

Pasco-Kennewick 橋 の 概 要

小 原 忠 幸*
今 井 義 明**

1. はじめに

USA, ワシントン州コロンビア川に建設中の Pasco-Kennewick 橋は主径間が約 300m あり, PC 斜張橋としては, フランスのプロトンヌ橋に次いで世界第 2 位の規模を有する。現在, 工事がほとんど完了した当橋梁は, PC 斜張橋独特の美しい優雅な姿を河面に映し, Pasco, Kennewick 両主要都市を結ぶ重要な交通路として開通を待つばかりである。

設計は西ドイツのレオンハルト・ウント・アンドレ設計事務所と, 現地オリンピアのコンサルタント Arvid Grant and Ass. が共同して行った。レオンハルト教授は, 鋼, コンクリート両分野にわたる世界的な権威であることはよく知られているが, 最近, 特に斜張橋に関して, 世界の先端を行く斬新なアイデアをいくつも発表し, また実践している。

工事は 1975 年 8 月に開始され, 1978 年完成の予定である。その一般形状を 図-1 に示す。全橋張 763m は連続桁であり, その内斜張橋部分は 547m である。幅員が 24.4m, 桁高わずか 2.1m の桁を 144 本のステイケーブルが約 8.2m の間隔で斜めに吊り上げている。頂部にステイケーブル用の鋼製のアンカーヘッドを有する 2 組の塔は, ケーソン橋脚天端より 69.0m の高さである (写真-1)。

2. Pasco-Kennewick 橋の特徴

コロンビア川は, USA 北西部における重要な河川交通路であるため, 船舶航路の確保が工費の低廉さとともに最大課題であった。計画の段階で, PC 斜張橋と他の橋梁形式案との比較検討が行われた。しかし PC 斜張橋は, 美観上優れているばかりでなく, 主径間を長くとれるので, 河川中に設ける橋脚本数が少なくてすむし, 施工中でもカンチレバー工法を採用すれば航路妨害は起らない。また桁高が低いため, 同じ縦断勾配ならば, 取付け道路が短くてよく, 維持管理まで含めた経済性の面でも非常に優れているなど多くの利点を有していることが確認された。ただ他の橋梁案に比べると設計が難しく,

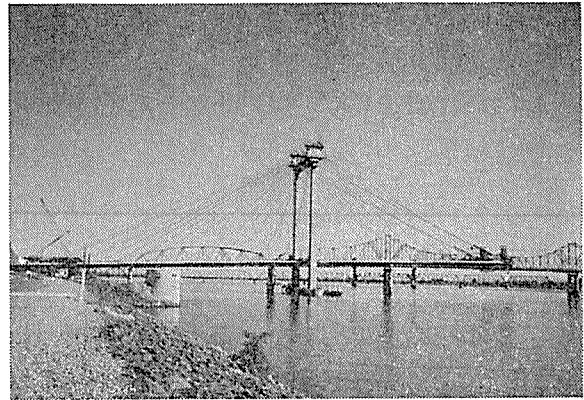


写真-1

施工においても高い精度を要求されるうえに, 新しい橋梁形式であるため, 建設業者が作業に慣れていないという欠点がある。しかし, 結局総合的な判断で, 北米で最初の本格的な PC 斜張橋として採用が決定されたのである。

鋼桁から出発した斜張橋は, 桁・塔とステイケーブルの組み合わせによって多くの形式が考えられる。PC 斜張橋でも鋼斜張橋ほどではないが, かなりの数の形式が考案され, 実用されてきた。Pasco-Kennewick 橋に適用された特徴的な構造を箇条書きにすると次のとおりである。

(1) ファンタイプ

ステイケーブルを塔頂部より放射状に張るファンタイプのケーブル配置は, 平行にケーブルを張るハープタイプよりもケーブルの引張力が有効に利用されるため, ケーブル鋼材量が少なくてすむ。また塔の途中に大きな曲げモーメントが生じることもない。

(2) マルチケーブル方式

ステイケーブル間隔を狭くして, 多本数のケーブルを張りめぐらすと, 桁の曲げモーメントが減少するので桁高は低くてよい。さらにこれらの本ケーブルを使用しながら架設をするため, 架設費が少なくてすむし, 空気弾性学的にも優れた挙動を示す。

(3) 2面ケーブルと桁形状

桁断面の両側に 1 対のケーブルを配置すると, 橋全体のねじり剛性が増し, 桁断面自身には大きな剛性が不要

* 大成建設(株)土木本部設計部設計課長

** 大成建設(株)土木本部設計部

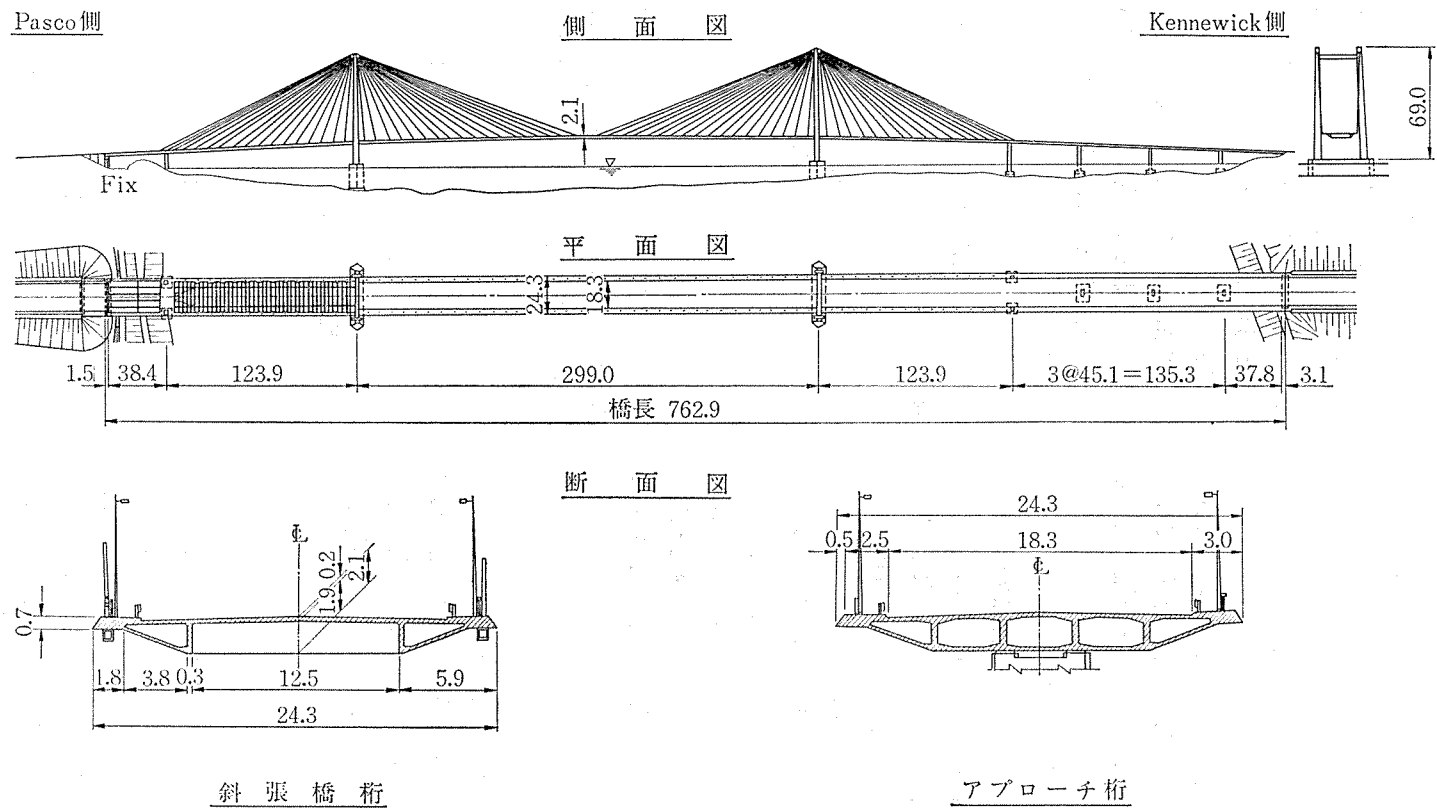


図-1 一般図

である。風の抵抗力を減じるため桁断面の両側に3角形の箱桁を配置したが、中央部はスラブと横桁よりなる単純な開断面である。

(4) 連続桁

連続桁にすると、伸縮継手の個数が減り、その維持管理の手間が省けるとともに、車の走行性も向上する。

(5) 桁はステイケーブルによってのみ吊られ、塔位置でシューにより鉛直方向に支持されない。

大きな負の曲げモーメントの発生を避けた。

(6) プレキャスト部材

高品質のコンクリートを手早く製作できる。したがってケーブルアンカー位置で大きな支圧強度を受けても不安がない。一定期間仮置して、クリープ・乾燥収縮の影響を減少させた。

(7) 平行線ケーブルと HiAm アンカー

より線より許容応力度・剛性の高い平行線ケーブルをポリエチレンチューブで包み、工事完了間際にグラウト注入して防食を施した。斜張橋ケーブルは、大きな繰返し荷重を受けるので、高い疲労強度をもつ HiAm アンカーを使用した。このアンカーはレオンハルト博士とスイスの BBR 社が共同開発したもので、すでに多くの斜張橋で使用されている。我が国では、神鋼鋼線(株)が技術導入し、生産体制を整えている。USA での使用は初めてなので、ケーブルおよびアンカーの静的・動的試験がテキサス大学で行われ、十分な性能が確認された。

3. 設 計

PC斜張橋は高次の不静定構造物であるとともに、高張力ケーブルとコンクリート部材が複合的に使用されているため、解析は複雑である。したがって、従来のものよりさらに広範囲にわたる検討が、種々の荷重条件やあらゆる自然条件を対象にして必要だった。

(1) 静的解析

全体系に対しては、111 節点、180 部材からなる平面モデルを構造解析プログラム「STRUDAL」を用いて弾性解析した。ステイケーブルの弾性係数は、死荷重に対する活荷重の割合が小さいため、ケーブルのサグ量を無視し一定とした。さらにタワーヘッドは有限要素法、塔は3次元解析、桁には格子理論による解析を適用して、付加的な検討を加えた。桁断面の設計は、AASHO で規定される限界状態設計法に基づき、必要に応じて桁内に付加的な PC 鋼材を配置した。

(2) クリープと乾燥収縮

ステイケーブルは鋼部材であるため時間的な変形をほとんど起こさない。ところがコンクリート部材である桁

・塔は、クリープ・乾燥収縮により変形を起こす。桁の曲げモーメント分布がステイケーブルの定着点を固定と考えた連続桁の曲げモーメントと異なっていると、桁のクリープ現象により、その差は減少していく。また桁と塔はクリープと乾燥収縮により短縮し、構造系全体の断面力の再分配が起こる。したがって、クリープ・乾燥収縮の影響は、上記の2つの合計となって現われてくる。本設計では、架設完了時のケーブル緊張力は、最終的に桁に発生する曲げモーメントがステイケーブル定着端を固定と考えた連続梁と同じ値になるように調節された。

(3) 温 度

全体系に対して、均一の温度変化は $-31^{\circ}\text{C}\sim+25^{\circ}\text{C}$ である。局所的な温度差は、ケーブルと桁が $\pm 14^{\circ}\text{C}$ 、桁の上下面で $\pm 6^{\circ}\text{C}$ 、塔の南北両面で $\pm 6^{\circ}\text{C}$ の3通りを考慮した。

(4) 風

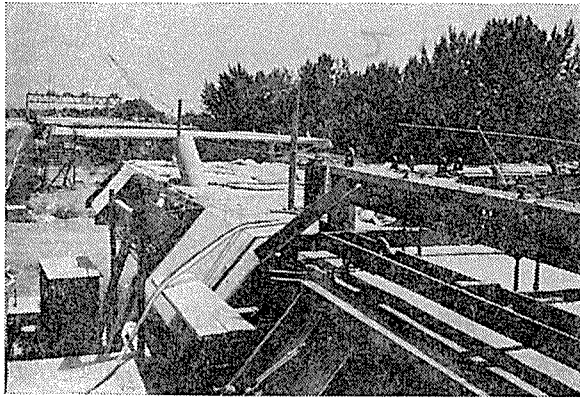
風に対する抵抗を減じる目的で、桁の断面について風洞実験した結果、この橋が採用した断面形では、その抗力係数は $C_D=1.17$ まで減少させることが証明された。系全体の動的な応答については、すでに実験で、マルチケーブル方式が非常に優れた振動減衰性を有することが確かめられている。

(5) 地 震

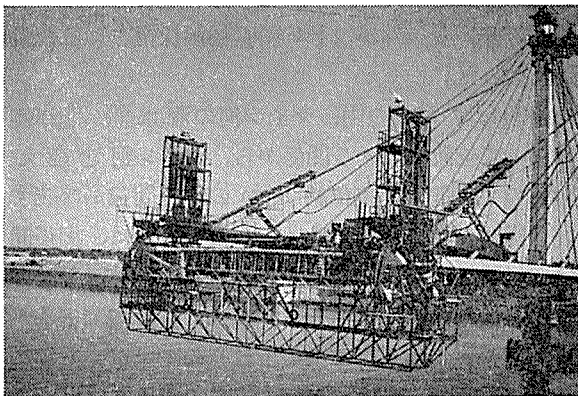
架設地点は、先のロスアンジェルス地震で代表されるような有名な地震地帯であるので、当然地震に対する配慮がなされた。その基本的な考え方は、桁に作用する地震力を固定点で抵抗させるのではなく、むしろ桁自体を自由に振動させて、大きな力が発生するのを押えるというものである。したがって、風荷重に抵抗するストッパーも、一定荷重以上の地震力が作用すると、自動的に破壊するようになっている。

4. 施 工

架橋地点に近いブロック製作ヤードでは、鋼製型枠を用いて、4日に1個の割合でブロックが作られた。ブロック相互間の密着性を高めるため、前に製作したブロックを妻型枠代わりに使用した。コンクリート打設が完了したブロックは、蒸気養生の後、数か月、貯蔵ヤードに仮置される(写真-2)。製作ヤードでの作業と併行して、ケーソン・塔・アプローチ桁の施工が行われた。塔付近の桁は、ブロック吊上げ装置(トラベラー、写真-3)が乗る長さ分だけ場所打ち施工された。しかしこの部分の桁は、本設のケーブルが取り付けられると、すぐその型枠支保工は取り払われる。結局全桁のうち、場所打ち施工された部分は、Pasco 市側 55.9 m、Kennewick 市側 192.2 m、2か所の塔部分で各 18.3 m である。桁



写真—2



写真—3

のカンチレバー施工は、塔を中心にして左右順次行われるので、施工中、塔に大きな曲げモーメントが発生する。そこで施工に先立ち、塔の先端よりバックステイケーブル1本が橋脚と、仮設ケーブルが他方の塔基部と結び、施工中、塔に過大な断面力が発生するのを防止した。仮置されているブロックは、横締ケーブルの緊張後、バージに積み込まれてトラベラーの直下まで水上輸送される。長さ 8.2 m、重量 300 t のブロックは、トラベラーにより吊り上げられ、一度接着の具合を確認した後、接着面に樹脂を塗布し、断面内に配置されている P C 鋼棒を緊張して固定させる。接着剤の固化を待って、

1 対のケーブルが、塔頂部のアンカーヘッドと桁ブロックに装着される。新しいケーブルの緊張に続いて、付近のケーブル 4 ~ 8 本に緊張力の再調整が施される。そして塔上部のストラットより張られたトラベラーを支持している仮ケーブルがゆるめられ、トラベラーは次のブロック吊上げ位置へ、8.2 m 前進して 1 サイクルは終わる。Pasco 市側が終了すると、全装置は Kennewick 市側に移され、同様の作業が繰り返されたのである。1 サイクルに要する日数は 4 日であり、全カンチレバー架設は 1 年足らずで終了した。

5. あとがき

筆者の 1 人である今井は、大成建設(株)と西ドイツのレオンハルト・ウント・アンドレ設計事務所との P C 斜張橋に関する技術提携に基づき、昨年 3 か月余り、西ドイツ、シュツットガルト市にある当設計事務所に派遣された。また帰途には、USA、ワシントン州で施工中の当橋梁を見学した。本報告は、その際入手した資料をもとにしたものである。

レオンハルト博士は、Pasco-Kennewick 橋のようなマルチケーブル形式の P C 斜張橋を高く評価し、将来その主径間長は鉄道橋で 500 m、道路橋では 700 m にまで到達可能であると力説している。P C 斜張橋に関しては、ヨーロッパ諸国に遅れを取っている我が国であるが、今後その方面の発展を望んでやまない。

参 考 文 献

- 1) Fritz Leonhardt: "Latest Developments of Cable-Stayed Bridges for Long Spans", Bygningsstatistiske Meddelelser, Vol. 45, No. 4, 1974
- 2) Fritz Leonhardt, W. Zellner, H. Svensson: "The Columbia River Bridge at Pasco-Kennewick, Washington, U.S.A.", FIP Congress in London, 2 May, 1978
- 3) 小原忠幸, 今井義明: "P C 斜張橋——特にレオンハルトタイプについて——", 橋梁, No. 5, 1978
- 4) Arvid Grant: "Pasco-Kennewick Bridge——The Longest Cable-Stayed Bridge in North America", Civil Engineering-ASCE, August 1977