

鋼構造シリーズ ⑧

吊橋

[技術とその変遷]



土木学会

鋼構造シリーズ ⑧

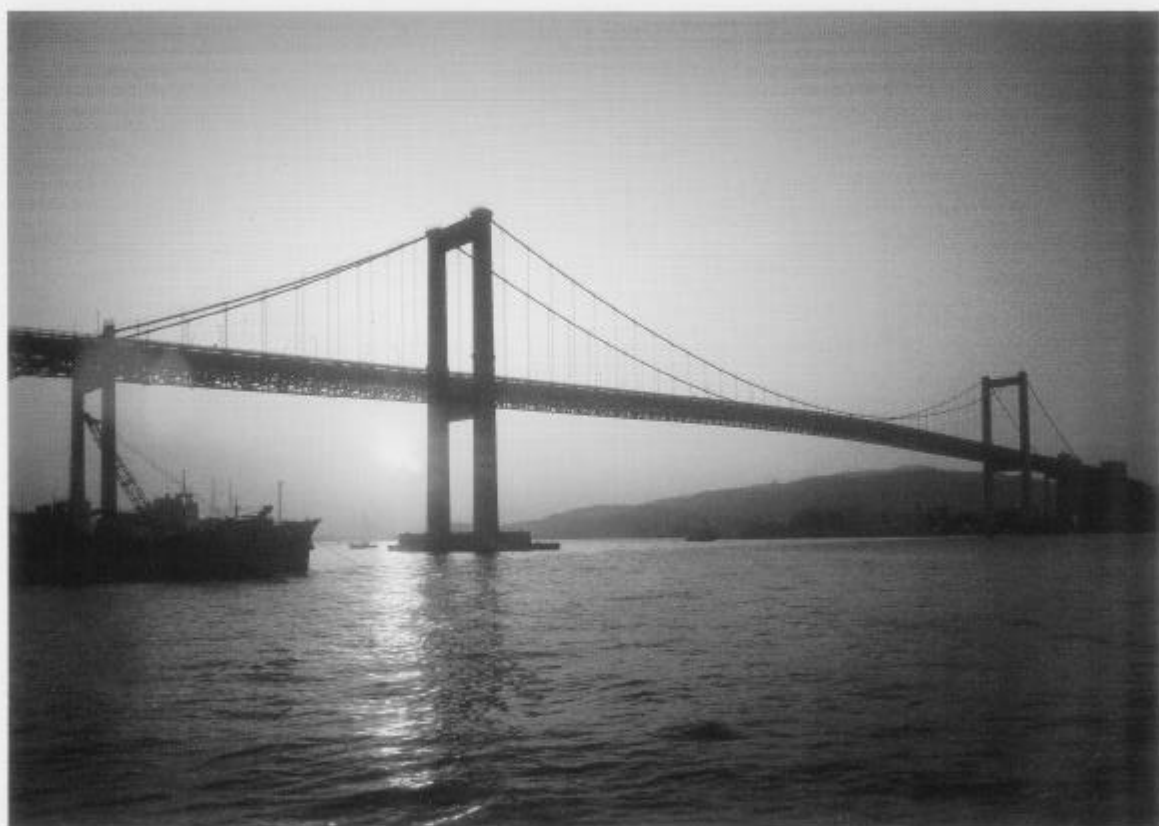
吊橋

[技術とその変遷]

土木学会



清洲橋



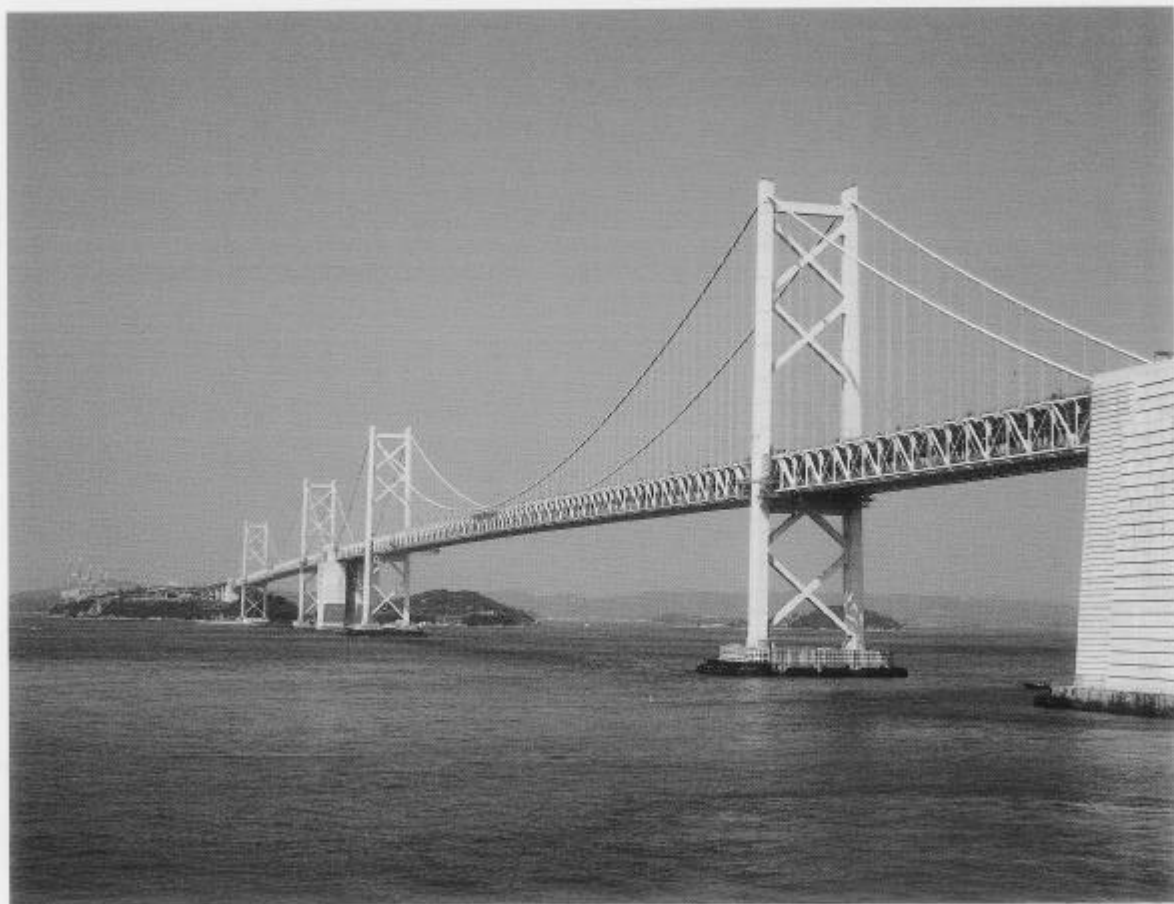
若戸大橋（日本道路公団提供）



関門橋（日本道路公団提供）



大島大橋（本州四国連絡橋公団提供）



南・北備讃瀬戸大橋 (本州四国連絡橋公団提供)



レインボーブリッジ (首都高速道路公団提供)



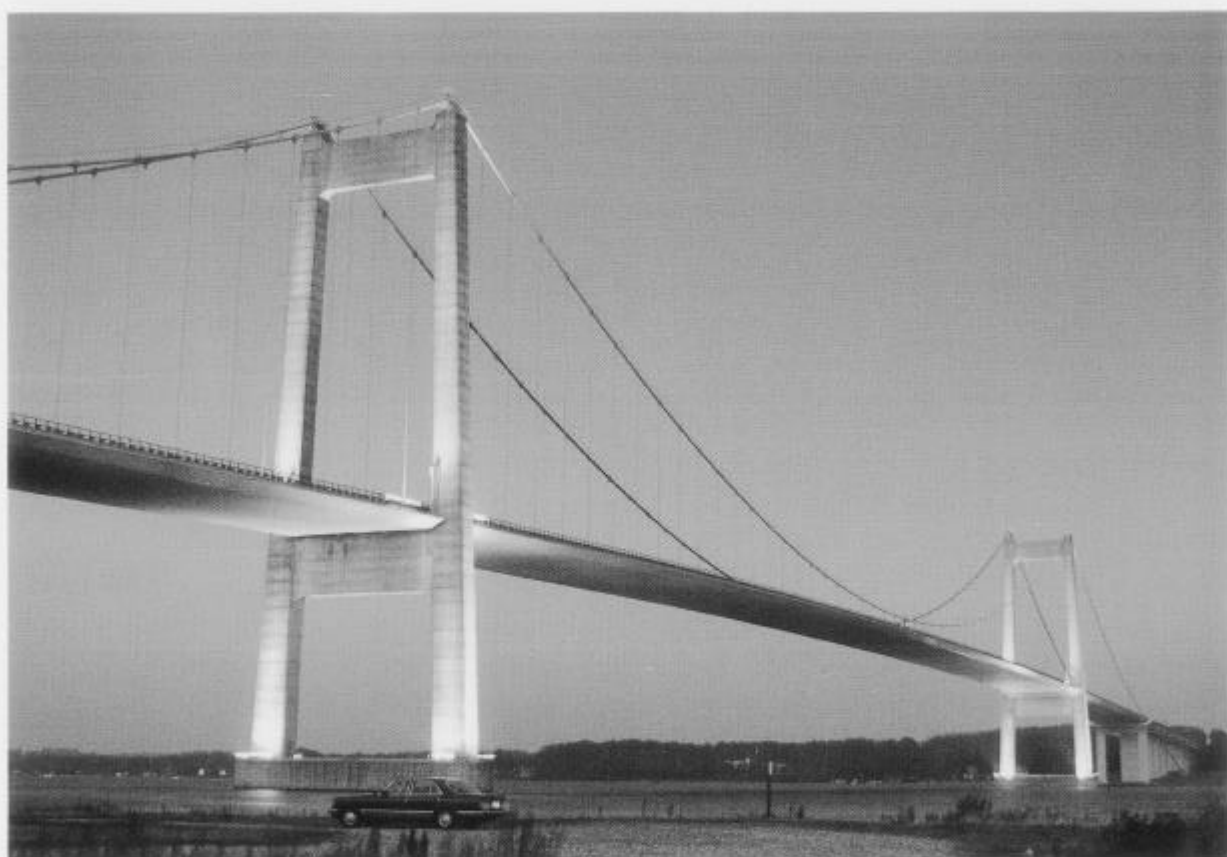
Brooklyn 橋（古屋信明氏提供）



George Washington 橋（古屋信明氏提供）



Golden Gate 橋 (古屋信明氏提供)



Little Belt 橋 (古屋信明氏提供)



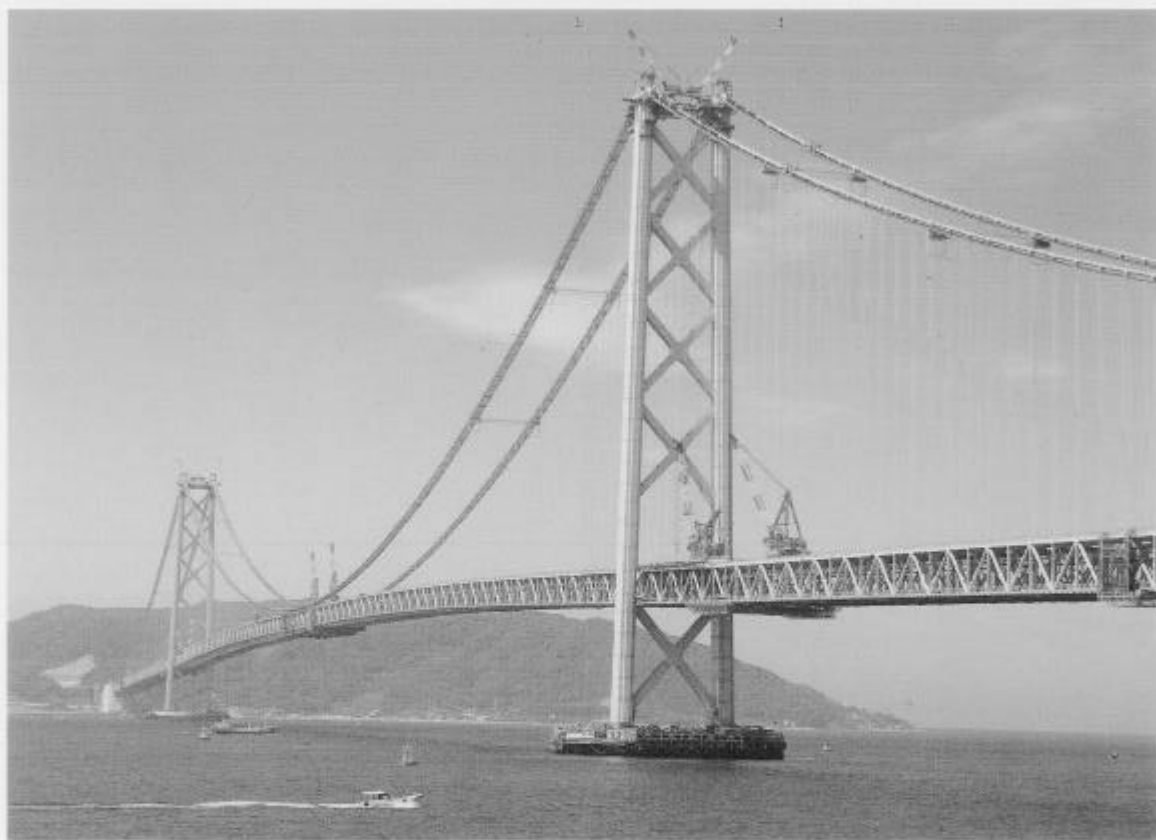
第2 ボスボラス橋 (石川島播磨重工業株提供)



Humber橋 (古屋信明氏提供)



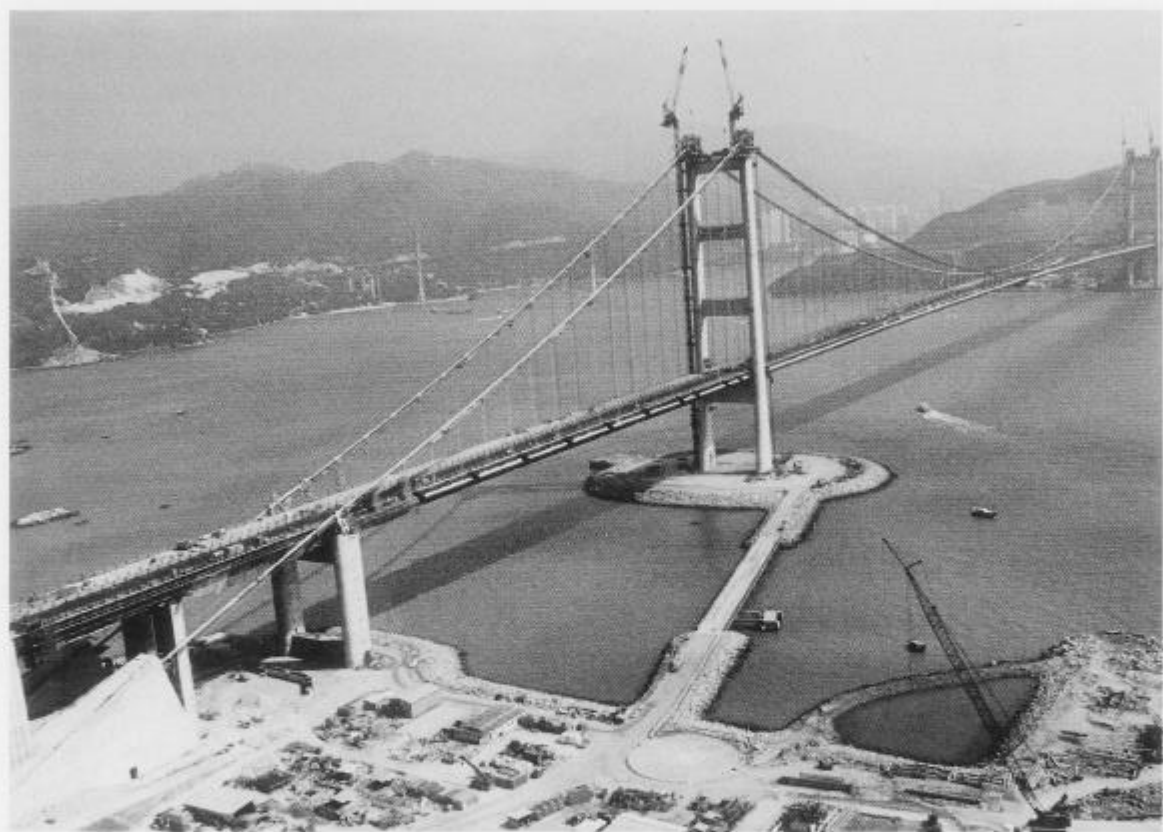
白鳥大橋（北海道開発局提供）



明石海峡大橋（本州四国連絡橋公団提供）



セバーン橋



青馬大橋・香港（三井造船(株)提供）

まえがき

土木学会鋼構造委員会では、1972 年より鋼構造進歩調査委員会を設置して、鋼構造物の設計、製作、施工および材料に関する進歩、発展の過程を調査している。

調査の対象とした鋼構造物は、橋梁を中心に海洋構造物、鋼製サイロ、水圧鉄管、石油タンク等広範囲に及んでおり、調査結果を土木学会誌への発表や鋼構造シリーズとして出版という手段で発表してきた。

1987～1990 年には、「斜張橋の変遷に関する調査」を実施し、その成果を鋼構造シリーズ 5「鋼斜張橋—技術とその変遷—」として出版し、その講習会も行ってきた。

1991 年から新しいテーマで始めることになり、過去 18 年間に調査した項目を逐一検討した結果、最終的に残された大きなテーマである「吊橋」を取り上げることになった。

「吊橋」については世界的に研究されており、その進歩の過程もいろいろ報告されているので、今さら何を調査するのかという議論もあったが、「鋼斜張橋—技術とその変遷—」と同じ要領での調査報告書がないので、この線で進歩調査を実施することとなった。

1992 年 1 月に「吊橋の進歩調査分科会」を設置し、4 月から調査を開始した。

当初、紀元前の中国の吊橋から、建設中の吊橋までの 200 橋以上の橋の調査を行ったが、調査の過程で資料の入手が困難であったり、内容の確認が不十分なものもあったりして、報告書にまとめることができたのは半数以下となった。もちろん、本州四国連絡橋の「明石海峡大橋」や「来島大橋」などの最新の情報も含めるよう努めた。

1994 年 5 月に第一次原案がまとまったのを機会に、鋼構造委員会の委員の方を中心に、吊橋に造詣の深い方々に見ていただき、いろいろご意見を賜り、ご指導をいただいた。ここに深く感謝の意を表します。

報告書をまとめる段階の 1995 年 1 月に、阪神・淡路大震災が発生し、執筆担当者の多くが、官公庁や、民間会社の橋梁関係の実務者であったため、災害復旧業務に忙殺されることとなり、作業が大きく影響される結果になった。このため予定より若干出版が遅れることとなったが、ご容赦いただきたい。

このように本研究は、鋼構造進歩調査小委員会の中に設置された「吊橋の進歩調査分科会」の篠原主査、大岩副主査を中心とする各委員の精力的な活動によってその成果を得ることができた。本務多忙の中での分科会委員各位の努力に対して、心から謝意を表したい。

1996 年 3 月

土木学会鋼構造委員会
鋼構造進歩調査小委員会
委員長 三 浦 邦 夫

土木学会鋼構造委員会
鋼構造進歩調査小委員会 (敬称略, 50 音順)

委員長	三浦 邦夫	ショーボンド建設(株)	委 員	中垣 亮二	日立造船(株)
委 員	大岩 浩	(株)宮地鐵工所	〃	山寺 徳明	首都高速道路公団
〃	加藤 正晴	ショーボンド建設(株)			
〃	坂井 藤一	川崎重工業(株)	前委員	今井 功	日立造船(株)
〃	篠原 洋司	住友重機械工業(株)	〃	三宅 勝	三菱重工業(株)

吊橋の進歩調査分科会 (敬称略, 50 音順, ○印：幹事兼務)

主 査	篠原 洋司	住友重機械工業(株)	委 員	萩生田 弘	三井造船(株)
副主査	大岩 浩	(株)宮地鐵工所	〃	藤原 博	日本道路公団
委 員	○今井 孝義	日立造船(株)	〃	北条 哲男	新日本製鐵(株)
〃	岩崎 泰彦	建設省	〃	○森本 千秋	川崎重工業(株)
〃	○内海 靖	川田工業(株)	〃	○山本 利生	三菱重工業(株)
〃	萩原 勝也	建設省			
〃	尾下 里治	(株)横河ブリッジ	前委員	片山 哲夫	川田工業(株)
〃	○加藤 久人	日本鋼管(株)	〃	金崎 智樹	本州四国連絡橋公団
〃	○奥 守	(株)宮地鐵工所	〃	川畑 篤敬	日本鋼管(株)
〃	○田口 俊彦	住友重機械工業(株)	〃	日下部毅明	建設省
〃	田嶋 仁志	首都高速道路公団	〃	久保田清数	首都高速道路公団
〃	○鳥海 隆一	本州四国連絡橋公団	〃	木暮 深	首都高速道路公団
〃	能勢 卓	石川島播磨重工業(株)	〃	鈴木 周一	本州四国連絡橋公団
〃	橋田 芳朗	(株)神戸製鋼所	〃	仁木 清貴	建設省

(前委員については当時の所属)

吊橋——技術とその変遷——

目 次

1. 吊橋の歴史と展望	1
1.1 吊橋の起源	1
1.2 近代吊橋の誕生	2
1.3 海外における吊橋の発展	3
1.4 日本における吊橋の発展	4
1.5 本州四国連絡橋と長大吊橋	6
1.6 今後の展望	7
2. 吊橋の設計	11
2.1 設計一般	11
2.1.1 吊橋の形式と特徴	11
2.1.2 理論と設計の変遷	13
2.1.3 設計の手順	16
2.2 解析	16
2.2.1 概説	16
2.2.2 古典的吊橋理論	19
2.2.3 現代の解析法	23
2.3 部材設計	28
2.3.1 概説	28
2.3.2 荷重および構造解析	29
2.3.3 補剛桁	31
2.3.4 主塔	42
2.3.5 ケーブル	51
2.3.6 アンカレイジ	59
2.3.7 維持管理設備	59
2.4 耐風設計	61
2.4.1 概説	61
2.4.2 耐風設計	62
2.4.3 耐風対策	66
2.5 耐震設計	68
2.5.1 概説	68
2.5.2 耐震設計の基本的な考え方	69
2.5.3 設計に考慮すべき地震力	70

目 次

2.5.4	動的応答解析	72
2.5.5	レインボーブリッジ補剛桁の耐震設計	73
2.5.6	明石海峡大橋主塔の耐震設計	75
2.6	検証実験	77
2.6.1	概 説	77
2.6.2	検証実験法の変遷	77
3.	吊橋の製作	83
3.1	ケーブル	83
3.1.1	材料の変遷	83
3.1.2	製作方法の変遷	85
3.1.3	現在の製作方法	85
3.2	主塔および補剛桁	89
3.2.1	鋼材の変遷	89
3.2.2	製作方法の変遷	91
3.2.3	現在の製作技術	94
4.	吊橋の架設	103
4.1	吊橋架設の変遷	103
4.1.1	吊橋の架設概要	103
4.1.2	架設方法の変遷	105
4.2	主塔工事	108
4.2.1	概 説	108
4.2.2	主塔基部の架設	108
4.2.3	塔柱の架設	109
4.2.4	精度管理	113
4.2.5	制振対策	113
4.3	主ケーブル工事	115
4.3.1	概 説	115
4.3.2	渡海作業	116
4.3.3	架設設備の設置	117
4.3.4	主塔（塔頂サドル）のセットバック	120
4.3.5	主ケーブルの架設	121
4.3.6	主ケーブル架設以後の作業	123
4.3.7	施工管理	125
4.3.8	中小吊橋の架設	125
4.4	補剛桁工事	126
4.4.1	概 説	126
4.4.2	架設単位	126
4.4.3	架設機材	127

目 次

4.4.4 架 設 順 序	129
4.4.5 補剛桁の連結方法	131
4.4.6 精 度 管 理	132
4.4.7 南備讃瀬戸大橋の補剛桁の架設概要	133
5. 吊橋の維持管理	137
5.1 吊橋の維持管理	137
5.2 吊橋の点検調査	138
5.3 吊橋の損傷事例とその補修	139
5.3.1 Williamsburg 橋主ケーブルの点検調査および補修	139
5.3.2 既設吊橋の技術的課題とその対策例	142
6. 吊橋の実績調査	145
7. 吊橋技術の変遷年表	243
8. 参 考 文 献	249
あ と が き	263
和 文 索 引	265
英 文 索 引	268