土木研究所 2008

定価はカバーに  
表示しております

### 吊橋を支える基礎—若戸橋から明石大橋へ

平成24年7月20日 発行

著者 吉田 嶽

発行所 株式会社 総合土木研究所

代表者 沼倉 多加志

東京都文京区湯島4-6-12 湯島ハイタウンB-222

☎(03)3816-3091 FAX(03)3816-3077 ☎113-0034

ホームページ <http://www.kisoko.co.jp>

E-Mail [sogodoboku@kisoko.co.jp](mailto:sogodoboku@kisoko.co.jp)

振替 00110-3-119965

Printed in Japan

印刷所 勝美印刷株式会社

落丁本・乱丁本はお取替えいたします。

本書の内容を無断で複写複製（コピー）すると法律で罰せられます。

ISBN978-4-915451-14-0 C3051

©2012