

岐阜県大野郡の尾神橋（尾上郷大橋）について

——— 日本道路公団高橋脚設計要領の由来 ———

山根 巖

要旨 岐阜県大野郡の尾上郷川に架かる尾神橋（工事中の名称は尾上郷大橋）は、庄川水系の御母衣ダム貯水池の建設により水没する旧県道の代替道路において、1959（昭和34）年に架設された橋である。橋長315.7 m、3径間連続トラスと単純合成鋼板桁より成るが、深い渓谷を渡るためその橋脚躯体高さが、48 m、及び34 mの高橋脚であり、鉄骨鉄筋コンクリート構造のフレキシブル橋脚を採用しており、従来とは異なる構造形式及び設計方法を採用している。

この橋梁の深い渓谷を渡る際の高橋脚を含む構造形式及び設計方法は、日本道路公団に伝えられて高速道路調査会の「構造橋梁研究小委員会」の検討を経て、同公団の設計要領の「フレキシブル橋脚の照査」の考え方の基礎を成している。

この高橋脚構造の考え方の発想のヒントは、1932（昭和7）年から3年間にわたり旧内務省土木局により行われた「関門国道連絡方法に関する調査設計」での関門国道吊橋案の主塔の設計の考え方にある。

1956（昭和31）年の指名競争設計で、この考え方が当時の汽車製造KKより提案されて、尾神橋に採用されたことに由来するものであり、同社の設計課長井上映の発案である事が明らかとなった。

この新しい高橋脚構造の考え方の報告文は準備されていたが、尾神橋の架設中の大事故のため発表が見合わされ、設計の考え方のみが日本道路公団に引き継がれた。この報文は、これ等の事情について調査した結果を纏めたものである。

1. 尾神橋建設の経緯

1にその位置を示す。

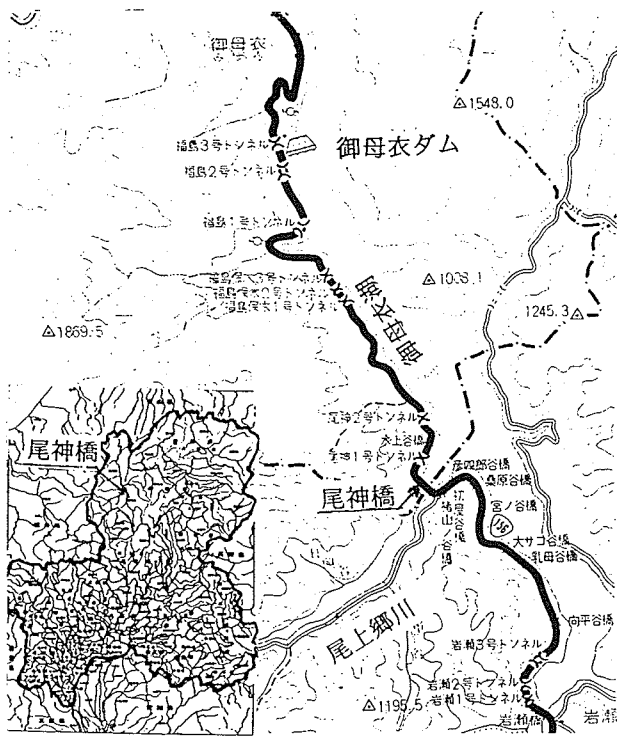
(1)尾神橋の計画

尾神橋は岐阜県大野郡庄川村と白川村の境を流れる庄川水系の尾上郷川に架設された国道156号線の橋梁である。工事中は尾上郷大橋と呼ばれたが、竣工後「尾神橋」と改名された。この橋は国策会社電源開発KKにより建設された、わが国初の大規模ロックフィルダムとして有名な御母衣ダム貯水池に沈む旧県道の代替道路に建設された橋であり、図一

御母衣ダムはダム高131 m、頂長450 m、敷幅560 m、総貯水容量3億7000万 m^3 と言う巨大ダムであり、当時の電源開発の国策に沿って1945（昭和25）年より日本発送電KKが調査を開始し、関西電力、電源開発と受け継いで調査が進められ、1957（昭和32）年6月に着工し、1960（昭和35）年10月に竣工した巨大プロジェクトであった。¹⁾

岐阜県においてもダム建設に伴い水没する県道の

【キーワード】 昭和30年代、フレキシブル高橋脚、構造系及び設計方法、井上 映、通山 康、
【所 属】 正会員、大日コンサルタント（株）、岐阜市 藪田南 3-1-21、



図一 尾神橋（尾上郷大橋）位置図

付け替え計画が1955年頃より進められ、橋長が50m以上ある8橋の橋梁計画も、橋梁係長笹戸松二の元で進められていた。尾神橋の橋梁計画としては、上流側の橋長240mの吊橋案と、下流側の橋長300mの吊橋案及び3径間連続トラス案の三案が比較検討されていた。

(2) 尾神橋の指名競争設計

1956（昭和31）年度の始めに、付け替県道の橋梁設計及工事発注は電源開発の担当となり、工事施工監督のみが岐阜県に委託される事となった。

莫大な工事発注事務を担当する岐阜県側の技術者不足のためと見られる。31年夏に電源開発御母衣ダム建設事務所より汽車製造KK等6社に、上下部構造を合わせて指名競争設計が依頼された。

設計条件は次の通りであった。

橋名 尾上郷大橋

位置 岐阜県大野郡白川村大字尾神

橋長 300m 有効幅員 6.0m

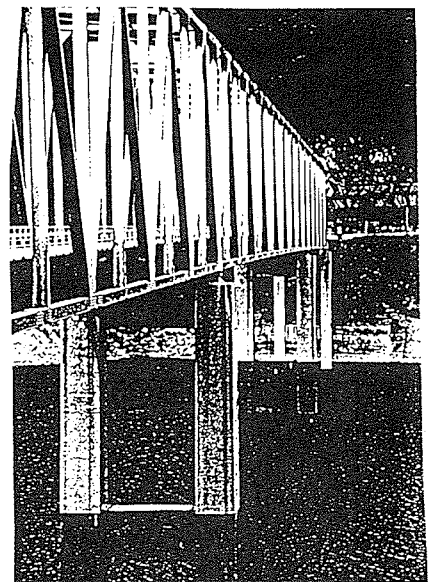
荷重 TL-20、雪荷重なし、材質 SS41

この当時汽車製造KKには取締役として元岐阜県土木部長で、隅田川の清洲橋建設担当者として有名な鈴木清一、大阪製作所設計課長には元大阪市橋梁課の井上映（京大土木昭和2年卒）がおられ、尾神

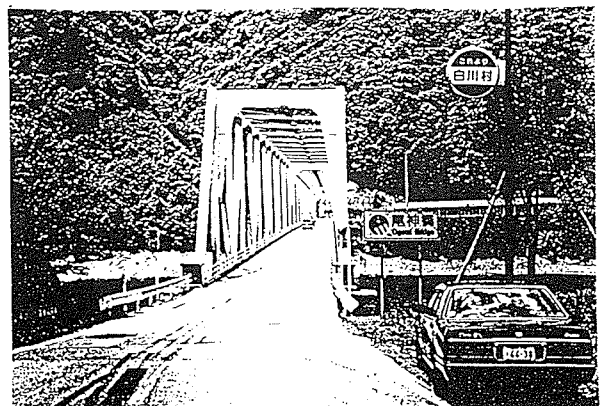
橋の直接の設計担当は通山康（東大昭和27年卒）であった。

井上映より尾神橋の計画案として、1937（昭和12）年の関門国道吊橋案の主塔の設計をヒントとして、主塔の弾性構造の考え方を応用して、高橋脚をフレキシブル構造とした3径間連続トラス橋案が提案された。上記三人でこの提案について詳細に検討した結果、鋼橋脚を採用すれば実施可能である事が分かり、この案で設計して応募された。

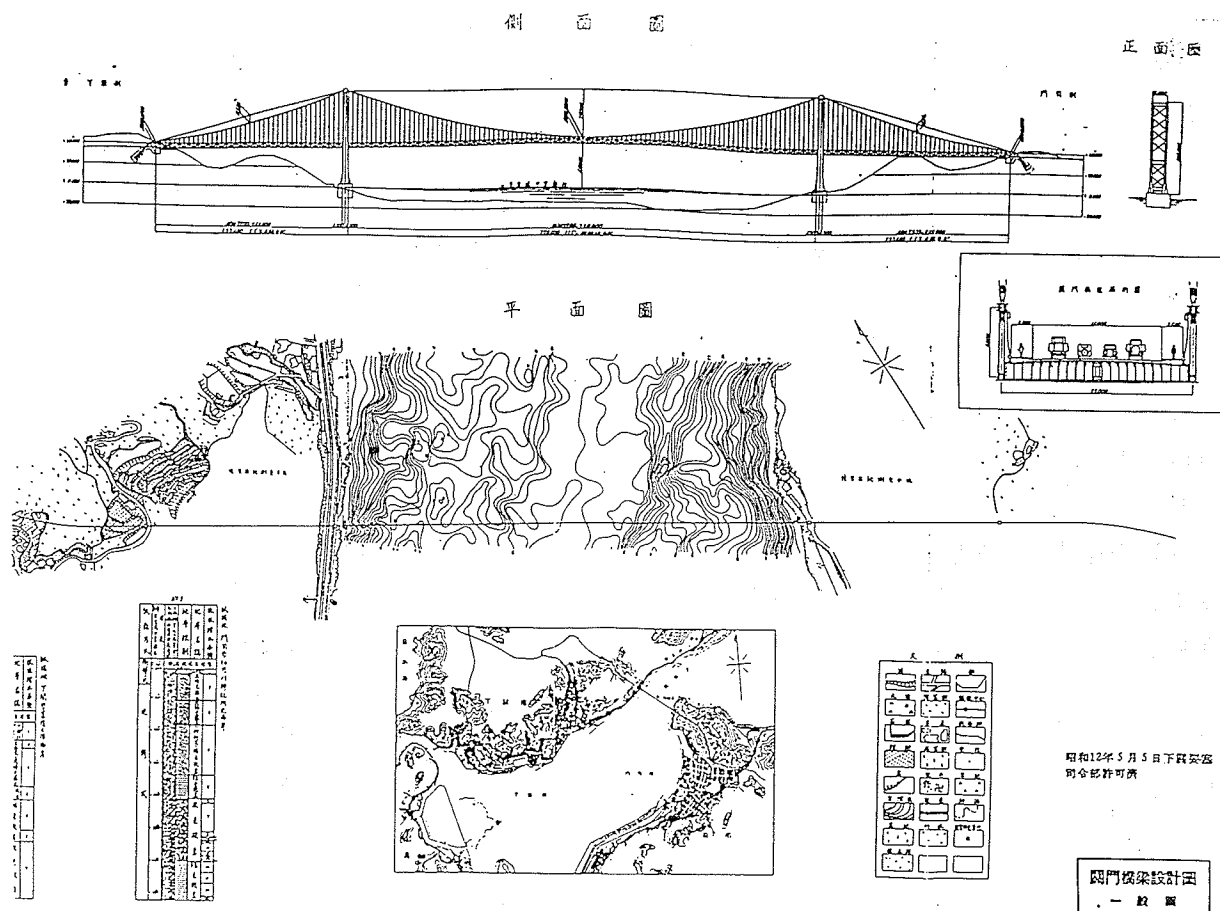
電源開発KKの審査委員会（委員長、御母衣ダム建設事務所長、伊藤令二）の審査の結果、フレキシブル高橋脚の3径間連続トラス案が、施工の確実性と経済性から採用される事となった。尾神橋の全体工事は汽車製造KKが請負ったが、設計と鋼構造部の製作及び上部工の架設は、汽車製造が担当し、下部工の施工は間組が担当した。1957（昭和32）年始めに着工し、予定より遅れて1959年末に完成した。（写真一1及び写真一2参照）



写真一1 尾神橋 現況全景



写真一2 尾神橋 現況橋面



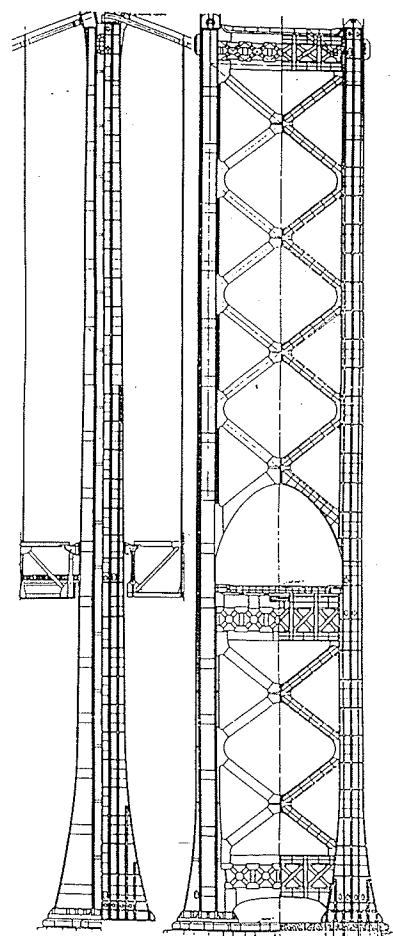
図一 2 関門国道吊橋案 一般図

2. 尾神橋高橋脚設計方針の起源と設計

(1) 高橋脚の設計の起源

尾神橋高橋脚設計方針のヒントとなった関門国道吊橋案は、1932（昭和7）年より3年間に亘り旧内務省土木局が担当して調査設計した、関門海峡早鞆ノ瀬戸に計画された、橋長1320mの橋梁案であった。^{2) 3)}（図一2参照）

1937（昭和12）年8月に調査報告書が出され、主として橋梁架設案と海底隧道掘削案が比較検討されたが、軍事上の理由で海底隧道案が採用された。橋梁案では突桁案や拱橋案と吊橋案が比較され、現地が大支間を必要とする事から吊橋を最適とし、図一2の様な中央径間720m、側径間288mを採用している。ルートは現在の関門国道トンネルの位置である。主塔高は160mで、多セル型断面を有する門型鋼塔である。1931年の米国のジョージワシントン吊橋（中央径間1067m）が剛構造の主塔で建設されたのに対して、塔体を弾性体として塔基部をアンカーボルトにより固定し、塔頂に



図一 3 関門国道吊橋案 主塔一般図

はサドルを置いて水平抗力を取らせ、全体として橋軸方向には撓性構造として設計している。(図-3参照) 橋軸直角方向には、門型の2本の柱を綾構で結合して剛性を高めている。車道幅員15m、両側に各々2.5mの歩道を有し、ジュコール鋼を使用し、吊橋設計理論としては、撓度理論を採用した斬新な設計であった。

形式 上部工 合成鋼板桁、3径間連続トラス
下部工 鉄骨鉄筋コンクリート・撓性構造
基礎工 直接基礎

設計地震震度 水平0.12、鉛直0.10

風荷重 上部工 300kg/m²(無載荷時)

下部工 300+150=450kg/m²

温度変化 ±30度

使用鋼材 SS41(鋼材支給)

尾神橋の設計方針は、検討の結果次の通りであったが、図-4に橋梁一般図を示す。

高橋脚の躯体高さは、48mと34mであり、フーチングを含めた高さは56.1mと39.6mの4層及び3層のラーメン構造であった。

(1) 深い渓谷を渡る3径間連続トラス橋は、右岸側(白鳥側)橋台上を固定支承とし、中間の2高橋脚はヒンジ支承を、左岸側端支承は可動支承とする。単純径間は山側(白川側)を固定支承とし、川側をヒンジ支承とする。(図-4参照)

(2) 尾神橋の設計

尾神橋の当初設計では、当時の橋梁示方書の適用限界である120mによって、支間割は(75+10+75)の連続トラス橋が採用された。

下部工施工中に、右岸側(白鳥側)橋台位置に断層が発見され橋台を山側に15m移動する事となり、支間割は(75+120+90)に変更された。

尾神橋詳細設計条件は、次の通りであった。⁴⁾

橋長 315.7m 有効幅員 6.0m

支間割 (29.4)(75+120+90)

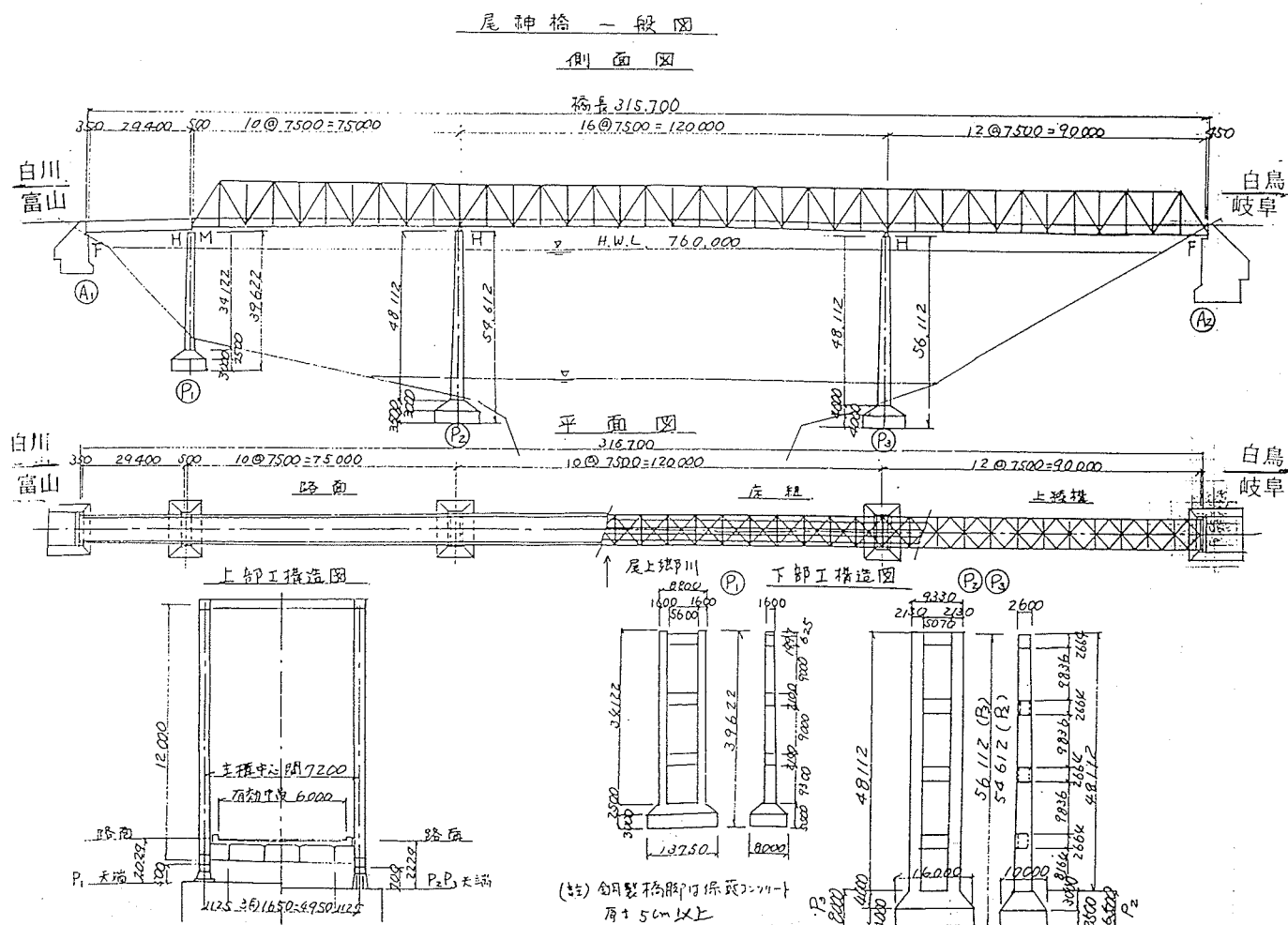


図-4 尾神橋 一般図

(2) 高橋脚の躯体は、鋼箱断面の多層ラーメン構造とし、防錆のため厚さ5cm以上のコンクリートで被覆して鉄筋鉄骨コンクリートとするが、断面二次モーメントとしては、全断面が有効として計算する。

(3) 高橋脚上の支承は固定（ヒンジ）であるので、温度変化による応力を生じ、それに抵抗するのは構桁下弦材の軸方向力のみとし、鋼板桁では下突縁の鋼板の1/4を有効とする。（図-5参照）

(4) 完成後に橋軸方向に地震力が働く場合、高橋脚の上端をヒンジ、下端を固定として、橋脚躯体の地震力の3/8が上端ヒンジ支承に伝達されるものとする。（図-6参照）

固定側橋台の支承には、上部工全自重による地震力及び橋脚支承の地震時水平力が作用するものとする。（図-7参照）

(5) 橋軸直角方向に地震力や風荷重が働く場合、及び温度変化による応力を計算する場合は、4層及び3層ラーメンとして構造解析する。

高橋脚 P_2 の構造一般図を図-8に示す。

高橋脚設計検討ケースは、

① 架設時（橋脚鉄骨のみ）

主、主荷重（死荷重+架設荷重）

温、主荷重+温度応力（橋軸方向及び直角方向）

風、死荷重+風荷重（橋軸に直角）

地、死荷重+地震荷重（橋軸に直角）

② 完成後（橋脚は鉄筋鉄骨コンクリート）

主、主荷重（死荷重+活荷重）

温、主荷重+温度応力（橋軸方向及び直角方向）

風、死荷重+風荷重（橋軸に直角）

地、死荷重+地震荷重（橋軸に直角）

高橋脚の設計では、温度変化による応力の計算と

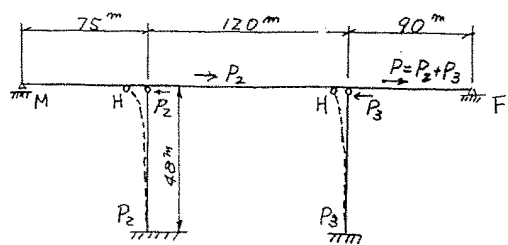


図-5 温度変化時の応力計算図

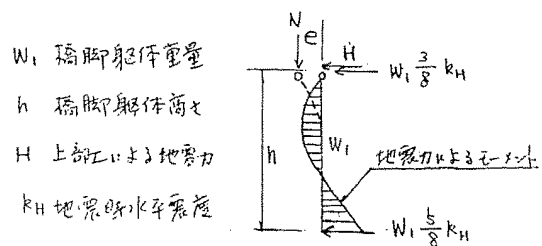


図-6 地震時撓性橋脚の作用力

して、図-5の形で橋軸方向の橋脚の変形による応力を解析している。

また、上部工及び下部工による地震力は、図-7の様に考えて計算している。

高橋脚全体構造の地震時及び温度変化時の基礎反力の計算及び構造安定の照査も、設計方針に基づいて行われたが、基礎地盤は良質の岩盤であり、常時許容値100t/m²としており、いずれの荷重ケースでも68t/m²以下で安全であった。

高橋脚構造でのこれ等の橋軸方向の静的計算方法の基本的考え方は、日本道路公団の設計要領第二集の「フレキシブル橋脚の照査」⁹⁾の関連項目と同様である。

なお、詳細設計においては、京大教授小西一郎及び東大教授平井敦の両先生に御指導頂いたとの事である。

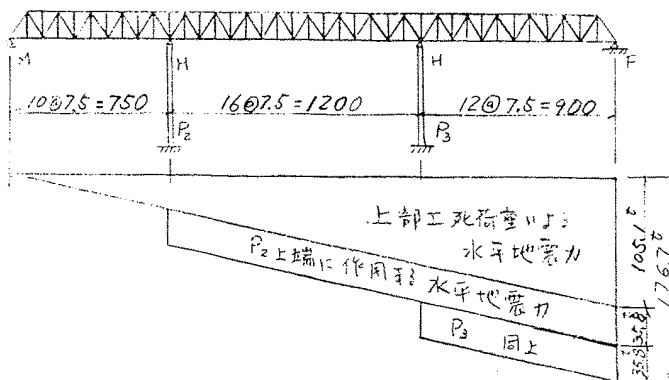


図-7 上部工及び下部工に作用する水平地震力

3. 尾神橋の架設及び事故

尾神橋の下部工の施工は、A₂橋台（白鳥側）で断層が発見されて、山側に橋台を移動させた他は、順調に工事が進行した。（写真-3参照）

尾神橋の連続トラスの架設は、橋脚頂部に仮設のブラケットを設けて、3径間ともケーブル・エレクトションで行われた。（写真-4参照）

右岸側90m支間から架設を開始し、左岸側75

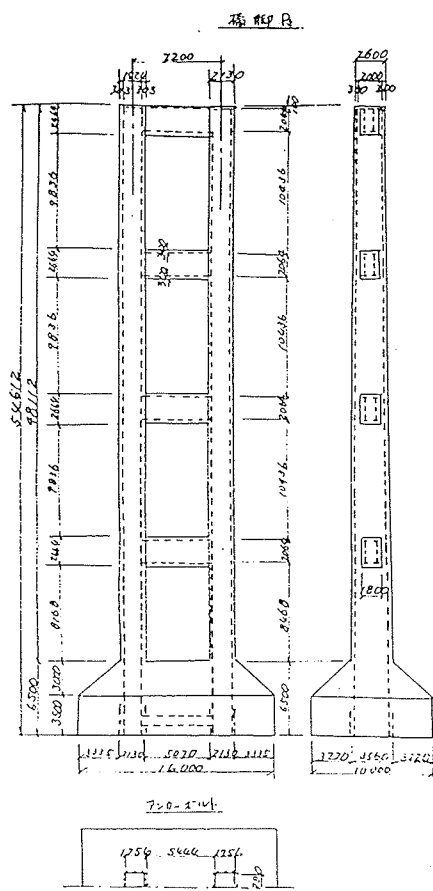


図-8 P₂橋脚 一般図

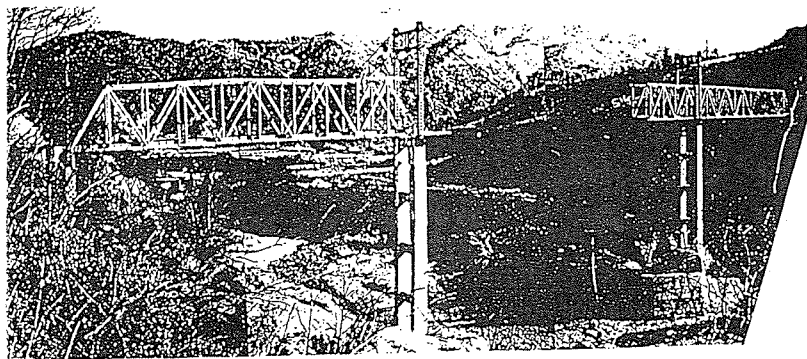


写真-4 尾神橋 上部工再架設中（上流側より）

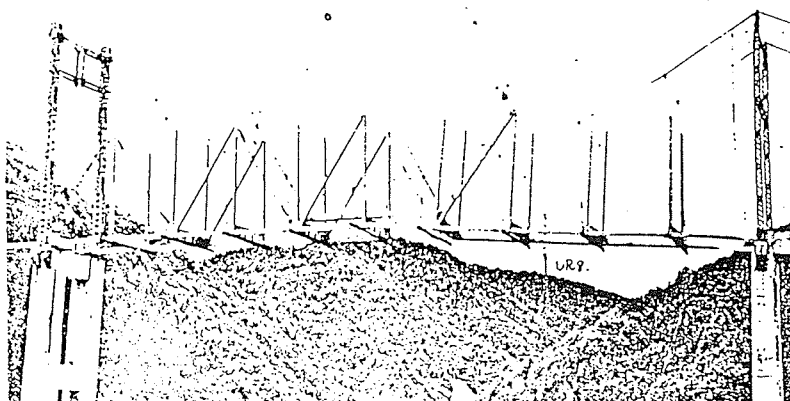


写真-5 尾神橋 上部工事故直前の状況（下流側より）

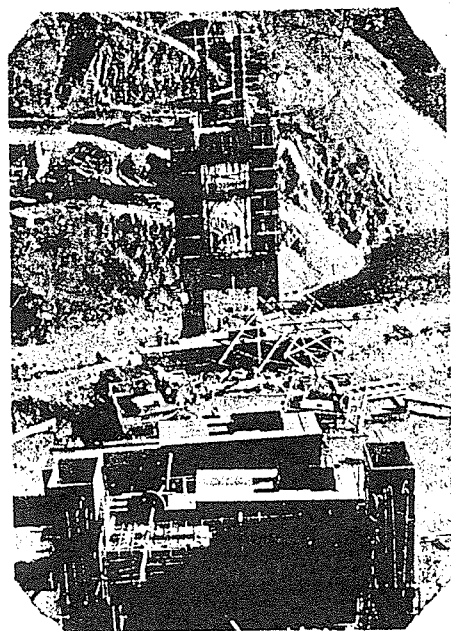


写真-3 尾神橋下部工工事中（A₁橋台より）

m支間、中央120m支間の順序で架設する計画で、90m支間は無事完了していた。1958（昭和33）年8月15日、75m支間の架設中、吊り上げ中の斜材が下弦材に接触したのを契機に、橋体が墜落して4名が死亡した。直ちに「事故調査委員会」が設置されて、各種の調査が行われたが、90m

の支間も同様の方法で架設されているので、原因不明と言う結論になった。（写真-5参照）

再架設の計算は通山康が担当して無事工事を完了したが、1976（昭和51）年に同氏が旧架設計算書を詳細に検討した結果では、架設荷重の掛け方にミスがあった。このため吊ケーブルの長さが間違って計算され、荷重分担が超過し、中央受桁の座屈を生じて橋体が墜落したと判断された。90m支間の架設中は、補強斜ケーブルを使用していたので、これが有効に働いたと考えられる。

この大事故のために、高橋脚フレキシブル構造の新設計法や工事報告は、準備されていながら、発表を見合わされることとなった。

4. 日本道路公団の高橋脚設計要領への採用

日本道路公団では、名神高速道路に引き続き、東名及び中央高速道路の建設が始まると、ルート上には山岳地帯も多く、深い溪谷を渡るために高橋脚の建設が必要となった。

表一 東名、中央高速道路高橋脚橋梁
(フレキシブル形式)

道路名	橋名	橋長(m)	橋脚長(m)	上部型式
東名 高 速 道 路	柳沢第一橋	236.000	39, 45, 34.5	4径間連続デックトラス
	柳沢第二橋	100.000	39.0	2径間連続デックトラス
	柳沢第三橋	159.500	40, 38	3径間連続デックトラス
	富沢第二橋	155.000	36, 41, 22.5	4径間連続プレート ガーダー
	酒匂川橋	420.000(上) 481.000(下)	最高約57m	(上) 3径間+2径間 連続トラス (下) 3径間連続トラス (+) 2径間連続トラス
中 央 高 速 道 路	底沢橋	327.653	30, 50, 53.5, 35	3径間連続トラス
	横吹橋	193.000	39, 45	プレートガーダー 3径間連続トラス
	吉野橋	387.600	35.4, 38.3	3径間連続トラス
	境川橋	180.000	21.5, 42	3径間連続トラス
	鶴川橋	417.250	22.5, 28.75, 47.78, 48.38, 230.0	プレートガーダー (+) 2径間連続トラス2連 (+) プレートガーダー
	中野橋	347.100	30.5, 28.5	3径間連続トラス (+) 3径間連続プレート ガーダー2連
	宮谷橋	193.050	30.8, 33.8	3径間連続トラス (+) プレートガーダー
	葛野橋	315.000	30, 40, 37	2径間連続トラス2連
	茂利橋	308.000	24.8, 33.6, 33, 31.9, 29.6	3径間連続トラス2連

従来の橋脚は高さが20mを超える事は少なく、剛体として設計されていたので、30mを超える高橋脚をどの様に設計、施工するか問題となっていた。この為高速道路の各種問題を検討する高速道路調査会の「橋梁構造委員会」(委員長、田原保二、日本大学教授)の下に1964(昭和39)年6月「高橋脚分科会」が設けられ、資料の蒐集や研究が進められた。分科会長は、東大生産研教授久保慶三郎、建設省土木研究所、大久保忠良、吉田巖両研究室長等の外部の研究者を含む委員で、公団技術者を幹事として検討が進められた。当時高橋脚として研究対象とされた橋梁は、表一の通りであった。⁵⁾

尾神橋の橋梁計画が検討された1955(昭和30)年当時、岐阜県の橋梁係長であった笹戸松二は、高橋脚の設計に高い関心を持っており、尾神橋の橋梁計画でも高橋脚による連続トラス橋案が比較検討されていた。氏は1957(昭和32)年4月には、「御母衣電源開発工事監督事務所」の工務課長として転出したが、3ヶ月後には日本道路公団に入社している。

入社後構造物専門技術者から成る総裁室田原調査役室に所属していたが、1963(昭和38)年には京浜建設局に新設の特殊設計課長として、東名高速道路の高橋脚を含む長大橋梁の建設を担当する事

となった。

笹戸松二は「構造橋梁研究小委員会」の委員を委嘱されていたが、1964(昭和39)年その下部組織である「高橋脚分科会」の発足時に、汽車製造KKから尾神橋の高橋脚設計の資料を入手し、当分科会の主担当幹事である武藤隼彦に伝えた。

高橋脚分科会において詳細に検討した結果、橋軸方向の静的耐震設計については、「尾神橋」のフレキシブル高橋脚方式が、そのまま承認された。

問題は高橋脚の橋軸直角方向の耐震設計方法であった。高橋脚の断面形状については、合理的で施工容易なI型等断面が原則として採用され、中央道の境川橋、底沢橋、東名道柳沢橋等の電算機による動力学的解析が行われた。⁵⁾更に1966(昭和41)年には、「構造橋梁研究小委員会」の下に「橋梁振動分科会」が設置されて、より詳細な高橋脚構造での橋梁振動性状の研究が進められた。⁶⁾

また、建設省土木研究所への委託により、底沢橋や東名酒匂川橋では、ロケット噴射や起振機による橋脚の振動試験も行われて、高橋脚の設計要領を完成させるための各種の研究が進められた。⁷⁾

以上の様にして、「尾神橋」のフレキシブル高橋脚の新しい設計の考え方は、日本道路公団の高橋脚の設計要領の一部として採用された。今日、山岳地帯での高橋脚を有する大橋梁の建設に当たり、「尾神橋」の高橋脚の構造及び設計の考え方が広く採用されている。この考え方のヒントは「関門国道吊橋案」にあり、「尾神橋」が高橋脚の分野で先駆的役割を果たしている事は、意義深い事と思はれる。

5. あとがき

以上、「尾神橋」の高橋脚建設の経緯と、それ等の設計の考え方が日本道路公団の「フレキシブル橋脚照査」として設計要領の一部に採用された経緯を報告して来た。こら等を纏めると次の通りである。

- (1) 当初「尾神橋」は岐阜県において橋長240mと300mの吊橋及び連続トラス橋の3案で比較検討されていた。1956(昭和31)年春電源開発が設計及び工事発注を担当し、岐阜県には工事監督のみが委託される事となった。
- (2) 「尾神橋」は、電源開発より橋梁メーカー6社に上下部工合わせて指名競争設計が依頼され、汽車

製造KKのフレキシブル高橋脚を利用した3径間連続トラス橋案が採用された。

(3) このフレキシブル高橋脚の設計方針のヒントは、1937（昭和12）年の「関門国道連絡方法に関する調査設計」の中の関門国道吊橋案の主塔の設計の考え方にあった。この新構造及び設計方法は、汽車製造KKの大阪製作所設計課長、井上映の発案であった。

(4) 3径間連続トラス橋は、溪谷の山側に全地震力を取らせる固定支承を有する橋台を設け、中間の高橋脚上はヒンジ支承とし、橋軸方向には高橋脚は弾性体として、橋脚躯体の地震力の3/8を上端ヒンジ支承に伝達するものとした。橋軸直角方向は門型ラーメンとして構造解析している。

(5) フレキシブル高橋脚による新しい構造形式及び設計方法は、大事故のため発表が見合わされたが、元岐阜県橋梁係長であった笹戸松二により日本道路公団に伝えられた。

(6) 日本道路公団では、高速道路調査会の「構造橋梁研究小委員会」及びその下の「高橋脚分科会」において詳細に検討して、「尾神橋」のフレキシブル高橋脚の考え方が橋軸方向について採用された。

橋軸直角方向については、合理的で施工容易なI型等断面が採用され、更に、「動力学的解析」や現地での高橋脚の振動試験を通じて、フレキシブル高橋脚の設計要領の完成のための研究が進められた。

(7) 深い溪谷を渡る橋梁でのフレキシブル高橋脚を採用した新しい構造及び設計方法は、今日では広く一般に使用されている。この考え方のヒントが「関門国道吊橋案」にあり、当時の常識的な考え方を転換して、新しい考え方を採用した「尾神橋」の設計に由来する事は意義のある事と思はれる。

6. 謝辞

本報告文の作成に当たり、各種資料を提供して頂いた(株)橋梁研究センター通山康、及び(株)アイ・エヌ・エー武藤隼彦の両氏に、心から感謝いたします。

[参考資料]

- 1) 電源開発株式会社、30年史編纂委員会「電発30年史」昭和59年4月、125頁
- 2) 内務省土木局編「関門国道連絡設計調査書」昭和12年8月
- 3) (財)土木学会編「日本土木史（大正元年～昭和15年）」昭和40年12月、690頁
- 4) 電源開発（株）「尾上郷大橋下部構造設計計算書」昭和32年7月
- 5) (財)高速道路調査会、高橋脚分科会「高橋脚橋梁の研究」昭和41年2月
- 6) (財)高速道路調査会、橋梁振動分科会「橋梁の振動特性に関する研究」昭和41年12月
- 7) (財)高速道路技術センター編、「高速道路はじめて事典」平成9年10月、150頁
- 8) 日本道路公団「設計要領第二集」昭和55年4月、6-18