

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

A Study on the Construction of the Golden Gate Bridge and Chief Engineer, Joseph Strauss

中川良隆**

By Yoshitaka Nakagawa

Golden Gate Bridge was constructed in 1937. At the age of 1920s, construction of this bridge seemed impossible, because of harsh natural condition and magnitude of the bridge. Supported by local people and agreed the bond issue by their responsibility, the bridge could start construction. The man who promoted the bridge construction was Mr. Strauss. He became Chief Engineer of the construction. This report describes how did Mr. Strauss promote bridging the Golden Gate and advance the construction speedy. Finally describe the important quality of project manager. And that is not age and experience of the same type of project but have dream and vast technical capability.

1. 序説

ゴールデンゲートは水深が約 90m、幅は約 1600m、潮流が 7.5 ノット、更に太平洋の荒波が侵入する海峡である^{5a)}。ここに架かるゴールデンゲート橋は 1937 年に完成した。架橋促進運動の行なわれた 1920 年代、同橋は規模の大きさや、自然条件の厳しさから、実現不可能と言われていた。

架橋を 20 年にわたり推進し、工事のチーフ・エンジニアとして活躍したのが、ジョセフ・シュトラウスである。実現不可能といわれた橋を、地域の人々の賛意と、担保で実現させた。これは PFI に近い事業である。

賛意と担保といっても、技術的に疑問視する人々、航路補償の期待できないフェリー業者の抵抗、担保に反対する人々は多数いた。このため多くの告訴により、裁判が繰り返し行なわれた。しかし不可能といわれた難工事を、僅か 4 年 5 か月の工期で完成させた。

2001 年 5 月、アメリカ土木学会はゴールデンゲート橋の架橋促進運動、建設技術を高く評価し、世界の長大橋の部門で、“20 世紀のモニュメント”の代表として選定した¹³⁾。ちなみに、ゴールデンゲート橋はセンタースパンが世界で 7 番目、アメリカで 2 番目の長大橋である。

以下にゴールデンゲート橋の架橋促進運動、建設工事とその夢を追いかけた、シュトラウスの軌跡を紹介し、プロジェクト・マネジャーのあるべき姿を論じる。なお、ゴールデンゲート架橋・シュトラウスについて述べた書籍は参考文献に記すように多数あるが、時代背景、他の橋梁との比較、プロジェクト・マネジャーとしての視点で検討したものは無い。

2. 海峡に橋を架ける (Spanning The Gate)

ゴールデンゲート架橋計画はゴールドラッシュ末期から始まった。その経緯は以下の通りである。

(1) セントラル・パシフィック鉄道会社チャールズ・クロッカーの計画

ゴールデンゲートを跨ぐはじめての架橋計画は、1872 年、セントラル・パシフィック鉄道会社の事業主、チャールズ・クロッカーの鉄道専用吊橋である。彼は計画をマリン郡に提案したが、すぐにフェリーによる代案を採用して、計画を断念した。それから約 40 年間、架橋の計画は記録に残っていない^{8a)}。

(2) 新聞記者ジェームス・ウイルクインズの計画

サンフランシスコ・プレチン紙の編集理事ジェームス・ウイルクインズは 1916 年 8 月 26 日から、ゴールデンゲート架橋キャンペーンを始めた。彼は大学で土木工学を学び、卒業後、鉄道会社に就職して土木技師として働いた後、新聞記者となった人物である^{8b)}。

彼の計画は、センタースパン 915m、橋長 1525m の吊橋で、建設費は概算 1000 万ドル。さらに資金調達について、サンフランシスコと北部郡がボンド（債券）を発行し、ボンドは小額の通行料金収入で元利金を、短期間に返済できるとした。これが初めての本格的な架橋計画である^{8b)}。

当時はモータリゼーション勃興の時期で、カルフォルニア州では、1910 年に自動車の所有台数は 4.4 万台であったものが、10 年後に 60 万台に増大。同様にゴールデンゲートのフェリーの搬送は、1919 年に年間 12.3 万台であったものが、1928 年に 219.5 万台に急増した。この

*Keyword: ゴールデンゲート橋、シュトラウス、建設記録、人物史

**正会員 工博 東洋大学工学部環境建設学科

注) 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」となっている。例えば、文献 1) の pp. 29-30 は、a : pp. 29-30 より、1a) と表示する。

ため、フェリーによる輸送システムは崩壊して、架橋が望まれていた^{5c)}。

(3) サンフランシスコ市技監オーシャウネシーの関心

ウイルキンスの記事はサンフランシスコ市技監オーシャウネシーの興味をそそった。そして彼は1917年、シュトラウスにウイルキンスの架橋計画について意見を求めた。その際、「皆が架橋の実現は不可能で、実現できたとしても1億ドル以上かかると言っている」と述べた。シュトラウスは「それほどかからないが、架橋は大プロジェクトです」と答えたのが、シュトラウスのゴールデングート架橋への20年に及ぶ係わりの始めである^{7a)}。

第一次世界大戦終了直後の1918年11月、ウイルキンスは再度、新聞コラムで架橋を訴えた^{5b)}。それに触発された市民から要求があり、同年11月12日、サンフランシスコ市スーパーバイザー委員会で、委員のリチャード・ウエルチが決議案 N016241「市及び郡議会は連邦がゴールデングートの調査をして、架橋が技術的、事業的に可能かどうかの見解を要求」を提出して可決したのが、公式レベルの架橋促進のスタートである^{8a)}。

決議案が実行されるまで9か月かかった。1919年8月、スーパーバイザー委員会はオーシャウネシーに、「費用の発生なしで公式に架橋の調査をすること^{8c)}」を命じた。

この命令を受けて彼は3人の著名なエンジニア、シュトラウスとカナディアンブリッジ社の社長フランシス・マクマース、さらにニューヨークのジョージ・ワシントン橋等を試設計した、グスタフ・リンデンタールに検討を依頼した^{4d)}。

(4) シュトラウスの計画

シュトラウスは1921年6月、1700万ドルの見積もりを提出した^{5d)} (文献1) pp. 27には2700万ドルの表示があるが、他の文献では殆ど、1700万ドルとなっている。それを裏打ちするように、1923年3月13日付けサンフランシスコ・クロニクル紙にシュトラウスは、「もし、2000万ドルのお金と、軍事局の許可が下りれば、1927年に完成できる」と述べている。したがって、本論文は1700万ドルを採用した)。彼の計画は当時世界最長のケベック橋を、2倍以上凌ぐもので、「均斉のとれたカンチレバー吊橋(写真1)」と彼自身呼んでいた。ちなみに、1921年と2000年の消費者物価指数を比べると約10倍違う¹⁶⁾。一方この要請に対してマクマースから回答はなく、リデンタールは1922年に自ら失格として、最低で6000万ドル、最高で7700万ドルの見積りを提出した^{4d)}。

シュトラウスの計画は、彼自身の得意なバスキュール橋(写真2)の技術を応用したもので、両側の固定部は巨大なトラス構造、中央部は跳ね橋ではなく吊橋構造とした。この計画は“グロテスク”との評価等、色々の思惑で、16か月後の1922年12月まで公表されなかった^{4d)}。

カンチレバー吊橋に対して、カリフォルニア大学バークレー校のエンジニアリング学部長のチャールス・ダウレス教授が全吊橋で可能と反論した。1924年にはロスア

ンジェルスエンジニア、アレン・ラッシュが全吊橋の案を提出した^{4e)}。この後も、全吊橋案が続々と出てきた。

3. ジョセフ・シュトラウス(生い立ち)

ゴールデングート架橋の促進をして、後年、チーフ・エンジニアとして活躍したジョセフ・シュトラウスの生い立ちを紹介する。

(1) 生い立ち・ベーリング海峡架橋計画

ジョセフ・シュトラウスは1870年1月、オハイオ州シンシナチーに生まれた。父親のラルフはドイツ移民の著名な画家で、少し著述もした。母親のカロラインも才能ある音楽家であった。彼の詩作や美に対する素質はこの両親から受け継いだ^{9a)}。

ケンタッキー州との境界オハイオ川に、吊橋の父と言われる、ジョン・ロープリングが心血を注ぎ、1867年に完成した当時世界最長の吊橋・シンシナチー橋(セントースパン 320m)がある。この橋にシュトラウスは大きな影響を受けた。

1888年、シンシナチー大学に入学し、アカデミック学科シビル・エンジニアリング課程を選択した。1892年、シュトラウスは卒業論文の“ベーリング海峡横断の鉄道用架橋計画”と、クラスヘッドとして、卒業記念の叙情詩朗読に自作の“夢への想い”を市オペラホールで、市の著名人の前で発表した。そして人々に非凡さと“夢多き青年”を印象付けた^{4b), 17a)}。

(2) バスキュール橋(跳ね橋)開発^{9b)}

1892年に大学を卒業し、小さな橋梁建設会社等を経て、1899年29才のとき、ラルフ・モジェスキー社に就職した。1907年8月にケベック橋架設中、死者85人の大事故があった。モジェスキーは事故後に組織された技術顧問団の団長に成ったほど、有能な橋梁エンジニアである。

この時代、アメリカは鉄道・道路の拡張期で、河川・運河横断用の移動橋が多く作られ、跳ね橋が広く使われた。この場合、幅の広い河川を横断したり、重い列車を通過したりするには大きな橋が必要であり、シーソーのメカニズムを考案するのが大問題だった。それは、カウンターウェイトに安価なコンクリートを使うと、体積が大きくなり非効率的になり、一方、高価な鉄を使用すると効率的にはなるが、価格の問題があった。

シュトラウスは、コンクリートを使用して、歯車や梃子、モーターの組み合わせにより、効率的で安価なバスキュール橋(跳ね橋)を考案し、特許を取った。1902年、彼はその計画を会社の上司に提出したが、冷笑されたので、これを契機にモジェスキー社を退社し、自分の夢“バスキュール橋”実現のため、“ジョセフ・B・シュトラウス・アンド・カンパニー”を設立した。

シュトラウス式バスキュール橋は、可動橋の建設に革命を起こし、彼に富と名声をもたらした。彼は米国、カナダ、パナマ、中国、ロシアに約400の橋を建設した。そして彼自身の創造力、設計、建設、運営の技術に自信

を深めただけでなく、実業のマネジメントの力も養った。これがゴールデンゲート架橋促進の原動力となった。

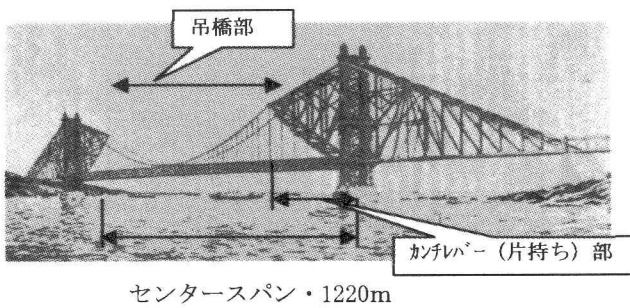
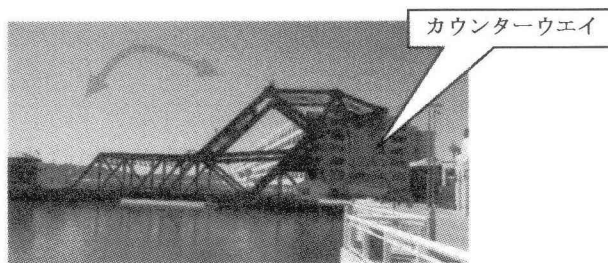


写真1 カンチレバー吊橋案(シュトラウス原案^{7b)})



(閉鎖状態)(スパン45m、1933年完成)

写真2 3番街・バスキュール橋(2003年撮影)

シュトラウスは活動範囲を橋梁以外の分野にも広げた。モノレール、コンクリート製の軍用鉄道車両、第一次大戦で広く使用された移動式サーチライト等の開発。さらにサンフランシスコで開催された1915年のパナマ運河開通記念博覧会に、彼はバスキュール方式で78mの高さに昇降出来る、120人乗りの観覧車を製作した^{4,28)}。まさに“何でも屋”であった^{17b)}。この時期シュトラウスはサンフランシスコ市内に4番街・バスキュール橋(1916年完成)等を建設し、オーシャウネシーに信頼された^{4a), 4c)}。

4. 架橋促進運動・デストリク誕生

シュトラウスのカンチレバー吊橋案の公表(1922年12月)に呼応して、架橋促進運動が正式に動き出した。この経緯を説明する^{5d)}。

(1) 架橋促進協議会^{5e)}

1923年1月13日、ソノマ郡サンタロサ市の銀行家で商工会議所会頭のフランクリン・デイリーの呼びかけで、関係する22郡の指導者が参集、架橋促進会議が開かれた。

その結果、架橋促進協議会“ブリッジング・ザ・ゲート・アソシエーション”を設立。委員長にソノマ郡のW・ホッチキス、委員を各郡より選出し、無給のエンジニアリング・コンサルタントとしてシュトラウスを指名した。この協議会は地域の有志で構成された民間団体で、架橋促進の母体となった。後年、デストリクトとして、法的に認められ、建設・運営・維持管理を行い、現在に至っている。

この時点で架橋は民間団体が民間資金で行なうことを

決定した。この方式は、事業会社(デストリクト)を競争で決定しているわけではないので、若干異なるが、PFI事業方式に近いものといえる。一方、同時期に建設されたサンフランシスコ・オークランド・ベイ(SOB)橋は当初、民間資金で建設する予定であったが、1926年、州と連邦政府の合作となり、州道路公社が公的資金で建設した¹²⁾。

(2) デストリクト^{1a)}

架橋促進協議会はゴールデンゲート橋建設の資金の一部を賄うための課税・徴税権、建設費用の調達権、土地収用権、道路と橋の建設と有料道路としての運営維持管理の権利が必要である。ここで課税・徴税の権利がなぜ必要かを説明する。

例えば、①ボンドによる資金調達が上手くいかない場合や、②建設費が予定額を超過して資金の追加調達が出来ない場合、③さらに借入金を通行料収入から返済出来ない場合等、予想外の欠損が発生した際に、架橋に賛同した地域の人々の資産にかかる税金で賄う。当然、その権利に地域の人々の賛同が不可欠である。権利に賛同する地域をデストリクト(特別行政区)と称し、特定の目的のために結成される区域で、普通の行政単位の市町村とは別の単位である。

特別行政区の住民はゴールデンゲート橋通行の利便を得る代わりに、建設資金の一部を賄うための課税(ボンド発行以前の必要経費を賄うため)や、事業に欠損が出た場合の納税義務が生じる。一方、特別行政区外の住民も同じように橋を利用できる。橋の利用と納税義務無しと、いい所取りをすると、いつまでも橋が出来ない。従って、地域の人々の支持獲得が大変難しい。

(3) 特別行政区の住民の不安^{5e), 4e)}

住民の架橋に対する不安は以下の通りであった。

①建設費用がどの位かかるのか?シュトラウスは1921年に、ゴールデンゲート橋の本橋部分を1700万ドルと見積もったが、1925年に2100万ドルとなった。当代有数の橋梁技術者リデンタールの1922年の提出見積もりは、6000~7700万ドルである。

②フェリーとの兼ね合いもあるが、橋の通行台数の予測は正確か?

③デストリクトに参加する郡の数はどうか?参加郡の数が減れば、納税の負担が大きくなる。

④森林業者達にとって橋の開通で、森林等にピクニックの人が立入り、土地が荒れる。

⑤シュトラウスのカンチレバー吊橋はグロテスクで、ゲートの景観を損なう。

これらの不安を打ち消すために、架橋促進協議会は住民に、架橋は技術、資金調達、通行量等にならば不安はないと、促進キャンペーンを大々的にしなければならなかった。着工まで9年間、促進キャンペーンと不平・反対、投票と法廷闘争が延々と続く。特にシュトラウスは設計者として、技術、価格、デザイン、通行量予測等に

責任があり、キャンペーンに走り回った。シュトラウスは、「架橋計画の価値は、計画立案の時にどれだけ汗を流したかだけでなく、人々が受け入れられるように、説得のための汗をどれだけ流したかによる」。さらに、「計画が夢と言われるほど、大きければ大きいほど、人々の説得のために多くの汗を流さねばならない⁷⁰⁾」と言って、それを実行した。

(4) デストリクト法の批准と郡のデストリクトへの参加

協議会の申請で1923年5月25日、“ゴールデンゲート・ブリッジ・アンド・ハイウエー・デストリクト法(ゴールデンゲート橋・高速道路特別行政区機能付与条例)”が州で批准された。しかしデストリクトの正式成立は訴訟等で、1928年12月4日まで待たなければならなかった^{2a)}。

デストリクト法の批准後、協議会は軍事局に架橋の申請をした。ゴールデンゲート橋建設の可否の公聴会が1924年5月16日、サンフランシスコで開催され、1924年12月20日軍事局長官ウィークスが協議会に同意を与えた。これは軍事局が港湾近傍の構造物建設の許認可権があり、またゲート周辺土地を保有している為である^{4f)}。

デストリクトへの参加の申請はいたって簡単で、またどの郡でも可能であった。申請の前段階として、前回郡選挙の有権者数の10%以上の署名が必要である。それを受け、郡のスーパーバイザー委員会は、デストリクトの会員になるかどうかの投票をする^{4e)}。

1925年1月7日、最初にメンドシノ郡が参加した。さらにマリン郡、ソノマ郡、ナパ郡が続いた。サンフランシスコ郡は再調査要求等のごたごたがあり、やっと1926年4月13日、参加を採択。1926年8月24日、ゲートから約400kmはなれたデルノート郡(図1)が参加を表明。これが最後の参加郡であった^{4e)}。

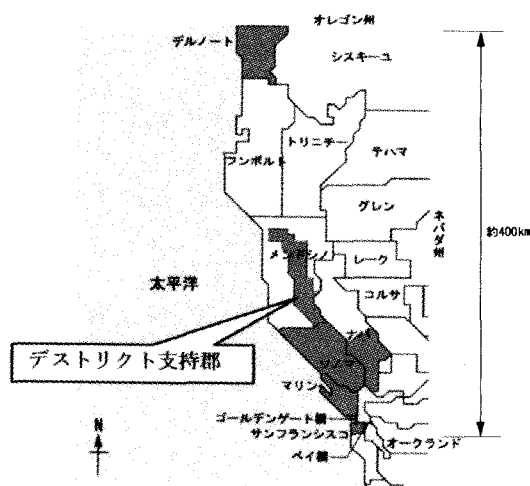


図1 デストリクト支持郡

5. 架橋計画見直し・反対運動

架橋を夢見た住民の間に、前述した不安が増大し、反対運動に転化した。その様子を紹介する。

(1) デストリクト成立と2307件の異議申し立て

メンドシノ郡の森林地主が翻意し、1925年11月15日、郡大陪審の聴聞会等を経て、州に同郡住民180人のデストリクト参加申請署名を削除することを要求。このため1926年1月、州の許可局長官ジョーダンがブリッジ・デストリクトの組織化の承認を拒否した^{4b)}。

この動きに対して、協議会は州最高裁判所に異議を申し立て、1926年12月30日、同裁判所は“承認拒否”を無効と判決。この結果、ジョーダン長官はデストリクトの発足を承認した。それと共に、彼は1927年5月31日を期限として、デストリクト設立に対する住民等からの異議を募った。その結果、異議申し立ては2307件もあった^{5f)}。

1927年10月、サンタロサで異議申し立ての公聴会が開催され、550人以上の反対派地主が、“納税反対同盟”を組織し、シュトラウスの架橋計画を強硬に反対した^{5f)}。

(2) エンジニア合同評議会の異議と斯界の意見

“納税反対同盟”の応援団が“サンフランシスコ・エンジニア合同評議会”の会員である。合同評議会の構成員は米国土木学会、機械学会、エンジニア協会等に所属するエンジニアである。その中には、スタンフォード大学土木工学科科長ウイング教授等の著名なエンジニアもいた^{5f)}。

合同評議会は既に1926年、シュトラウスの架橋計画を検討して、「ゴールデンゲート橋級の架橋計画には、著名な3人以上の橋梁技術者の調査検討が必要である。その調査は50万ドル程度かかる。この調査の後、初めて最適な橋梁形式が選定され、見積もりが出来る。それは疑いもなく、デストリクトの設立の前にすべきである。したがって、協議会の架橋計画を進めることは承認できない」と警告を発していた⁴ⁱ⁾。

1927年11月1日のサンタロサの公聴会に、納税反対同盟の証人として、ウイング教授ら3人のエンジニアが、シュトラウスの計画を再度検討して、66ページにわたる詳細な独自の見解書を提出した。彼等はまずシュトラウスの架橋計画を鋭く攻撃した。続いて彼を、「プロフェッショナルとしての誠実性の欠如、幻想家、シカゴから出稼ぎのプロモーター」と激しく非難した⁴ⁱ⁾。技術的指摘は以下の通りである^{5f)}。

- ①サンフランシスコ(SF)側橋脚の基礎岩盤は蛇紋岩で、橋を支えるのに非常に不安定。
- ②海峡の西10kmにあるサン・アンドレアス断層¹(1906年のM7.8の大地震の震源)に、差し迫った地震の恐れがある。
- ③最近の米国陸軍の技術検討書が、「センタースパン1312mの吊橋が可能」としたこと。既に同年10月21日にジョージ・ワシントン(GW:1068m)橋が着工している。従って、全吊橋形式のほうが好ましい。
- ④橋脚基礎は地盤が悪いので、基礎深度は-35m、総工事費は1.12億ドルになる。この時点、シュトラウスの見

積もりは総計 2700 万ドルで、内訳は本橋 2100 万ドル、接続道路 450 万ドル、計画及び監督費用が 150 万ドルである。

後付になるが、GW橋とゴールデンゲート橋の工事費を比較する。GW橋は上部工鋼材重量 6.4 万トン、下部工の橋脚 2 基は、水深は深くなく、石積み数量 14.8 万 m³。橋台は重力式とトンネル式でコンクリート数量 8.6 万 m³。工事費は 5900 万ドルであった⁶⁾。一方、シュトラウスのカンチレバー吊橋の数量はわからないが、1937 年完成時のゴールデンゲート橋の上部工鋼材重量は 8.4 万トン、コンクリート数量 25.7 万 m³である^{2a)}。これらを勘案するとシュトラウスの 2100 万ドルは法外に安いと指摘できる。

シュトラウスの架橋計画に斯界の人々が、次のような見直し意見を述べた。

①エンジニアリング・ニュース・レコード誌 1927 年 12 月号で、「有力なエンジニアは建設可能と言っているが、現在の見積もりは、もっと条件の良い吊橋、カムデン橋 (534m) より安く、疑問だ。したがって著名で経験豊かなエンジニアが詳細調査して、工期・工費が通行料金に見合うものと結論付けるまで、同事業は着手すべきでない」と論評⁴⁾。

②1928 年 2 月 22 日、連邦政府調査サンフランシスコ局が、40 ページの検討書を提出した。其中で、「現在の計画書は建設費や収入の検討が不十分である。それらの調査に 50 万ドルかかる」と論評^{4b)}した。

(3) シュトラウスの巻き返し

シュトラウス自身 1925~1926 年に、GW橋建設も管轄している、ニューヨーク港湾局のコンサルタントをしていたので³⁾、同橋の動向も知り、吊橋の優位性も知っていた。しかしここで、吊橋の優位性を認めれば、今までカンチレバー吊橋で売り込んでいた努力が霧散し、シュトラウスの優位性が無くなってしまふということが分かっていた。

そこでシュトラウスはウイングらの疑問に答えるべく、当代随一の長大吊橋の設計者で、ジョージ・ワシントン橋のコンサルタント・エンジニアのモイセイエフにシュトラウスのカンチレバー吊橋の妥当性を証言させた。さらに地質調査をし、その評価をサン・アンドレアス断層の発見者で、当代随一の地質学者である、カルフォルニア大学パークレー校の地質学教授、ローソンに依頼した。また有料道路としての収支計算をするために、交通量の予測等もした^{4k), 9c)}。

これらの資金はシュトラウスのポケットマネーである。ボンド発行までに彼の使ったポケットマネーは総額 25 万ドルにも上った^{9d)}。これは建設費の約 1%になる。

(4) 異議申し立て却下・大きなピンチ克服^{5f)}

サンタロサでの公聴会は 11 月中に終了した。担当判事のラッツレルは、2307 件の異議申し立てを調査して、1928 年 12 月 1 日、ナパ郡、メンドシノ郡の一部をデストリク

トから除くこと、「建設費は橋の運営収入に比べて、禁止するほど高くはない。従ってゴールデンゲート架橋プロジェクトは技術的、収支的に十分可能性がある」と判決した。しかしこの後もデストリクトの違法性についての告訴が続く。

6. デストリクト設立とチーフ・エンジニアの選出

デストリクトが法的に認められると、次にデストリクトの組織化、構造形式の決定が行なわれた。その様子を説明する。

(1) デストリクト設立^{5f)}

ラッツレル判事の判決は州長官に送られ、“ゴールデンゲート・ブリッジ・アンド・ハイウエー・デストリクト”が合法的組織と認定された。その構成は、図 1 に示す 6 郡である。正式に 1928 年 12 月 4 日に発足した。

デストリクトに参加する郡の住民数は、1930 年の人口統計によると、サンフランシスコは 63 万人。北部 5 郡は 13 万人であった¹⁴⁾。高々、合計で 80 万人弱の住民が責任を持って、世紀のプロジェクトを実行したのである。

(2) チーフ・エンジニア公募とシュトラウスの

事前工作

1929 年 1 月 23 日、デストリクトの最初の理事会が開催された。この時の構成は、総裁フィルマー、理事にウエルチ以下 11 人。1929 年 4 月中旬までに、デストリクトの部長、秘書、監査役等が決まり、チーフ・エンジニアだけが決まらなかった。その理由は、シュトラウスが 1927 年のウイング教授等の批判に、まだ十分回答していなかったこと等である^{5e)}。

そしてチーフ・エンジニアの候補者として、理事会は 10 人のエンジニアを選定した。これらはシュトラウス。ラルフ・モジェスキー。グスタフ・リデンタール。オトマール・アンマン。チャールス・ダウレス。レオン・モイセイエフ。ジョージ・スウェイン等であった^{5e)}。

この決定は長年架橋促進運動に身を捧げたシュトラウスにとっては、面白くなかったが、公募の動きを事前に察知したシュトラウスは、プロモーターの才覚を發揮した。すなわち、彼自身がチーフ・エンジニアに成った時には、吊橋に変更せざるを得ないこと、その時に当代随一のアンマン、モイセイエフの力を借りなければ成らないことを分かっていた。そして 4 月中旬までに、事前工作で彼らからの応援の確約を得ていた⁴⁾。

(3) チーフ・エンジニア決定^{5e)}

現実的にチーフ・エンジニアの職は、シュトラウス以外に決定するわけにはいかなかった。その理由はデストリクトとして、以下のような事情があったからである。①例え若干の疑義があっても、シュトラウスの見積もりによって、ゴールデンゲート橋が有料道路として採算性があり、地域住民の力だけで出来ることになった。彼を否定することは、計画の公然たる見直しとなり、シュトラウスの計画により設立したデストリクトの否定になる。

②シュトラウスが技術的裏付けを作り、報酬無しで長年の架橋キャンペーンをしたこと。

このようなデストリクトの事情を熟知していたシュトラウスは提案書で以下の点を訴えた。

- ①長い間、架橋促進運動に身を捧げたこと。
- ②課税に恐れを抱いている住民に対して、橋の建設価格を保証すること。すなわち請負業者の入札価格が保証価格を上回ったら事業を中止すること。
- ③当代最高級の吊橋技術者でGW橋の主要メンバーのアンマンとモイセイエフを、コンサルタント・エンジニアとして雇うこと。それによって、ウイング教授等の疑いを晴らすことを約束した。

この結果、1929年8月15日、理事会で正式にシュトラウスをチーフ・エンジニアに、さらにエンジニアとして、アンマン、モイセイエフ、ダウレス、地質コンサルタントとして、ローソンを指名した^{1b)}。

(4) カンチレバー吊橋案放棄、全吊橋案に

チーフ・エンジニア指名の2週間後、エンジニアリング委員会が開催され、シュトラウスのカンチレバー吊橋案を放棄し、全吊橋と決定した。この時点、吊橋案はセンタースパン1220mであった。そして正式に現在の1280mに決定したのは、1930年2月のチーフ・エンジニア報告書である。1280mは工事中のGW橋より213m長い^{1c)}。

ゴールデンゲート橋の大きな設計変更等の理由で、1930年7月の第1週に、軍事局は公聴会を開催した。この公聴会は単に桁下空間だけが問題となった。1930年9月8日、軍事局はセンタースパン1280mの吊橋を正式に許可した^{1d)}。

7. 大恐慌とボンド発行の賛否投票

1929年10月24日、ニューヨーク証券取引所の株式の大暴落を発端に、全世界が大恐慌に突入した。この大恐慌の中で、デストリクトは民間から資金調達をするために、多くの障害を乗り越えなければならなかった。以下

にその状況を紹介する。

(1) 大恐慌下のデストリクトのボンド発行承認

1929年全米の銀行の倒産は659件であったのが、1933年は5190件に増大した。このため1933年3月4日就任したルーズベルト大統領は3月6日に、全国銀行休日宣言を出すほどだった¹⁵⁾。

デストリクトは1929年、1930年の2度、特別行政区域の住民に、課税し、46.5万ドルのお金を得た。1930年8月27日、デストリクトの理事会は2717万ドルの建設費、金利、管理費、供用後6か月間の運営費を含めて、総計3280万ドルの予算を承認した。理事会は余裕を見て、3500万ドルのボンドを規定上限の5%の利率で発行する、“提案37”の特別行政区域住民の賛否投票を行なうことを決定した^{1d), 5b)}。

(2) 賛成運動・反対運動

ボンド発行に対する反対運動は幅広く組織され、次のような批判をした。

- ①納税反対同盟はSP側橋脚基礎岩盤が脆弱で“ブディング”の様だという問題や、ウイング教授らが指摘した1.12億ドルの見積もりを、再び持ち出した。
- ②サンフランシスコの数100人の著名人の集まりである、コモンウェルス・クラブが、“ゴールデンゲート橋ボンド反対同盟”を結成した。其の中に架橋促進運動の発起人のオーシャウネシーもいて、工事費、採算性、シュトラウスの技術力に疑問を投げかけた^{4c)}。

(3) 圧勝^{5b)}

1930年11月4日の投票日の前になると、賛成投票促進のため、デストリクトは以下の報道をした。

- ①3500万ドルのボンド発行による架橋工事は、労働者に年間75万ドルの給料をもたらす。
- ②6つの特別行政区域に1年以上在住している住民を、優先的に建設工事に雇用する。
- ③事業費がもし計画の3500万ドルをオーバーしたら、計画を中止する。したがって予算超過による課税の恐れはない。

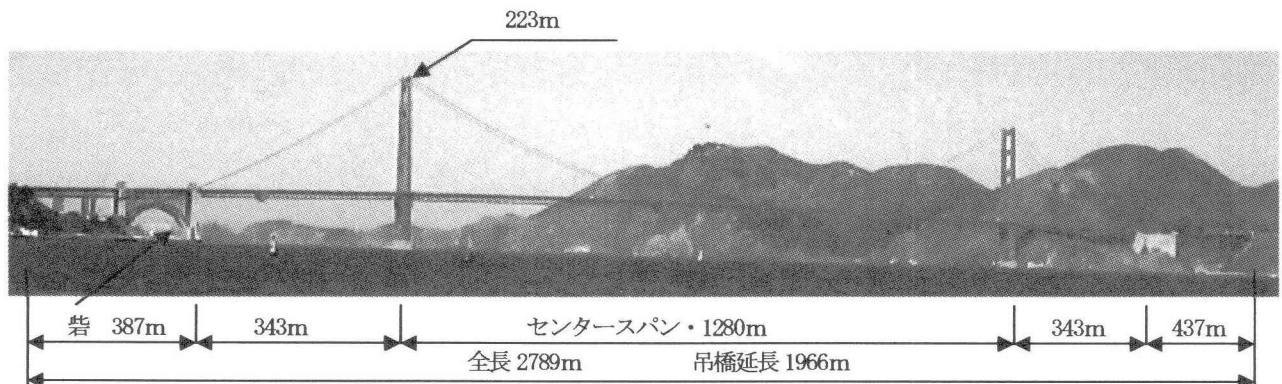


写真3 ゴールデンゲート橋全景 (2003年撮影)

この結果、賛成145,057、反対46,954の圧倒的賛成となり、ボンド発行が承認された。これを受けて、1931年6月建設工事の入札が行なわれた。

8. 資金調達の問題とフェリー会社の抵抗

第一回目の入札後、約1年間、架橋反対グループとの“デストリクトの合法性”についての抗争や、“ボンド金

利の合法性”の論争が続いた。それらを以下に説明する。

(1) 資金調達の問題とフェリー会社の抵抗^{4s), 4u)}

①デストリクトは1931年6月の建設工事入札結果を受け、1931年7月8日に、額面600万ドルのボンドを、利率4.75%で、市場に売り出した。ちなみに、デストリクトの法定最高利率は5%であった。申し込みは1社だけで、問題のSF側橋脚の地盤再調査等の条件をつけたので、デストリクトは申し込みを拒絶した。

②7月16日、バンク・オブ・アメリカ(BOA)を主幹事としたシンジケート団から、デストリクトに、“600万ドルを適当な金利で”、との申し出があった。ただし、「デストリクトの課税の合法性」についての法廷の判断が条件で、有効期限は11月16日であった。

③1931年8月15日、サザン・パシフィック(SP)鉄道会社、ゴールデンゲート・フェリー(GGF)社等の名前を隠した、“匿名納税者協議会”は、「サンフランシスコ郡のデストリクト参画申し込みの署名数が、必要有権者数の規定を129人下回っているの、同郡は除外すべき」と告訴した。それは単純なミスであり、事実であった。

④11月25日、“匿名納税者協議会”の告訴に対して、州最高裁判所はデストリクトの勝訴としたが、BOA社のタイムリミットを9日過ぎてしまった。

⑤11月28日、今度はGGF社の隠れた代弁者2社がサンフランシスコ連邦地方控訴院に、「デストリクトがボンドを売らないよう」控訴。1932年7月16日、連邦判事ケリガンは両社の控訴を退け、「デストリクトの組織化の方法、デストリクト法で与えられた課税権の規定、どれを取っても合法である」と判決。GGF社は直ちに、必要なら連邦最高裁で争うと宣言した。

(2) デストリクトへの支援・住民運動^{4t)}

デストリクト対SP社・GGF社の抗争に、住民、市が以下に示すような支援に立ち上がった。

①サンフランシスコ郡とマリン郡の住民グループはボイコット同盟を結成し、地域、州、連邦の企業に接触して、鉄道利用をボイコットするように同調を求めた。ボイコット同盟は、SP社とGGF社を非難するラジオ放送を、地域住民に流すとともに、集会で非難した。同様に地域の商工会議所、ライオンズクラブもSP社等のやり方を非難した。

②サンフランシスコ市のスーパーバイザー委員会は、「今まで市はGGF社にフェリー用船台の補修等に数十万ドルの費用を使っている。反対運動を続けるのなら、会社に補償要求」をすると声明を発表した。

③1932年1月1日、公共がマリン公営フェリー会社を設立して、GGF社と競争させ、橋の完成とともに、デストリクトに売却する計画を発表。

(3) フェリー会社の撤退^{4t)}

一方、GGF社はデストリクトの有料道路公社化等の代案を出す、8月はじめ、ロルフ・サンフランシスコ

市長の後任のロッシン新市長の調停でやっと反対運動より撤退した。

(4) デストリクトの資金的危機^{8d)}

GGF社・SP社等は撤退したが、デストリクトは資金的にますます貧窮して、1932年の夏には、25万ドル以上の負債を抱えていた。

600万ドルのボンドの再募集に対する8月31日の開札に、BOAは実質金利5.25%で600万ドルすべてを買い取ると申し出た。しかしこの条件は1923年のデストリクト法で決めた5%を超過しているの、非合法の論争が起きる。この論争で資金調達はますます遅れた。

資金調達に切羽詰った、シュトラウスは9月、デストリクトの理事と、BOAの会長ジアニーニを訪ねた。ジアニーニは1906年の大地震の際に献身的に復興資金援助をした。また大恐慌中、彼の会社がアメリカ経済回復の先導者であるべきと考えていた。

(5) シュトラウスのジアニーニへの懇願

シュトラウスは「ジアニーニの助けが無かったら、ゴールデンゲート橋はその時に出来てはいなかった」と語ったほど、すばらしい支援をした。それは、ジアニーニは「裁判所で5%より高い金利の裁定が出たら変更可能な金利」として1932年11月4日、BOAは600万ドルのボンドを4.75%の利率で買い取る契約をした。この結果12月末に工事に着手することが出来た。そして翌年4月、法廷はデストリクトに5%を上回る利率を容認し、資金の流れが確実となった^{1f), 4v)}。

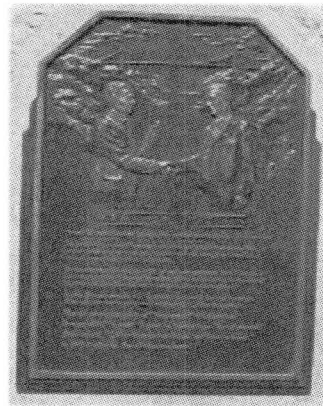


写真4 シュトラウスとジアニーニの約束のレリーフ (2003年撮影)

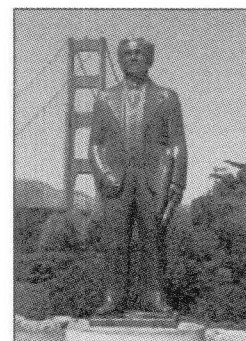


写真5 シュトラウス銅像 (2003年撮影)

そのシュトラウスとジアニーニの記念のレリーフ（写真4）がゴールデンゲート橋南端の公園にある。そこには、「ジアニーニはシュトラウスに1つだけ、「橋はどのくらい持つのですか」と質問をした。それに対してシュトラウスは、「永遠に。ちゃんと手入れをすれば、寿命は無限です」と答えた。ジアニーニは、「カリフォルニアはその橋を必要としている。我々がボンドを買おう」と約束した。」との言葉が刻まれている。

9. 吊橋のタワーのデザイン

タワーは吊橋のシンボルであり、ゴールデンゲート橋の大きな特徴はタワーにある。其の由来を説明する。

(1) タワーのデザインの特徴⁴⁾

①モイセイエフの撓み理論で設計される吊橋は桁の高さが低く、軽快な印象を与えた。例えば、マンハッタン橋（450m。1909年）は桁高／スパンの比率は1/40である。ゴールデンゲート橋は1/164となり非常に軽快に見える。そのため、ブルックリン橋の石積みや、GW橋の鋼製トラスの重厚なタワーは不釣り合いとなった。

②製鉄技術の進歩により、従来の鋼製梁を組み合わせたタワーより、鋼製薄板を組み合わせたハニーカム構造のタワーのほうが経済的で、軽快に見える。これは、カムデン橋等で採用された。

③吊橋のタワーは一般に、2本の塔柱とこれを繋ぐ部材で構成される。桁上に斜めの繋ぎ材があると、軽快感を阻害する。そこでゴールデンゲート橋は桁上の繋ぎ部材を水平梁（写真6）として軽快感を演出した。

④シュトラウスは「タワーはエンパイアステート・ビルのように、高さとともに段々に幅を狭め、あたかも空に昇るようなデザインが良い」との希望を述べた。シュトラウスはチーフ・エンジニアとしてデザインにまで関心と責任を持っていた。

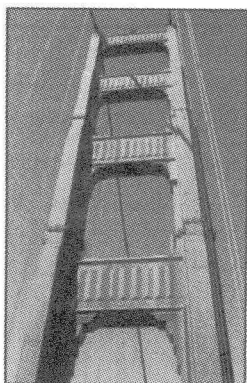


写真6 ゴールデンゲート橋タワー（2003年撮影）

(2) デザイナー、マロー⁴⁾

ゴールデンゲート橋のデザインをしたのがアルビン・マローである。彼は吊橋のシンボルのタワーを、エンパイアステート・ビルのような、アール・デコ調とした。タワーの脚柱が高さとともに細くなり、水平梁が高さとと

もにその長さを短くし、さらに脚柱にフリュートという溝を付け、シュトラウスの言う、あたかも天に昇るイメージとした。さらに、水平材の間からは青空を背景として、湧き上がる雲や霧が覗けるように、塔柱と水平梁を額縁と見立て、絵画をイメージした。彼は橋の塗色を、従来、例を見ない赤橙色（インターナショナル・オレンジ）とし、陰影を明確にし、額縁効果を高めた。

10. サンフランシスコ側橋脚基礎地盤

SF側橋脚基礎地盤は蛇紋岩であり、蛇紋岩は風化すると滑りやすくなる。この基礎地盤が採めにもめる。その様子を時系列に紹介する。

(1) スタンフォード大学ウイング教授との地盤論争

1927年11月1日のサンタロサの公聴会に、納税反対同盟の証人として、スタンフォード大学のウイング教授らが「SF側橋脚の基礎岩盤は蛇紋岩で、橋を支えるのに非常に不安定で、“プディング”の様なものだ。基礎底面は-35mとすべき」と証言。ローソン教授の支持で論破した。

(2) 地質調査開始・ローソン教授の辞職騒動⁴⁾

1929年11月25日、SF側の陸上、つづいて、海底調査ボーリングが始まった。この結果から、シュトラウスは1930年2月3日、「基礎地盤は強固である」と発表し、ローソン教授は「海底下7.5mの掘削で十分だ」と報告した。しかしローソンは1930年3月7日、賛成派・反対派の抗争に嫌気がさして突然辞職を申し出たが、僚友のダウレス教授に慰留され、辞任を思いとどまる。

(3) 追加地質調査・鉱山技師キンジーとの地盤論争⁴⁾

1931年3月より、SF側橋脚位置の追加地質ボーリング調査が行なわれた。デストリクトの理事キャメロンが重役を勤めるセメント会社の鉱山技師キンジーが、同年5月20日、「SF側の橋脚は、“プラムプディング”のような腐った岩の上に計画している」とデストリクトの理事会に報告。ひと悶着があったが、シュトラウスはローソン教授らの応援を得て論破した。

(4) スタンフォード大学地質学名誉教授ウイリスとの地盤論争⁴⁾

下部工事中の1934年4月初旬、スタンフォード大学の地質学名誉教授のベイリー・ウイリスが「蛇紋岩は自然の状態でも地滑りを起こすのに、発破により一層劣化している。橋の荷重がかかると、地滑りを起こして、“プディング”のようになる」と言うものだった。そして、「橋脚基礎岩盤を、現在の-30.5mから井筒方式で-90m~-120mまで掘削して、コンクリートで埋め戻すこと」を提案。しかし、ウイリスが古い地図に固執した判断ミスが原因であった。1934年11月決着。

11. 建設工事入札

建設工事の入札は2回行なわれた。2回目は、1回目の開札後、反対運動のため工事中工迄に長い時間が空いて

しまったため、実施された。

第一回目¹⁰⁾の入札は1931年6月17日、10の案件で行なわれた。開札の結果、最低落札価格の合計は約2446万ドルであった¹⁾。それは1930年のボンド発行賛否投票のときに、示した金額より約300万ドル低い値だった。さらに、本橋部分の合計は2330万ドルで、シュトラウスの1925年時点の2100万ドル（カンチレバー吊橋案）に近い価格だった。ちなみに、1925年と1931年では大恐慌で、消費者物価指数は約13%¹⁶⁾下落している。工期は1932年3月1日着工で3年4か月間の予定であった。

第二回目¹⁶⁾は、16か月目の1932年10月14日、再入札が行われた。その結果、総計2384万ドルとなり、前回に比べて、大恐慌のおかげで70万ドル安くなった。この時の計画工程は、1933年1月工事着工、1936年12月完成の工期4年間であった。

なお最終事業費¹⁶⁾は3367万ドル（建設工事費2713万ドル）で、予定の3500万ドルを下回った。工期は1932年12月着工、1937年4月完成の4年5か月であった。

1.2. 下部工工事

1933年1月5日、マリン橋台の建設が始まった。以下に下部工工事の内容と、トラブルについて紹介する。

(1) 橋台工事^{1b)}

SF側橋台位置に1775年～76年の独立戦争の前に作られた、西海岸で唯一残っている砦、フォートスコットがあり、この歴史的な砦を残すよう施工した。

(2) マリン側橋脚工事^{1c)}

マリン側橋脚位置は山が海に落ち込む位置で、橋脚をドライな状態で作るために、3方向にコッファーダムを構築し、海を締め切った。基礎最深部は-11mであった。橋脚は平面寸法24.7m×49.4mで、高さは19.8m（水面上13.4m）。北備讃瀬戸大橋（センタースパン990m）の橋脚は、同じように山が海に落ち込む汀線位置に作られ、平面寸法は23m×57mで、高さは20mとほぼ同じ規模である。

(3) サンフランシスコ側橋脚^{1d)}

a) 栈橋工事

SF側橋脚位置は6.5ノットの急潮流と太平洋からの荒波が侵入するので、作業船を使用した橋脚建設は不可能だった。そこで、岸から橋脚位置にかける約330mの栈橋を使用して橋脚を建設した。栈橋は海底岩盤を貼り付け発破でゆるめ、I型鋼を挿入し、根固めして支柱を構築した。栈橋構築工事で以下に示す3回の災害があった。対策として、床版の嵩上げ等を採用して1934年3月8日に完成。

b) フェンダー（防波堤）工事

これまでゴールデンゲートの様な急潮流と外洋の波浪が侵入し、-30mを超える大水深に橋脚を作った経験はなかった。そこでコンクリート製直立壁（フェンダー）を橋脚位置外周部に構築し（図2）、其の中を静水域とす

ることにより、ケーソン工法を容易にする方法とした。

長円形のフェンダー（外寸法：51.8m×94.3m、内寸法：33.5m×75.3m）は、高さ35m、幅9m。平面的に22区画、鉛直方向に5分割施工した。東側8区画は橋脚本体となる、鋼製ケーソンの引き込みのため、-12.2mで打ち止めとし、ケーソン引き込み後、打足す計画であった。

当初の計画（原案）は、-18mの海底地盤にケーソンを設置し、ケーソン内部にコンクリートを打設しながら、ケーソン内部を掘り下げていく計画であった。しかし岩盤が非常に固いので、内部の掘削は困難と判断。発破とグラブ船掘削で、海底岩盤を所定の深さ-30.5mまで掘り下げ、橋脚とフェンダーを直接連結（第1変更案）する案に変更した。

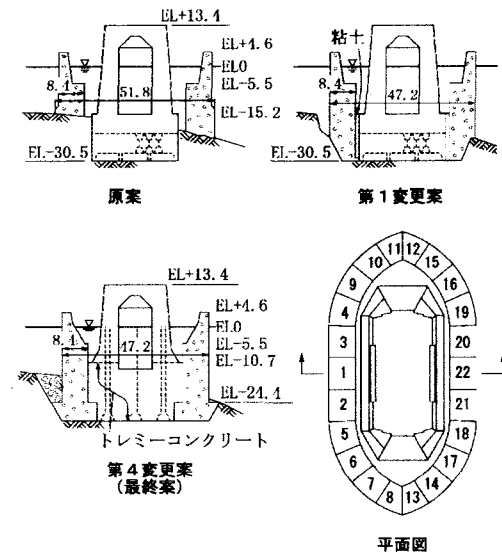


図2 サンフランシスコ側橋脚の計画の変遷^{1b)}

c) 海底掘削工事

海底掘削工事は少量のダイナマイトを海底に貼付けて、発破で岩盤を緩める。その後、台船から掘削用鋼管を岩盤に叩き込み、その中に540kgのダイナマイトを挿入、爆発。発破で緩んだ海底岩盤は、容積4m³のグラブ・バケットで掘削した。

d) ケーソン工法放棄

(4) b) で述べるように、1934年10月8日ケーソンをフェンダー内に保留したが、大嵐のため破損し、ケーソン案を放棄し、“ケーソン無しでの施工”に変更。第4変更案である。すなわち、ケーソン無しでフェンダーを締切り、その内部にコンクリートを打設して、排水の後に基礎を構築した。

e) 岩盤検査⁴²⁾

東側の8つのフェンダーの閉塞後、フェンダー内部コンクリート打設に先立って、拡底した8本の鋼管ウエルを建て込み、圧気工法を使用して岩盤検査をした。12月7日、60歳を超えるローソン教授もウエルに入り確認。「強固な蛇紋岩で、何の割れ目もない。ハンマーで叩く

と、鋼のような音がする」と述べる。日く付きの岩盤のため、462tf/m²までの孔内載荷試験と、-76mまでのコーバーリングを実施。1935年1月8日にSF側橋脚は完成した。

f) 瀬戸大橋工事との比較¹⁸⁾

瀬戸大橋は海底の花崗岩を発破してグラブ船で掘削した。潮流や波浪に影響されない自己昇降式作業足場(SEP)の使用。ダイナマイトの起爆を無線でも行った。さらに大型グラブ船の使用と、二回りも規模の違う機械類を利用した。瀬戸大橋では栈橋やフェンダーなしで鋼製ケーソンを据付けた。大型のケーソンには注水ポンプを多数装備し、短時間で注水沈設した。ちなみに潮流条件の最も厳しい南備讃瀬戸大橋5Pのケーソンは27m×59m×37m^Hで、鋼重4100tであった。これらの比較を表1に示す。

表1 SF側橋脚と南備讃瀬戸大橋下部工5Pの比較

橋脚名	ゴールデンゲート橋SF側	南備讃瀬戸大橋5P
寸法 (m)	基礎設置高(-30.5m)天 端+13.3m	57×27×42 基礎設置高(-32m)
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	貼付け発破+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
海底掘削	4m ³ 級グラブ船	25m ³ 級グラブ船
基礎工 法	栈橋+フェンダー+鋼製設 置ケーソン工法(当初案)	鋼製設置 ケーソン工法

(4) 下部工工事のトラブル

SF側橋脚位置は前述したように海象条件が厳しいため、多くのトラブルが発生した。

a) 栈橋工事倒壊^{8e)}

①8月14日、濃霧のため2000Tの輸送船が陸より120mの栈橋に衝突し、栈橋は長さ約90mの範囲で破壊した。残りの部分も1.8m移動。補修に2.5万ドルと1か月かかった。

②10月31日、大嵐が襲来した。栈橋の先端の45t吊りクレーンと作業用タワー、第1区画のフェンダー構築用鋼製型枠を破壊。

③12月13日、次の大型の嵐が来襲し、作業用タワーを押し流した。補修した箇所の岸から180mの部分を基礎から破壊した。5か月間の遅延と35万ドルの損害。対策として床版の嵩上げ等を採用。

b) 設置ケーソン工法放棄^{11a)}

1934年10月8日4時半、鋼製ケーソンを曳航し、フェンダー内に係留。ケーソンの寸法は56m×27m、5階建てのビルの高さがあり、重量は9000トン、製作費は30万ドルだった。当日午後からの大嵐で、ケーソン、フェンダー共に損傷し、シュトラウスは即座に、ケーソン

案を放棄し、午後9時に曳船によりケーソンをフェンダー内より引出した。ケーソンは使い道が無く、造船所沖に5か月間係留の後、太平洋に引きだし、廃棄処分した。

1.3. 上部工(タワー・ケーブル・補剛桁)工事

(1) タワー建設¹¹⁾

タワー建設は77トン吊クレーンで行なった。タワーは高さ223mで、鋼材重量4.0万トン(2基)、リベット120万本を使用した¹⁾。(5)b)に述べるように、鉛中毒でトラブルが発生した。初めの契約工程は、1935年1月に両タワー完成の予定であった。しかし、SF側橋脚は栈橋工事のトラブル、ケーソン放棄のため大幅に遅れ1935年1月8日に完成した。工事の遅延回復のため1500ドル/日のアクセレーション・ボーナスを提示し、当初工期を80日間短縮した。実施工期は170日で、1935年6月28日に完成した。マリン側タワーに比較して、約4か月間の短縮を達成。

(2) 吊橋のケーブル¹ⁿ⁾

吊橋のケーブルは直径909mm、ハンガーロープを含んで2.2万トンある。1935年8月2日パイロットロープを敷設。1935年11月11日より“エアースピニング工法”でワイヤーの架設が行なわれた。ジョージ・ワシントン橋では61T/日(スピニングホイール1車)であった架設能率を271T/日(3車)とした。ケーブルのスクイジンは7月10日に完了した。

(3) 補剛桁架設及び舗装工事¹ⁿ⁾

7月20日に架設用クレーン搭載が完了して、補剛桁架設は直ちに開始出来る予定だった。しかし、ケーブルバンド製作の遅れのため、開始は9月11日となった。作業を両タワーから、ゲート中央および、両岸に向けて、4方向バランスを取りながら延伸。大型のクレーン船も無い時代なので、補剛桁の部材を一本一本、クレーンで設置し、リベット接合をした。

11月18日、補剛桁の最終スパン連結部材の締結。架設開始から2か月間で連結した。またケーブル締付け完了の7月10日から数えると、4か月10日間である。

1937年1月19日よりコンクリート舗装工事の仕事に着手した。2月17日作業員10人の死亡の重大事故が発生した。3月3日に桁下の安全ネットの張り直しが始まり、3月31日、ネットの張替えを完了。この日までネットが落下した600mの区間のコンクリート舗装工事はストップしていた。4月19日、舗装コンクリートを完了。

なお参考のために、瀬戸大橋の南備讃瀬戸大橋との工事数量の比較を表2に示す。同表から分かるように、コンクリート体積は大きく異なるが(7A基礎が57m×75m×60mと巨大で、コンクリート体積が約42万m³だったため)、上部工鋼材重量は両橋とも同程度である。

(4) 開通式

5月27日から6月2日までが、開通記念行事で、27日は歩行者の日だった。図3にゴールデンゲート橋の建

設工程を示す。

表2 ゴールデンゲート橋^{2b)}と南備讃瀬戸大橋¹⁸⁾の主要数量の比較

橋脚名	ゴールデンゲート橋	南備讃瀬戸大橋
橋長(m)	343+1280+343	274+1100+274
吊構造鋼重	2.18 万トン	4.26 万トン
ケーブル	2.22 万トン	2.45 万トン
タワー	4.02 万トン	1.90 万トン
上部工鋼材重量計	8.42 万トン	8.6 万トン(舗装用として+0.4 万トン)
コンクリート体積	25.7 万m ³	61.3 万m ³

工程	1933	1934	1935	1936	1937
マリン側橋台	■	■	■	■	■
SF側橋台	■	■	■	■	■
マリン側橋脚	■	■	■	■	■
SF側橋脚	■	■	■	■	■
SF側柱橋	■	■	■	■	■
SF側柱橋補修	■	■	■	■	■
マリン側主塔	■	■	■	■	■
SF側主塔	■	■	■	■	■
主ケーブル架設	■	■	■	■	■
スクライジング	■	■	■	■	■
補剛桁架設	■	■	■	■	■
舗装	■	■	■	■	■

図3 ゴールデンゲート橋の建設工程

(5) 工事における安全管理と死亡事故

アメリカの建設工事で、「建設費 100 万ドルに一人の犠牲者を要求する」と言う忌まわしい言い伝えがあった¹⁰⁾。これに対して、シュトラウスは厳しい安全規則を作成し、それを守らなければ解雇するという厳しい姿勢で望むと共に、斬新な安全衛生対策をした^{2a), 11b)}。

a) 安全規則

- ①ハードハットの使用。(ハードハットはシュトラウスが設計)②安全ロープの使用。③曲芸まがいの行為の禁止。

b) 安全衛生対策^{5k)}

- ①サンフランシスコ側橋台位置に現地診療所設置

* 鉛中毒対策^{4w), 5i)}

マリン側タワー工事中、約 60 人の作業員がリベットの熱でタワーの鉛系塗料が焼け、その煙を吸い、鉛中毒にかかる。当時は未知の疾病だった。

- ①未着工の SF 側タワーは工場塗料を非鉛系の酸化鉄系に変更。
- ②セル内の換気設備の増強と共に、作業員の防毒マスク着用。
- ③口からの鉛毒の侵入防止のため、手袋の使用と手洗いの励行を義務付け。
- ④作業員に毎日、磷酸塩系の錠剤を飲ませ、耐鉛性を高

めた。

- ⑤2 週間ごとに血液検査、健康診断実施。

* ケーブル工事の安全^{5k)}

①体重が重いと足場上で迅速な行動が取れない。作業員に健康診断の義務付けと減量指導。

②眼の防護のためのゴーグルやサングラスの支給。

③作業員は家から遠く離れ、週末のバーは憂さ晴らしの場となる。このため、休み明けに二日酔いの者もいた。二日酔いの作業員を追い返しては仕事にならないので、彼らの酔いざまし促進のため、ザウワークラウトジュースを飲ませた。

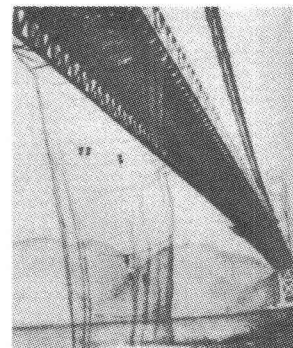
* 補剛桁架設工事の安全対策^{5k)}

補剛桁の架設に先行して安全ネットを敷設。この安全ネットが 19 人の作業員の命を救った。安全ネットの敷設はアメリカの吊橋工事で初めての試みだった。同時期に工事をした SOB でも使用しなかった。なおコストは 13 万ドルかかった。

c) 死亡事故^{5l)}

1936 年 10 月 21 日、トラベラー・クレーンの倒壊で作業員 1 人死亡。最初の死亡事故であった。

完成 3 か月前の 1937 年 2 月 17 日、吊橋センタースパン部で、コンクリート舗装工用型枠の組立解体用の吊足場が 12 人の作業員を乗せたまま、倒壊、安全ネットを裂き、海中に転落(写真 7)。約 70m 落下した 12 人のうち、2 人が奇跡的に助かったが、10 人死亡。吊足場の取付ブラケットの強度不足が原因であった。サンフランシスコ・クロニクル紙^{11d)}は事件後、犠牲者の妻の、「この地方でもっとも安全な仕事と夫が言っていた」との談話を載せている。



(黒い点はネットにぶら

写真 7 ネット破断^{8g)}

下がった人々)

この結果、死亡総数 11 人。総労働時間数 2500 万時間^{11b)}であった。日本の事例と比較すると、本四連絡橋の瀬戸大橋ルートが 17 人で、6300 万時間。島なみ街道ルートが 14 人で、2570 万時間である。

14. 結言：シュトラウスの夢とチーフ・エンジニアの
あるべき姿

シュトラウスは学生時代のペーリング海峡架橋計画をはじめ、バスキュール橋、そしてゴールデンゲート橋と

夢の実現にまい進し、ゴールデンゲート橋の完成の1年後68歳で亡くなった。

特にゴールデンゲート橋については、シュトラウス自身、長大橋や吊橋の経験が無かったが、当時としては老年の入口とも言える47歳から架橋促進運動に身を捧げ、20年後に完成させた。それも、難工事を、安全に配慮しながら急速施工をした。

それは彼の夢の実現意欲を原動力に、プロジェクト・マネジャーとして、強固な目的意識で、人々を目的に結集させた力の賜物である。その夢へのシュトラウスの考え方は、起工式の際に彼が述べた、「夢見ることを恐れてはいけない。今、長年の夢が、諸君の目の前で実現の第一歩を記している。夢を見なければ、実現はあり得ないのだ⁷⁰⁾」に凝縮されている。

シュトラウスにみるプロジェクト・マネジャーの姿を筆者の考えで列記すると以下の通りである。

- ・ 自ら夢を見、人々に夢を与える力。
- ・ 人々の説得のために自ら先頭を切って、汗を流す。
- ・ 目的遂行への強い意志。反対勢力に対する強い闘争心。
- ・ オールマイティのエンジニアとしての計画・設計・施工技術を理解する力。
- ・ 部下に明快な指示を与える能力。(例えば、タワーのデザインのコンセプト。工事の安全規則や安全設備)
- ・ 非常事態の時には専門外でも乗り出す気力(例えば、ジアニーニとの対談)
- ・ 非常事態に的確な判断(例えば、SF側鋼製ケーソンの放棄)

そして大事業を成し遂げるプロジェクト・マネジャーの資質は“年令やその部門での経験ではない。夢と幅広い技術力”といえる。

謝辞

本研究をまとめるに当り、シンシナティ大学のマイク・ベースハート教授およびゴールデンゲート橋・ハイウェイ・トランスポーション・デストリクトのマリー・クーリエ理事から資料の提供を受けたことに謝意を表します。

参考文献

- 1) 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. 29-30/b:pp. 34/c:pp. 37/d:pp. 39-40/ e:pp. 44/
f:pp. 47-48/g:pp. 58/h:pp. 127/i:pp. 132-133/
j:pp. 133-146/k:pp. 143/l:pp. 146-150/
m:pp. 151-173/n:pp. 173-182
- 2) GOLDEN GATE BRIDGE, HIGHWAY AND TRANSPORTATION DISTRICT : 「Highlights, Facts & Figures, FOURTH EDITION. GOLDEN GATE BRIDGE」, 1999. 3

- a:pp. 10-12/b:pp. 20-21
- 3) University of Cincinnati College of Engineering :
A Golden Gate Bridge Jubilee 1937-1987, pp. 16
- 4) JOHN VAN DER ZEE : 「The Gate. THE TRUE STORY OF THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE GOLDEN GATE BRIDGE」,
Bach imprint.com, 2000
a:pp. 20/b:pp. 30-31/c:pp. 34/d:pp. 39-42. /
e:pp. 47-48/f:pp. 52-56/g:pp. 58-62/h:pp. 63/
i:pp. 65-67/j:pp. 68-69/k:pp. 71/l:pp. 82-84/
m:pp. 97-103/n:pp. 104/o:pp. 108-109/
p:pp. 112-114/q:pp. 129/r:pp. 135-136/
s:pp. 137-138/t:pp. 142-143/u:pp. 146-150/
v:pp. 158-160/w:pp. 195-196/x:pp. /y:pp. 202-216/
z:pp. 217
- 5) Stephen Cassady : 「SPANNING THE GATE. The Golden Gate Bridge」, Squarebooks, 1994
a:pp. 11/b:pp. 14/c:pp. 18/d:pp. 20. /e:pp. 23-24/
f:pp. 26-27/g:pp. 28-29/h:pp. 32/i:pp. 69-70/
j:pp. 89-90/k:pp. 104/l:pp. 108-109
- 6) George Washington Bridge: <http://www.nycroads.com/crossings/george-washington/>
- 7) Kathy Pelta : 「Bridging the Golden Gate」, Lerner Publications Company, 1987
a:pp. 12-13/b:pp. 19/c:pp. 16-17/d:pp. 26
- 8) Charles Adams : 「HEROS OF THE GOLDEN GATE」, Pacific Books, 1987
a:pp. 63/b:pp. 64-69/c:pp. 72/d:pp. 118-132. /
e:pp. 177-179/f:pp. 240/g:pp. 300
- 9) Michael Chester : 「JOSEPH STRAUSS. BUILDER OF THE Golden Gate Bridge」, G. P. PUTNAM' S SONS, 1965
a:pp. 15-18/b:pp. 29-42/c:pp. 69/d:pp. 78
- 10) Tom Horton & Baron Wolman: 「SUPERSPAN. THE GOLDEN GATE BRIDGE」, Squarebooks, pp. 39, 1997
- 11) Richard Dillon etc : 「HIGH STEEL. BUILDING THE BRIDGES ACROSS SAN FRANCISCO BAY」, Celestial Arts. 1979
a:pp. 81/b:pp. 87-88/c:pp. 94
- 12) California Department of Transportation : 「HISTORIC HIGHWAY BRIDGES OF CALIFORNIA」, pp. 130, 1990
- 13) 「ASCE Monuments of the Millennium. 人類が20世紀に遺した偉大なる技術への挑戦」, 月刊同友社, pp. 48-53, 平成14年4月
- 14) Population and Household Data.
<http://recenter.tamu.edu/data/datapop.html>
- 15) The Great Depression and New Deal:
<http://www.gliah.uh.edu/historyonline/us34.cfm>
- 16) Federal Reserve Bank of Minneapolis
<http://woodrow.mpls.frb.fed.us/reseach/data/us/calc/hist1913.cfm>
- 17) A. William Finke: JOSEPH B. STRAUSS, HIS LIFE AND ACHIEVEMENTS. In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Civil Engineering, University of Cincinnati, 1960. 6
a:pp. 9-10/b:pp. 34-69
- 18) 本四公団 : 「瀬戸大橋工技術誌」, pp. 487, 平成元年3月