

日米の大型橋梁プロジェクトの建設マネジメントの比較

—瀬戸大橋とゴールデンゲート橋、サンフランシスコ・オークランド・ベイ橋の事例—

東洋大学 中川良隆

By Yoshitaka Nakagawa

本研究は瀬戸大橋とゴールデンゲート橋、サンフランシスコ・オークランド・ベイ橋を主に、東京湾横断道路、安芸灘大橋等の海上長大有料橋の建設マネジメントを比較して、わが国のこれからの海上長大連絡路建設事業の効率的な施行を検討することを目的としたものである。まずこれらの事業・技術の特徴について述べる。次にこれらの事業の工程・工費・安全の比較を行い、マネジメントの観点から工事発注規模や発注件数による工期、人事面からのマネジメントの連続性について調べた。調査の結果、日米のプロジェクトで発注規模・発注件数・発注時期・職員の在籍期間に大きな差異があり、これらが工期及び、予算額の遵守に大きな影響を及ぼすことがわかった。検討結果を踏まえて、今後の大型建設事業の効率的な建設マネジメントを提言した。

キーワード：国際比較、大型橋梁プロジェクト、発注件数

1. はじめに

日本と海外の大型プロジェクトの建設マネジメントを比較するのに、同じような工種・規模のプロジェクトで比較するのが理解しやすい。瀬戸大橋とゴールデンゲート橋、サンフランシスコ・オークランド・ベイ橋（以下ベイ橋と称する）の建設時期は約50年異なるが、後述するように工種がほぼ同じで、同規模である。

瀬戸大橋の海上部距離は9.3km、工期9.5年で1988年4月に完成した。一方、ゴールデンゲート橋は全長2.8km、工期4.5年で1937年5月完成。ベイ橋は全長6.7km、工期3.5年で1936年11月に完成した。サンフランシスコの両橋の発注者は異なるが共に急速施工である。両橋は合計で9.5kmとなり、瀬戸大橋と規模において遜色ない。瀬戸大橋は大きなコストオーバーランを発生したが、サンフランシスコの両橋は、ほとんど予算内で完成した。

本論文は前記3つの長大有料橋を主に、その他の海上長大有料連絡路の事例も比較することにより、日米の建設マネジメントを工期及び、予算額の遵守の観点から論じる。

既往の論文や報文は個々の橋梁建設技術について述べたものはあるが、建設マネジメントについて比

較したものはない。したがって本論文は将来のわが国の大規模なプロジェクトの遂行に資する。

2. 瀬戸大橋とゴールデンゲート橋、サンフランシスコ・オークランド・ベイ橋の概要

以下に3つの橋の概要を以下に示す。

(1) 瀬戸大橋¹⁾

瀬戸大橋は岡山県児島と香川県坂出を結ぶ道路・鉄道併用橋（4車線道路+複々線軌道）で、全長は9.3kmであり、3つの吊橋と2つの斜張橋、1つのトラス橋および2つの陸上高架橋で構成されている（図-1参照）。

a) 事業の特徴

1973年着工の予定であったが、石油危機のため着工が5年間延期され、1978年10月に契約し、1988年4月完成した。事業は本州四国連絡橋公団が実施。

b) 技術的特徴

以下に海上部、特に吊橋部の特徴について述べる。
①海上部基礎工事は下津井瀬戸大橋を除いて、基本的に造船所で製作した鋼製ケーソンを事前掘削した海底岩盤に据え付ける、設置ケーソン工法を採用し

工学部環境建設学科 教授 049-239-1398

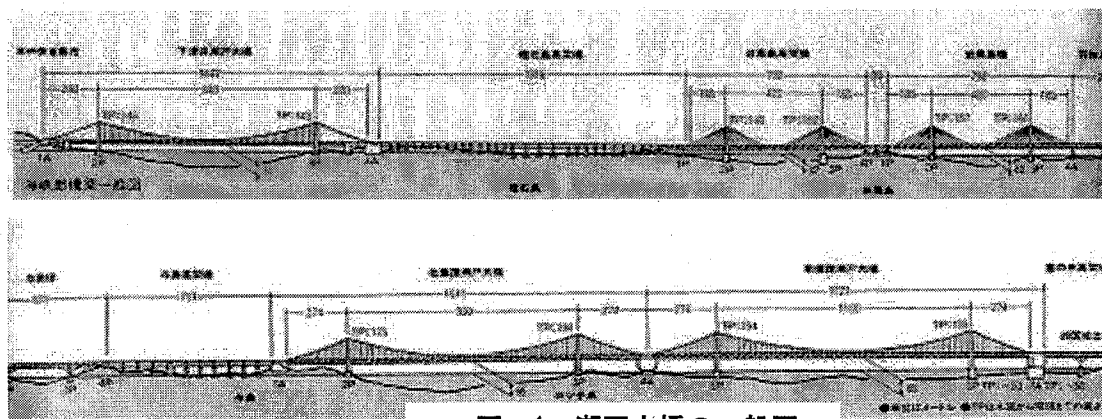


図-1 瀬戸大橋の一般図

た。ケーソン内部はプレパクト・コンクリートで充填した。潮流のもっとも早い南備讃瀬戸大橋 5 P は最速潮流 5.5 ノットで、-24mの海底地盤を-32 mまで掘り下げ、27m×57mの基礎を構築した。最大の基礎 7 A (75m×59m) は-16mの地盤を -50m迄掘り下げた。最速潮流は2ノットであった。②橋脚・橋台は中実の鉄筋コンクリート構造である。③3つの吊橋のうち下津井瀬戸大橋はエアースピニング工法、南北備讃瀬戸大橋はプレハブ・ワイヤーストランド工法でケーブル架設をした。補剛桁は大型クレーン船による大ブロック架設と、トラベラー・クレーンによる面材架設により行った。

(2) ゴールデンゲート橋¹⁶⁾

ゴールデンゲート橋は図-2に示すようにサンフランシスコと北部郡を結ぶ中央径間 1280mの吊橋を含む6車線・全長 2.8kmの有料道路である。

a) 事業の特徴

事業主体は図-3に示すサンフランシスコを含む6郡(ナパ、メンドシノ郡は1部)の代表からなるゴールデンゲート・ブリッジ・アンド・ハイウエー・ディストリクト (GGBAHD) である。1930年11月に6つの郡の住民投票の結果、ボンド発行を認められたが、大恐慌のため資金調達が困難となり、1933年11月にやっと着工し、1937年5月完成した。

b) 技術的特徴

①図-4に示すように、2つのタワー基礎は海中部に設置された。サンフランシスコ (SF) 側橋脚は太平洋に面して、最速潮流 6.5 ノットあり、-18mの海底地盤を-31.5mまで掘り下げ、フェンダーと称する防波・防潮堤を構築し、その内部に中実の鉄

筋コンクリート基礎を作った。これが特に難工事で、工事用栈橋が何度も船舶衝突や暴風で壊された。また当初案はフェンダー内部に鋼製ケーソンを引入れる設置ケーソン工法であったが、引入れた鋼重1万トンのケーソンが暴風により破損したので、これを放棄し、フェンダー内を-11m迄トレミーコンクリートで充填し、ドライアップして基礎を構築した。②吊橋のケーブル架設はエアースピニング工法で行い、補剛桁はトラベラー・クレーンによる面材および線材架設であった。開通式の3か月前に支保工の崩壊により10人の死者を出した。しかし死亡者合計は11人であり、全工程を通してみれば安全に配慮した工事であったといえる。

(3) ベイ橋^{21) 23)}

図-2、図-5に示すように、ベイ橋はサンフランシスコとオークランドを結ぶ、全長 6.7kmの道路・鉄道併用橋である。サンフランシスコより2連の吊橋(中央径間 704m)でイエルバ・ブエナ島に渡る西橋は、全長 3,141mである。イエルバ・ブエナ島は延長 162mの2階建てのトンネルで通過。同島からオークランドは中央径間 427mのカンチレバー・トラス橋を含む全長 3,113mの東橋で構成されている。ベイ橋は建設当初6車線の普通車両、3車線の重量車両、そして複線の都市間鉄道(1970年BARTの完成により、鉄道が廃止され自動車専用となる)を擁する有料橋であった。事業および技術の特徴は以下の通りである。

a) 事業の特徴

ベイ橋はゴールデンゲート橋と違い連邦・州の合作事業であり、連邦復興資金を使用してカリフォル

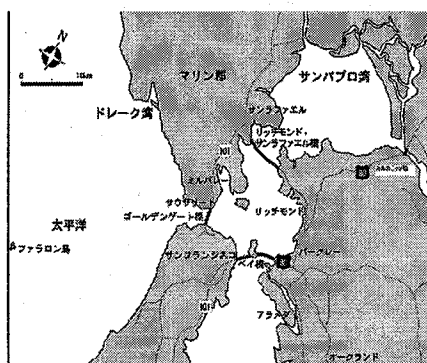


図-2 ゴールデンゲート橋とベイ橋の位置図

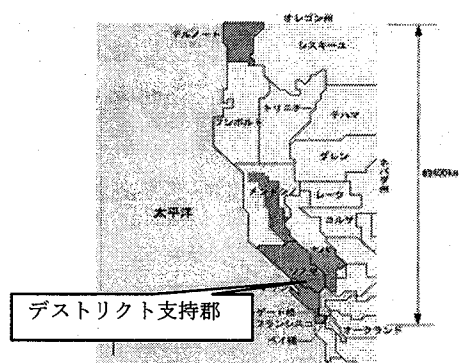


図-3 デストリクト支持郡^{16a)}

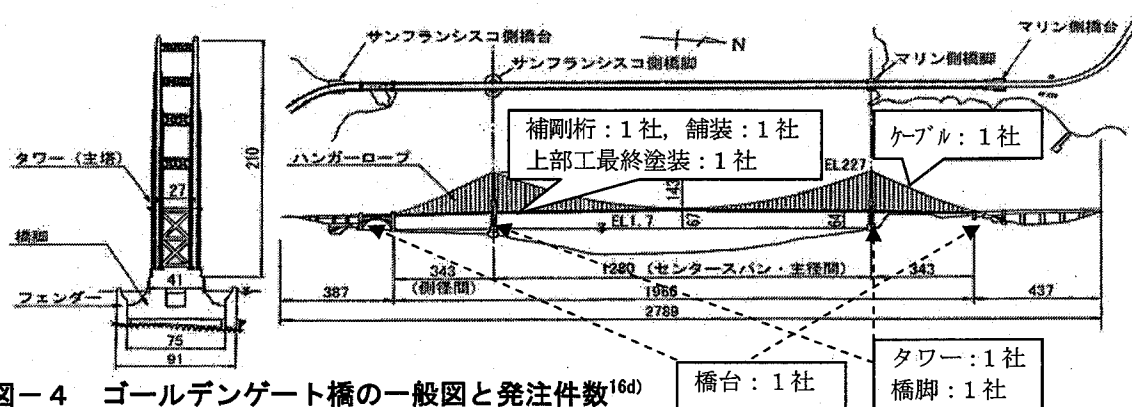


図-4 ゴールデンゲート橋の一般図と発注件数^{16d)}

ニア州有料橋公社が建設した。有料道路橋は 1933 年 4 月 28 日契約、1936 年 11 月 12 日に完成した。都市間鉄道は 1936 年 12 月契約、1939 年 1 月開業である。

b) 技術的特徴

- ①南北備讃瀬戸大橋の手本といわれる 2 連の吊橋（ベイ橋はケーブル非交差アンカレッジ。南北備讃瀬戸大橋はケーブル交差アンカレッジ）である。
- ②7 基の基礎は造船所で製作した鋼製ケーソンを使用したオープンケーソン工法で掘り下げた。W3～W6 の基礎はドームドケーソン工法を採用した。そのうち 3 基が水面下 60m 以上の大水深であった。基礎は図-5 に示すように、中空鉄筋コンクリート構造を主体とした。
- ③ケーブル架設はエアースピニング工法、補剛桁架設はブロックの直下吊工法である。

3. 工程、工費、安全の比較

3 橋の工程、工費、安全を比較検討するために事業概要を表-1 に示す。構造形式の違いはあるが、同表から分かるように、コンクリートと鋼材の数量

は瀬戸大橋に比較して、(ゴールデンゲート橋+ベイ橋) は約 60% である。

(1) 工事期間

数量等の違いはあるが、以下に示す様に瀬戸大橋に比較して、ゴールデンゲート橋、ベイ橋は急速施工であった。

a) 瀬戸大橋

図-6 に瀬戸大橋最大の吊橋である、南備讃瀬戸大橋の工程を示す。表-2 に示すように南備讃瀬戸大橋 5 P 橋脚とゴールデンゲート SF 側橋脚の施工数量・条件および、南備讃瀬戸大橋とゴールデンゲート橋の上部工の鋼材重量は遜色ないことが分かる。そこで南備讃瀬戸大橋とゴールデンゲート橋の工程比較のために図-6 を用いて、5 P 橋脚工事+南備讃瀬戸大橋上部工工事の工期算定をした。5 P 基礎工事は瀬戸大橋海峡部工事のパイロット工事の役割を担って最初に工事が行われた。このため途中で工程調整の作業休止期間があった。これを考慮して算定すると以下の通りである³⁾。

・5P 下部工工事は 1978 年 10 月契約、1983 年 11 月完成である。工程調整は海中コンクリートと気中

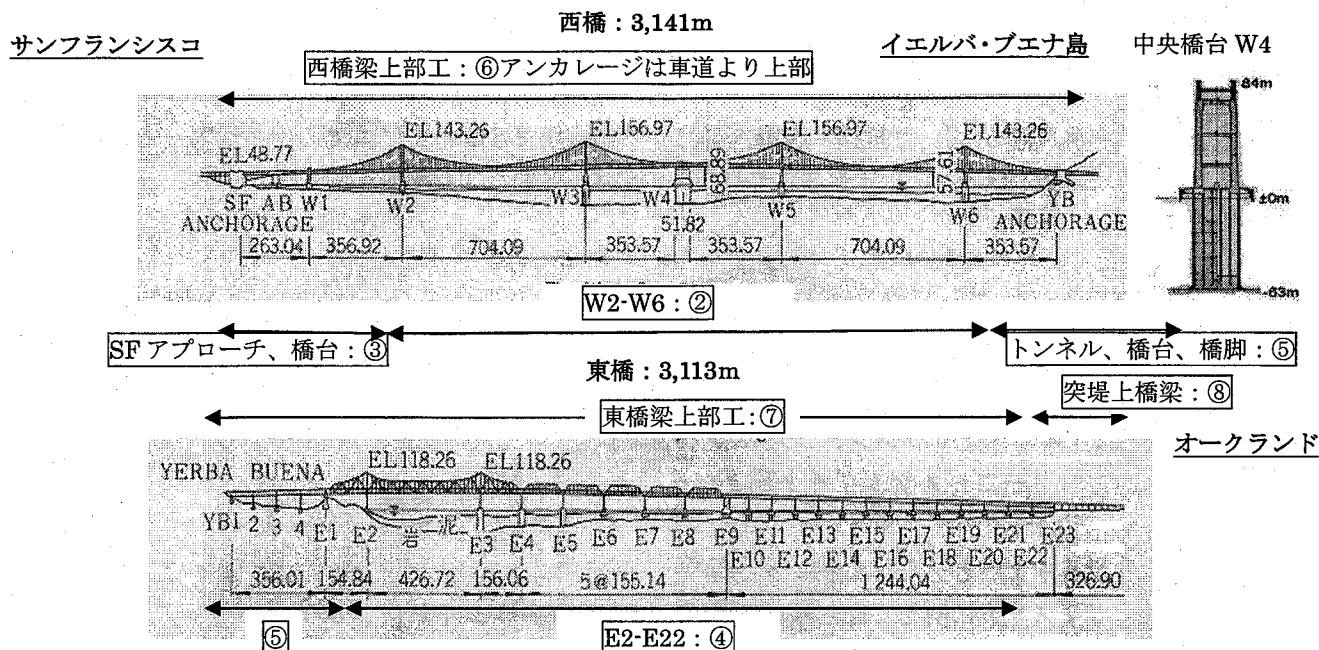


図-5 バイ橋 一般側面図と主要工事区分け (②～⑧は発注番号)

表-1 瀬戸大橋とゴールデンゲート橋、バイ橋の比較

	瀬戸大橋 ¹⁾	ゴールデンゲート橋 ^{1b)}	バイ橋梁 ²⁾
規模	道路鉄道供用部 9.3km (鷺羽山～番の州)	2.8km (サンフランシスコ郡～ マリン郡)	6.7km (サンフランシスコ～ オークランド)
主要橋梁等	海峡部 9.3km (吊橋 3 連：中 中央径間 1100m、990m、920m。 斜張橋：中央径間 420m 2 連)	吊橋：中央径間 1280m	西橋 3141m 内、中央径間 704m 吊橋 2 連)。トンネル 162m。東橋 3113m (内、 中央径間 428m トラス橋 1 連)。
用途	道路 (4 車線)・鉄道 (複々線)	道路 (6 車線)	道路 (9 車線)。都市間鉄道複線
事業主体	本州四国連絡橋公団	GGBAHD	カリフォルニア州有料橋公社
工期 (契約～ 完成)	53.10.7～63.4.10 (9.5 年)	1932.11～1937.5.27 (4.5 年)	1933.4.28～1936.11.12 (3.5 年)
事業予算 (注)	3346 億円 (1973.10) ^{2a)} 13.6km	3500 万 \$ (1930.8.) ^{16d)}	道路 (6462 万 \$) 鉄道 (1012 万 \$) (1932) ²³⁾ (注)
実施事業費 (注)	8230 億円 (1988.3) ^{2a)} 13.1km	3367 万 \$ (1938.1) ^{16d)}	道路 (5982 万 \$) 鉄道 (1870 万 \$) (1936) ²⁸⁾
発注工事 件数	148 件 (JV118 件。単独 30 件 [内土木工事 20 件]) (注)	11 件 (内 2 件は電気工事、 管理棟)。うち JV 1 件	有料道路橋部分 22 件 (内 11 件は交通、 防災、管理棟工事)。内 JV 2 件
数量対象距離	9.3km (鷺羽山～南備讃 7A)	2.8km	6.7km
コンクリート	200 万 m ³	29.7 万 m ³	76.4 万 m ³ 。セメント 20 万 m ³
鉄筋	9.3 万トン	?	2.7 万トン
構造鋼材	30.5 万トン	7.5 万トン	13.6 万トン
PC 鋼材	1.0 万トン	0	0
ケーブル	6.5 万トン	2.2 万トン	1.7 万トン
鋼材計	47.3 万トン	9.7 万トン	18 万トン
死亡事故/ 延労働時間	18 人/7004 万時間	11 人/2500 万時間 (1937 年 2 月 17 日時点：完成 3 月前)	24 人/5485 万時間

注) * 瀬戸大橋は契約金額 3 億円以上の土木工事。バイ橋の鉄道部分は 1932 年時点で駅位置未定で概算である。

* 日米為替レートの比較は時代の違いがあり困難であるが、参考のため以下の数字を示す。米国消費者物価指数は、ゴールデンゲート、バイ橋完成時の 1936、1937 年は瀬戸大橋完成時 1988 年に対して 1/8.3 であった。瀬戸大橋着工時の 1978 年、為替レートは 1 ドル 176 円。完成時の 1988 年は 1 ドル 120 円であった。

コンクリートの間の約 23.5 か月間。工程調整の期間を抜いた 5 P 下部工工事期間は 38 か月間。

- ・ 5 P のタワー工事は遅れている 6 P との調整があり、1984 年 3 月に始まり、南備讃瀬戸大橋の上部工工事は 1988 年 4 月に完了した。したがっ

て上部工工事は 49 か月で完了した。ただし、南北備讃瀬戸大橋は 4 A が交差アンカレージであるので、北備讃瀬戸大橋のケーブル架設 (1985. 9.7～1985. 12.12) が先行し、南備讃瀬戸大橋のケーブル架設 (1985. 12.18～1986. 4.29) が

後行した。北備讃瀬戸大橋のケーブル架設期間を除くと、46 か月間となる。

- 下部工と上部工の工期を合計すると、84 か月（7 年間）である。なお下部工工事は発破用の穿孔工事および、底面仕上げ工事は昼夜作業であった。

b) ゴールデンゲート橋¹⁶⁾

ゴールデンゲート橋は工期 4.5 年で、工事は昼間作業であった。その工事工程を図-7 に示す。同図より SF 側橋脚工事 24 か月間、SF 側タワー工事を含み上部工工事は 2 年半の急速施工である。しかしこの間に前記した SF 側橋脚工事の遅延、ケーブルバンド品質不良による再製作のための遅延（2 か月間）、さらに舗装工事期間の大災害による遅延等があった。

c) ベイ橋²¹⁾

有料道路橋部分は工期 3.5 年である。工事の内、オープンケーソンの沈降作業とケーブル架設は昼夜作業であった。

(2) 工事費の変動

表-1 を基に工事費の変動を検討する。以下に示すように、デフレーター調整しても、瀬戸大橋は大きなコストオーバーランをしている。ゴールデンゲート橋は大恐慌による物価下落の影響もあるが予算内に、ベイ橋もコストオーバーランをしていない。

a) 瀬戸大橋^{2a)}

1973 年 10 月に策定した供用部 13.6km（鷺羽山～番の州）の予算は 3346 億円であったが、物価上昇等により、1988 年 3 月完成時点の実施工事費は供用部 13.1km（区間変更）で 8230 億円となった。なおこの間の物価上昇は、建設工事デフレーター（建設総合 1995 年基準）で 1973 年 48.0。図-9 に示す発注最盛期の 1983 年は 83.4。工事完了の 1988 年は 87.4 である。3346 億円を 1983 年換算すると 5814 億円、1988 年換算すると 6092 億円となる。

b) ゴールデンゲート橋^{16 d) 22)}

1930 年 8 月に策定した予算は 3500 万ドルであり、1937 年 5 月の完成時の実施工事費は 3367 万ドルで予算内であった。この間の物価上昇は大恐慌の物価下落があり、1983 年を基準（100）とした消費者物価指数は、1930 年 16.7、1937 年 14.4 である。したがって 1930 年の 3500 万ドルを完成時の 1937 年に換算すると 3018 万ドルとなる。

c) ベイ橋^{22) 23) 28)}

1932 年策定の有料道路橋の予算は 6462 万ドルで、1936 年の完成時は 5983 万ドルであった。この間の物価上昇は大恐慌後の立ち直りで、1983 年を基準（100）とした消費者物価指数は、1932 年 13.7、1936 年 13.9 である。したがって 1932 年の 6462 万ドルを完成時の 1936 年に換算すると 6556 万ドルとなる。

表-2 ゴールデンゲート橋と南備讃瀬戸大橋の主要数量、橋脚の施工方法等の比較

			ゴールデンゲート橋 ²⁹⁾	南備讃瀬戸大橋 ¹⁾
吊橋全体比較	橋長(m)		343+1280+343	274+1100+274
	上部工 鋼材重量 (トン)	吊構造鋼重	2.2 万	4.3 万
		ケーブル	2.2 万	2.5 万
		タワー	4.0 万	1.9 万
		鋼材重量 計	8.4 万	8.7 万（舗装用+0.4 万）
	コンクリート体積		25.7 万 m ³	61.3 万 m ³
橋脚の比較	検討基礎名称		SF 側橋脚	5P 橋脚
	基礎の規模		75m×30m×44m：楕円形 基礎設置高（-30.5m）	57m×27m×42m：矩形 基礎設置高（-32m）
	下部工 海象条件と施工法	海象条件	潮流 6.5 ノット（太平洋に面する）	潮流：5.5 ノット（瀬戸内海）
		海底発破	貼付発破+穿孔装薬有線発破（台船使用）	大型 SEP によるオーバーバーデン工法 無線起爆発破
		海底掘削	4 m ³ 級グラブ船	25m ³ 級グラブ船
上部工施工法	基礎工法		フェンダー+鋼製設置ケーソン（当初案）	鋼製設置ケーソン
	ケーブル 補剛桁	ケーブル	エアースピニング	プレハブ・ワイヤーストランド
		補剛桁	面材+線材架設（トラベラークレーン： 73t×23m）	クレーン船大ブロック架設+面材架設 （トラベラークレーン：120t×30m）

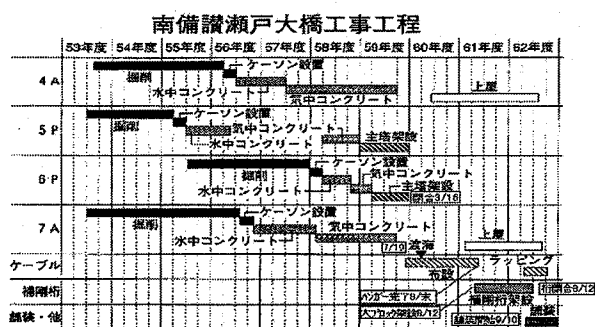


図-6 南備讃瀬戸大橋の工事工程^{1b)}

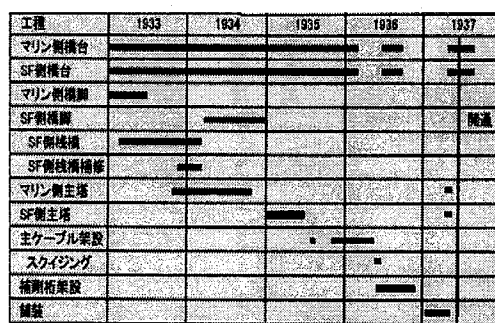


図-7 ゴールデンゲート橋の工事工程¹⁷⁾

(3) 安全成績

表-1 を基に安全成績を検討する。以下に示すように、ゴールデンゲート橋とベイ橋は瀬戸大橋と 50 年間の差があるにも拘らず、安全成績は瀬戸大橋に比べて劣るが、しまなみ海道にはまさっている。

a) 瀬戸大橋^{2b)}

延べ労働時間 7004 万時間に対して死亡者は 18 人、死亡者 1 人当たり 389 万時間であった。ちなみに本州四国連絡橋 3 ルートの内、安全成績の最も悪かった、しまなみ海道では 1998 年 6 月の作業用工事桁落下により 7 人の死者を出した。その結果、延べ労働時間 2833 万時間に対して 13 人の死亡者となり、死亡者 1 人当たり 218 万時間であった。

b) ゴールデンゲート橋^{18b)}

コンクリート舗装用支保工台車崩壊転落による 10 人死亡の事故が起きた、1937 年 2 月 17 日時点の延べ労働時間数は 2500 万時間であった。これを完成の 1937 年 5 月 27 日まで比例延長すると、2652 万時間である。全死亡者数は 11 人であり、死亡者 1 人当たり 241 万時間である。

c) ベイ橋^{18a)}

延べ労働時間 5485 万時間に対して死亡者は 24 人で死亡者 1 人当たり 229 万時間である。

4. マネジメントの比較

3. で調査した工程・工費・安全が発注規模や件数、事業主体の人事等のマネジメントに関連するものと仮定し以下の比較を実施した。

(1) 工事発注規模の比較

a) 瀬戸大橋^{1a)}

表-1 に示すように海峡部 9.3 km の 3 億円以上の

土木工事発注件数は 148 件である。そのうち 118 件は JV であり、30 件が単独会社への発注であった。

図-8 に南備讃瀬戸大橋で工程上のクリティカルとなった 6P 橋脚、7A 橋台と 6P タワー、吊構造の発注件数を示す。6P 橋脚、7A 橋台工事は各々同一 JV が継続で 4 回契約している。またタワー及びケーブルは製作と架設を各々同一 JV が契約している。1 つの仕事を幾つにも分割しているのは長々期債務負担行為が困難なためでもある。このように多くの受注者がいることは、工程調整、安全管理の面で大変である。

図-9 に全発注金額に対する経年の発注金額比率を示す。同図からわかるように、数多くの工事に細分しているので発注のピークは工事期間の中ほどになっている。同図には本四連絡橋以外で最長の吊橋・安芸灘大橋と第二位の吊橋・関門橋さらに東京湾横断道路についても併記している。図からわかるように同様の傾向である。

b) ゴールデンゲート橋

表-1 に示すように全体で発注件数は 11 件。うち土木工事は 9 件である。吊橋部分は図-4 に示すように 7 件の発注であった。これらの入札は着工の 2 月前の 1933 年 10 月に行われた。それは 1930 年のボンド発行信任投票の際に、チーフ・エンジニアのシュトラウスが 2717 万ドル^{16b)}の予定工事費を超過したら着工しないと公約したためである。1933 年 10 月時点の工事費総計は 2384 万ドル^{16c)}であった。

大規模少数件数の発注で初期に大部分の工事を発注したため、予算と実施の対比が容易であり、予算管理はし易かった。

c) ベイ橋²⁸⁾

1934 年 3 月の ENR にチーフ・エンジニアのパーセルは「独立採算方式のプロジェクトであるので、7500 万 \$ の予算の超過は許されない」²⁶⁾と記述している。パーセルは事業の全期間に中心人物として関わり、この精神がプロジェクト遂行に浸透し、大規模少数件数発注による効率化を目指した。

表一1 に示すように全体で 22 件の発注件数で、内 11 件は交通・防災・管理棟関係である。22 件の工事には維持管理用機械や交通標識等の小型工事も含まれ、瀬戸大橋と同じ規模（1 件当り発注金額／建設事業費：瀬戸大橋の場合 3 億円／8230 億円）で足切りをすると、15 件となる。土木工事の内、JV 工事は東橋・西橋下部工々事の 2 件であった。

これらは -60m を超す大水深基礎工事が多数あり、ジョイント・ベンチャーにふさわしい工事である。また東橋・西橋上部工々事は別契約であるが、競争入札でコロンビア・スチール社が獲得した。有料道路橋の主要工事の入札は工事着工前の 1933 年 2 月に行われたため、予算管理はやり易かった（初期の 2 か月間に工事請負金額の約 80% を発注）。図

一5 に示すように大規模の工区割りで、基本的に橋梁の上下方向に下部工・上部工工区の 2 つに分かれ、異工種を並行作業で行うことが可能なため、工程短縮に結び付いた。

(2) 発注件数の違いによる工期短縮の可能性^{3)~9), 27)}

以下にベイ橋の大規模少数件数の発注が工期短縮に結びついたことを、南備讃瀬戸大橋との比較で表一3、4 を用いて示す。

a) ベイ橋

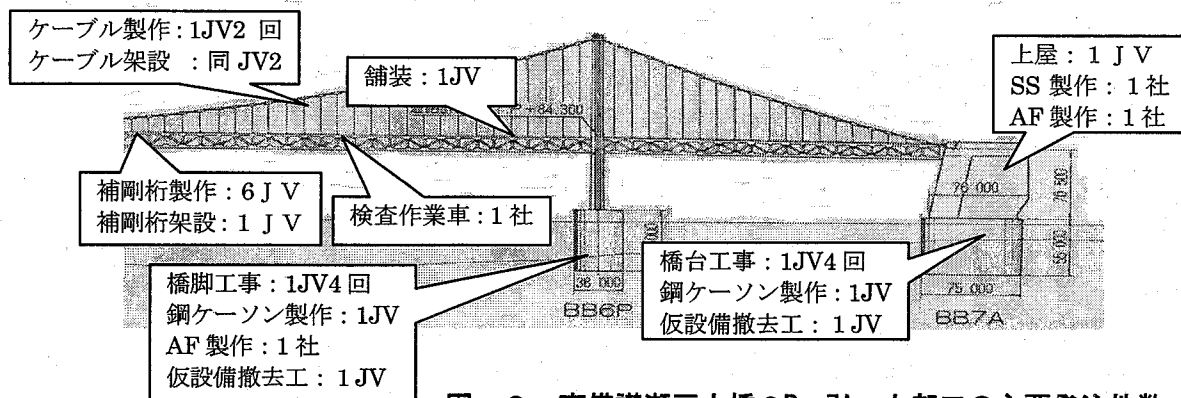
①橋台・タワー完了～パイロットロープ架設

W4 がクリティカルであり、1935 年 6 月 12 日完了前に、西橋は 3 月 27 日にパイロットロープ渡海。遅れた東橋は 7 月 15 日（+33 日後）にパイロットロープの渡海をした。

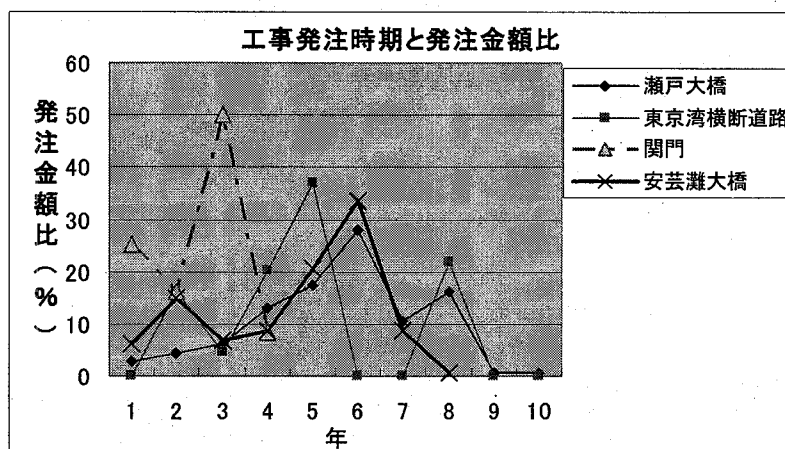
②ハンガーロープ完了～補剛桁架設

・西橋：ハンガーロープ完了は 1936 年 1 月 30 日で、補剛桁架設開始は 1935 年 12 月 18 日であった。この間で▲43 日の差異がある。

・東橋：ハンガーロープ完了（1936. 4. 11）。補剛桁架設開始（1936. 2. 20）▲51 日



図一8 南備讃瀬戸大橋 6P・7A・上部工の主要発注件数^{1a)}



図一9 工事契約時期と発注金額比^{1a) 11) 13) 14)}

- ◆瀬戸大橋供用部（除番の州）
工事金額 5875 億円：
契約金額 3 億円以上
1978～1987（発注時期）
- 東京湾横断道路：
工事金額 7463 億円：
契約金額 3000 万円以上
1988～1997（発注時期）
- △関門橋（中央径間 712m）：
工事金額 149 億円：
1968～1972（発注時期）
- ×安芸灘大橋（中央径間 750m）：
工事金額 350 億円
契約金額 1 億円以上
1988～2000（発注時期）

表-3 南備讃瀬戸大橋³⁾～⁹⁾とベイ橋²⁷⁾の異工種の重複度合い

工種	南備讃瀬戸大橋	北備讃瀬戸大橋	ベイ西橋・西	ベイ西橋・東
塔頂サドル据付完了 (閉合)	5P: 1985. 2. 7 6P: 1985. 3. 16	2P: 1984. 10. 26 3P: 1984. 4. 25	W2: 1934. 4. 1 W3: 1934. 5. 10	W5: 1934. 11. 30 W6: 1934. 7. 10
アンカレッジ完了	4A 最終コンクリート: 1985. 2. 1 7A 最終コンクリート: 1985. 1. 26		W4 完了: 1935. 6. 12	
パイロットロープ渡海	5P-6P: 1985. 7. 26	2P-3P: 1985. 3. 30	1935. 3. 27	1935. 7. 15
ケーブル架設開始～終了	1985. 12. 18 ~ 1986. 4. 29	1985. 9. 7 ~ 1985. 12. 12	1935. 6. 15 ~ 1935. 10. 16	1935. 11. 12 ~ 1936. 1. 20
ケーブル締付開始～終了	1986. 5 初. 開始		～1935. 11. 12 終了	～1936. 2. 4 終了
ハンガーロープ: 取付開始～終了	～1986. 8 末. 終了		～1936. 1. 30 終了	～1936. 4. 11 終了
補剛桁架設開始～終了	大ブロック架設: 1986. 8. 12. 9. 1 閉合: 1987. 8. 12	閉合: 1987. 3. 15	1935. 12. 18 ~ 1936. 6. 24	1936. 2. 20 ~ 1936. 6. 30
舗装開始～終了	研磨. グース AS1987. 9. 10-12. 8	研磨. グース AS1987. 9. 15	1936. 6. 18～1936. 10. 14	

③補剛桁完了～舗装開始

- ・西橋: 補剛桁完了は 1936 年 6 月 24 日で、舗装開始は 1936 年 6 月 18 日であった。この間で▲6 日の差異がある。
- ・東橋: 補剛桁完了 (1936.6.30) ～舗装開始 (?)

b) 南備讃瀬戸大橋

①橋台・タワー完了～パイロットロープ架設

- ・6P タワー架設がクリティカルであり、6P タワーは 1985 年 3 月 16 日に完了した。5P-6P 間が 7 月 26 日に渡海した。タワー完成から+125 日後にパイロットロープ渡海をした。

②ハンガーロープ完了～補剛桁架設

- ・ハンガーロープ完了は 1986 年 8 月末であった。補剛桁架設開始はクレーン船による大ブロック架設で 1986 年 8 月 12 日に行われた。この間で▲19 日の差異があった。

③補剛桁完了～舗装開始

- ・補剛桁完了は 1987 年 8 月 12 日であり、舗装開始は 9 月 10 日に行われた。この間で+29 日の差異があった。なお南備讃瀬戸大橋は鉄道部分がクリティカルであり、道路部分を急速に仕上げる必要性は少なかった。

c) ベイ橋と南備讃瀬戸大橋の発注ロットの違いによる工程重複日数の評価

表-4 に示すようにベイ橋は前記 a) の検討で 16 日間の工程上の重複が可能であった。

一方、南備讃瀬戸大橋では b) の検討で 135 日間の工程上のアイドルタイムが算出された。したがって両橋の差は 16+135=151 日となる。

表-4 ベイ橋と南備讃瀬戸大橋の工程重複日数

	ベイ橋	南備讃瀬戸大橋
タワー架設閉合～パイロットロープ渡海	+33 日	+125
ハンガーロープ完了～補剛桁架設	▲43	▲19
補剛桁閉合～舗装開始	▲6	+29
	▲16	+135

(3) マネジメントの連続性

以下に各プロジェクトの事業主体の職員の在職年数について比較検討する。

a) 瀬戸大橋

南北備讃瀬戸大橋を担当した本四公団坂出工事事務所職員及び安芸灘大橋架橋事務所職員の在籍年数を図-10 に示す。東京湾横断道路株式会社職員の平均在職期間約 2 年間¹²⁾に比べて長期間である。

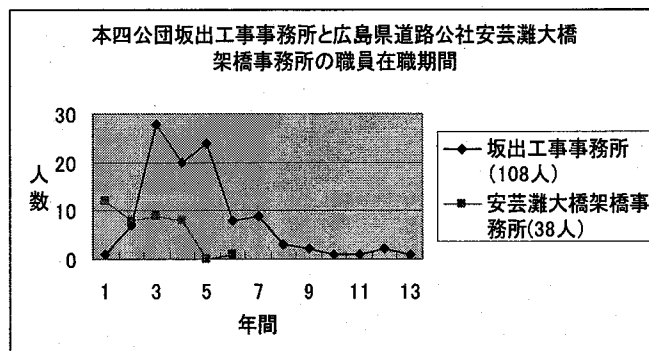


図-10 瀬戸大橋、安芸灘大橋の人事^{10、14)}

b) ゴールデンゲート橋¹⁵⁾

チーフ・エンジニアのシュトラウスは 1929 年 8 月公募で選定され、工事完了の 1937 年 5 月まで在職した。彼はサンフランシスコ郡が 1919 年 8 月に募集したゴールデンゲート架橋計画に 1921 年 6 月最低価格の計画を提出した。GGBAHD の前身の

架橋促進協議会のコンサルタントを1923年から務め、架橋促進運動を行っていた。したがってシュトラウスは合計18年間架橋活動に携わっていた。

プリンシパル・アシスタント・エンジニアのクリフォード・ペイン²⁰⁾は1921年からシュトラウス社で架橋計画を行っていた。また現場主任監督員のラッセル・コーン¹⁹⁾は1934年2月より工事終了まで働いた。このように架橋計画、現場監督の主要メンバーは長期間直接、架橋の職務に従事した。

c) ベイ橋^{24) 25)}

チーフ・エンジニアのパーセルは1928年2月にヤング州知事の依頼で州のハイウエー・エンジニアに転職し、架橋促進のために設置されたフーバー委員会の事務局長として架橋計画の取りまとめをした。彼は1931年8月、カリフォルニア州有料橋公社のベイ橋建設のチーフ・エンジニアに指名され、工事完成の1939年7月まで従事していた。従って彼は合計11年半の架橋活動をした。

ブリッジ・エンジニアのチャールス・アンドリュースもほぼ同期間、パーセルと行動をとにした。ベイ橋でも架橋計画、現場監督の主要メンバーは長期間架橋の職務に従事した。

5. 結果と考察

日米の3つの橋梁をマネジメントの観点から検討した結果を以下に示す。

(1) 結果

a) 工事の発注規模と発注件数、発注時期

①米国の2プロジェクトは瀬戸大橋に比べ大規模少数件数の発注である。

②米国の2つのプロジェクトは工事着手初期に請負工事の大半の金額の工事を発注している。一方、瀬戸大橋、安芸灘大橋、東京湾横断道路、関門橋は工期半ばで50%を超す状況である。日米のこの差異は発注件数の差異による。

b) プロジェクトの管理者の在籍期間

米国の2プロジェクトはチーフ・エンジニアをはじめとした事業主体の管理者が事業の計画段階から工事完成まで変動しなかった。一方、瀬戸大橋も東京湾横断道路や安芸灘大橋と同様に事業主体の工事従事者の在籍期間は短い。

c) 事業予算の遵守

米国の2つのプロジェクトはコストオーバーランを起こしていない。瀬戸大橋は大きなコストオーバーランを起こしている。米国の2プロジェクトではチーフ・エンジニアが工事開始時に目標金額の遵守を公言しているが、瀬戸大橋では確認できていない。

d) 工事期間

工事数量・施工法を考慮しても米国の2プロジェクトは瀬戸大橋に比べ急速施工である。特にベイ橋では大ロット発注により異工種のラップ作業が工期短縮に寄与している。

e) 安全成績

米国の2プロジェクトの安全成績は時代の差異を考慮すると優れている。

(2) 考察

日米の風土・時代の違いはあるが、以下の考察を得た。

①大規模発注（少数発注件数）は4. (2) に示す工期短縮の面、および施工方法の統一、発注者・受注者の管理組織の小型化等により工期・工費の縮減に有効である。

②発注者の責任技術者の長期在籍、責任技術者の明快な工費・工期の宣言は管理目標および指示系統の統一が図られ、プロジェクトの遂行に重要である。

上記の遂行にはわが国の発注者のローテーション人事および、官公需法に代表される建設工事の細分化の考え方について再考する必要がある。

6. 参考文献

参考文献の、本文での表記は「文献名と参照頁の組み合わせ」としている。例えば、文献1)のpp. 573-pp. 591はa:pp. 573-pp. 591より1a)と表示する。

1) 本四公団：瀬戸大橋工事誌, a:pp. 573-pp. 591/

b:pp. 271, 昭和63年10月

2) 本四公団：本州四国連絡橋公団30年誌, a:pp. 674/b:pp. 720, 平成12年10月

3) 本四公団：瀬戸大橋技術誌, pp. 484-pp. 486, 昭和63年10月

4) 本四公団他：南備讃瀬戸大橋塔架設工事(5P)工事報告書, pp. 1-12, 昭和60年8月

5) 本四公団他：南備讃瀬戸大橋塔架設工事(6P)工事報告書, pp. 18, 昭和60年8月

6) 本四公団他：南備讃瀬戸大橋ケーブル架設工事報告書, pp. 1-20, 昭和61年12月

- 7) 本四公団他：南備讃瀬戸大橋ケーブル架設(その
2) 工事報告書, pp. 25, 昭和 63 年 3 月
- 8) 本四公団他：南備讃瀬戸大橋補剛桁架設工事報告
書, pp. 26-7, 昭和 63 年 3 月
- 9) 日本舗道他：供用部南舗装工事報告書, pp. 23,
昭和 63 年 12 月
- 10) 坂出本四会：坂出本四会名簿, 平成 10 年 3 月
- 11) 日経コンストラクション：東京湾横断道路のす
べて, pp. 184-189, 1997 年 9 月
- 12) 中川良隆：ヨーロッパと日本の大規模海洋横断
路事業の建設マネジメントの比較, 土木学会建設マ
ネジメント研究論文集, pp. 365, 2004 年 12 月
- 13) 日本道路公団：関門橋工事報告書, pp. 238, 昭和
52 年 3 月
- 14) 広島県、広島県道路公社：安芸灘大橋工事誌,
pp. 439, pp. 493, 平成 12 年 10 月
- 15) 中川良隆：「ゴールデンゲート橋建設とチーフ・
エンジニア, シュトラウスの研究」, 土木史研究講演
集 Vol24, pp219-230, 2004
- 16) J・B・STRAUSS：「THE GOLDEN GATE BRIDGE, REPORT
OF THE CHIEF ENGINEER TO THE BOARD OF DIRECTORS
OF THE GOLDEN GATE BRIDGE AND HIGHWAY DISTRICT」,
GOLDEN GATE BRIDGE AND HIGHWAY DISTRICT, 1937. 9
a:pp. 28/b:pp. 40/c:pp. 48/d:pp. 58
- 17) Stephen Cassady：SPANNING THE GATE. The
Golden Gate Bridge, Squarebooks, 1994, pp. 38-39
- 18) Richard Dillon etc：HIGH STEEL. BUILDING THE
BRIDGES ACROSS SAN FRANCISCO BAY, Celestial Arts.
1979, a:pp. 24/b:pp. 87-88
- 19) JOHN VAN DER ZEE：The Gate. THE TRUE STORY OF
THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE GOLDEN GATE
BRIDGE, Bach imprint.com, 2000, pp. 169-171
- 20) Charles Adams：HEROES of the BOLDEN
GATE, Pacific Books, pp. 92, 1987
- 21) <http://www.smrc.parks.ca.gov/CASMRC/collections/BB/info.html>
- 22) Federal Reserve Bank of Minneapolis:
<http://woodrow.mpls.frb.fed.us/reseach/data/us/calc/hist1913.cfm>
- 23) San Francisco Oakland Bay Bridge, Report to
the California Toll Bridge Authority,
pp. 94-97, 1932 年 8 月
- 24) ENR: The San Francisco - Oakland Bay
Bridge, pp. 460, 1932 年 10 月 20 日
- 25) Social News: Nebraska Native Chief Engineer
of San Francisco -Oakland Bay Bridge, The Wilder
Republican, 1999 年 6 月 2 日
- 26) ENR: The San Francisco Bay Bridge, A REVIEW
OF PRELIMINARIES REPORT, pp. 376-377, 1934 年 10
月 27) Third Annual Report San Francisco Oakland
Bay Bridge, 1936 年 7 月 1 日
- 28) Sixth Annual Report San Francisco Oakland Bay
Bridge, pp. 72-74, 1939 年 7 月
- 29) Golden Gate Bridge, Highway and
Transportation District: Highlights, Facts &
Figures, pp. 20-pp. 21, Fifth Edition, 2000. 7

COMPARISON OF CONSTRUCTION MANEGEMENT OF LARGE SCALE OFFSHORE BRIDGE PROJECT BETWEEN JAPAN AND USA

By Yoshitaka NAKAGAWA

This paper describes the comparison of construction management of large scale offshore bridge project mainly between Seto Oohashi Bridge project, Golden Gate Bridge and San Francisco Oakland Bay Bridge, in order to study the effective construction management of domestic project in future. First the author explain outline of these projects. Then compare the construction period, cost and safety of these projects. And from the viewpoint of construction management, the author study magnitude and numbers of construction contract, and working period of owner's employee and keeping budget of project. From the study, many differences for these items are pointed out. These factors make construction period of Japanese construction project longer and keeping budget of the project is not easy compare to 2 projects in USA. From this study, effective construction management for the large scale bridge construction project in future is proposed.