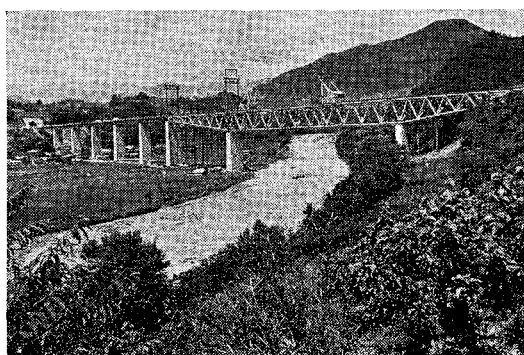


# 長径間高橋脚の新桂川鉄道橋梁の設計施工

西 亀 達 夫\*  
宮 下 和 夫\*\*

写真-1 架設完了直後の新桂川橋梁全景



## 1. ま え が き

中央本線相模湖～甲府間約 70 km の複線化工事は、年々増加していく中央本線の輸送需要に対処するため、国鉄第三次長期計画の幹線輸送力増強の一環として計画され、昭和 40 年度より本格的な工事に着手したが、43 年 10 月 1 日に実施されたダイヤ改正までに、その大部分である相模湖～石和間約 64 km の複線化工事が完成した。この複線化工事は、地形上、橋梁、トンネルの数がきわめて多く、橋梁では、延長 514 m の新桂川橋梁をはじめとして 118 ヶ所、総延長約 2.3 km、トンネルでは、延長 4670 m の新笹子トンネルをはじめとして 20 ヶ所、総延長約 19.8 km におよぶものである。このうち桂川水系に架設された諸橋梁は表-1 に示すように橋脚の高さが比較的高いものがみられる。

これら諸橋梁のうち、新桂川橋梁は、上部構造が 3 径間連続上路トラス（支間 70 m + 130 m + 70 m）と支間 40 m の箱形合成桁 6 連、下部構造が高さ最高 41 m の矩形断面鉄骨鉄筋コンクリート橋脚 8 基（うち 1 基は鉄骨なし）からなり、支間 130 m は大阪環状線安治川橋梁（ランガーガーダー）の 120 m を越えて国鉄で最も長い支間であり、1 連の橋長 270 m は北陸本線 新黒部川橋

梁（4 径間連続トラス）の 252 m をしのいで国鉄で最も長い橋梁である。また、40 m 級の高い橋脚がたちならぶことも比較的珍しい例である（写真-1 参照）。

以下、この新桂川橋梁の計画・設計・施工の概要について述べる。

## 2. 計画、設計の概要

### (1) 計 画

新桂川橋梁は、中央本線鳥沢～猿橋間の線路増設にもなって計画された。この駅間は、在来線の線路は急曲線が多く、速度制限の原因となり、また明治 35 年に開通して以来、改良工事がほとんど行なわれず、老朽化した橋梁、トンネルが散在し、おおむね取替時期に達していたこともあり、線形改良、防災対策、列車のスピードアップなどを勘案した結果、在来線の駅

表-1 中央本線 相模湖～甲府間主要橋梁

駅 間	橋 梁 名	橋長 (m)	橋脚最高長 (m)	上 部 構 造
鳥沢～猿橋	新 桂 川	514	41.0	3 径間連続トラス 70m+130m+70m, 合成桁 40m×6 連
山梨市～別田	笛 吹 川	163	12.5	スルーガーダー 22.3m+31.5m+45.5m×2 連+16.0m
鳥沢～猿橋	小 沢 川	148	25.7	P C 桁 22.1m×2 連+25.1m×4 連
大月～初狩	新第 3 笹子川	137	7.0	P C 桁 6×22.1m
上野原～四方津	鶴 川	115	19.0	3 連径間連続デッキガーダー 35m+46m+35m
初狩～笹子	新第 4 笹子川	99	24.5	P C 桁 31.8m+32.1m×3 連
藤野～上野原	諏 訪	98	16.5	コンクリート桁 15.8m×6 連
勝沼～塩山	新 重 川	91	10.1	コンクリート桁 22.1m×4 連
四方津～梁川	大 呼 戸 沢	89	20.0	コンクリート桁（アーチ）11.0m+58.0m+15.8m
大月～初狩	新第 1 笹子川	69	11.0	P C 桁 22.1m×3 連
梁川～鳥沢	西 沢	58	22.0	P C 桁 28.3m×2 連

\* 正会員 工博 国鉄構造物設計事務所所長

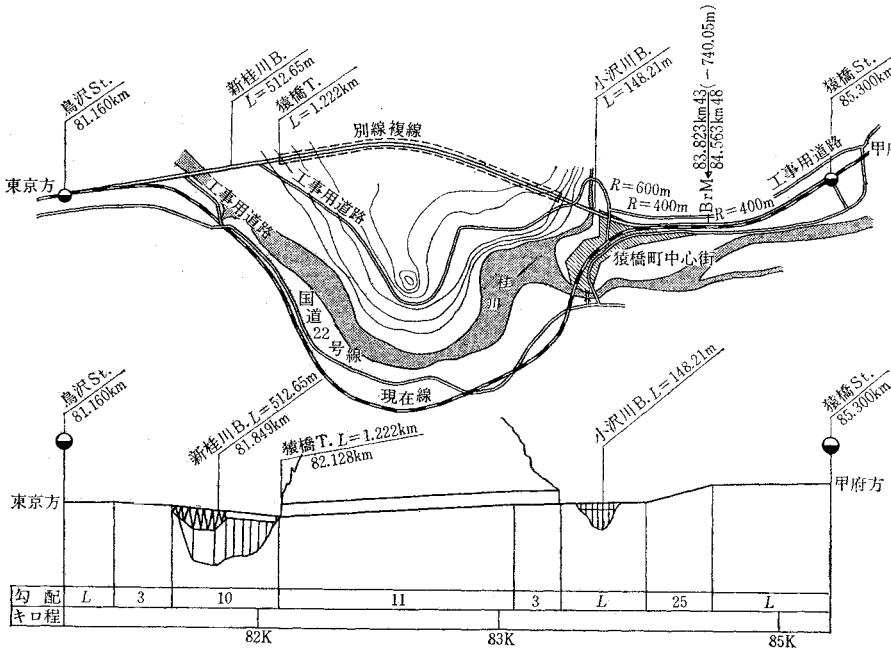
\*\* 正会員 国鉄東京第二工事局局長

間 4.1 km を約 700 m 纏絡する別線複線案を有利と判断し、在来線を放棄することにした。図-1 に鳥沢～猿橋の平面略図および縦断略図を示すが、地形上猿橋トンネル(延長 1.222 m)、小沢川橋梁(延長 148 m)の主要

構造物のほか、桂川を斜めに横断する延長約 500 m におよぶ新桂川橋梁を計画することになった。

## (2) 橋梁形式の決定

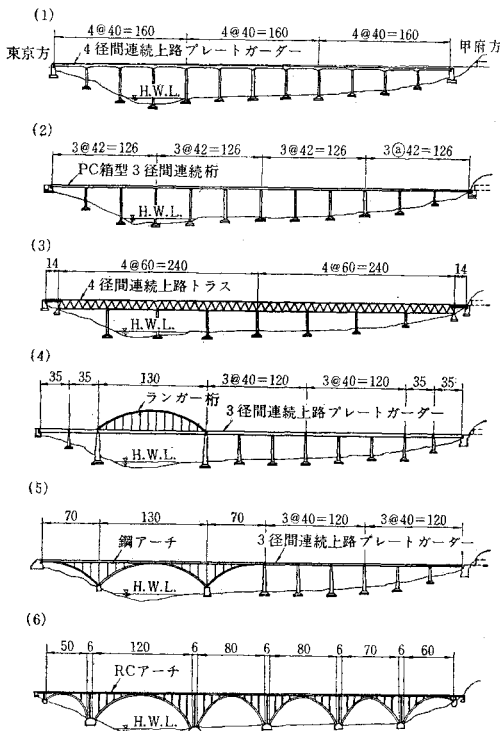
図-1 鳥沢～猿橋間平面および縦断略図



新桂川橋梁の形式決定に当っては工費、工期、施工の難易や、用地買収、河川との関連などのほか、広い峡谷を渡る橋としての美観をも考慮して、種々の形式について比較検討を行なった。

図-2 に比較した主な形式を示す。まず、スパン割については、橋脚の高さが約 40 m であることから、上部構造は 40 ~ 60 m 程度の上路プレートガーダー、上路トラス、

図-2 新桂川橋梁比較形式



PC桁について比較した結果(図-2の(1),(2),(3)参照)、スパン 40 m 級が経済的であることがわかった。一方桂川は、上流にある八ツ沢ダム放流によって水位が急に上昇することや、河川管理上からみても、1スパンで渡ることが望ましく、したがって、平水位部に対し、1スパン 130 m 程度の主径間が必要となり、上路トラス、ランガー桁、鋼アーチ、RCアーチなどを比較検討した結果、施工が容易で工期も早く、したがって、経済的である3径間連続上路トラスを採用することに決定した。

甲府方の橋梁形式については、前記の経済比較から支間は 40 m としたが、地上部分には人家、田畑があり、用地買収の際騒音に対する苦情が多いこともあって、騒音の少ない道床式としたが、桁重量が少なく架設が容易で経済的である合成桁を採用することにした。

図-3 に新桂川橋梁の一般図を示す。

## (3) 上部構造の設計

### a) 3径間連続上路トラスの形式

部材数が少なく、架設上および重量的にも有利であり、美観もすぐれている垂直材のないワーレントラスとしたが、主構形式は図-4に示すように、平行弦、中

図-3 新桂川橋梁一般図

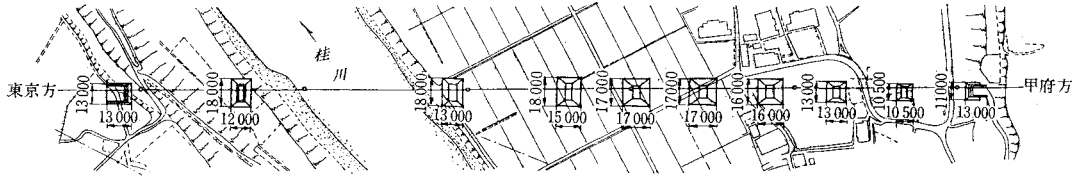
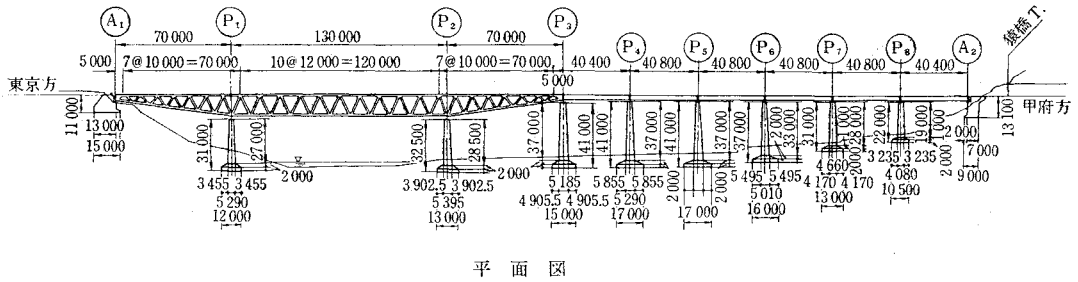


図-4 ワーレントラスの骨組比較図

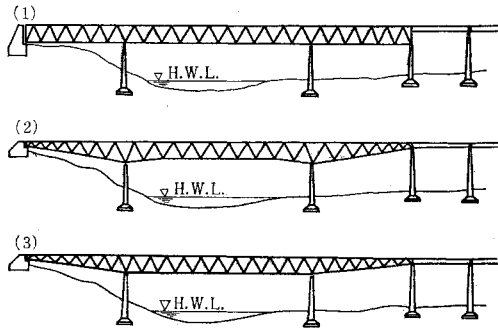
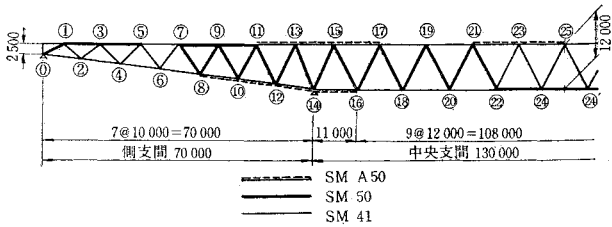


図-5 主構の使用鋼材種別



央・側支間とも高さを変えたもの、側支間のみ高さを漸変させたものを比較し、また、側支間の斜材の傾斜（したがってパネル間隔）も図-4(2)のように全部平行とする場合と、図-4(3)のように格間を等間隔として斜材の傾きを漸変させる場合とを比較したが、経済的にはほとんど差がないので、外観の上から、図-4(3)の形式を用いることとした。

なお、側支間端の主構高さは、隣接する合成桁の高さに合うようにし、端斜材の上隅には薄板を張って、外観上合成桁との連続性を保つように考慮した。

b) 使用鋼材

図-5 に示すように、主構の材料は SM 50 Y ( $\sigma_{fa}=2000 \text{ kg/cm}^2$ ), SM 50 ( $\sigma_{fa}=1800 \text{ kg/cm}^2$ ), SM 41 ( $\sigma_{fa}=1300 \text{ kg/cm}^2$ ) を応力に応じて用いたが、SM 50 Y 部分については、強度レベルがそれに等しい耐候性鋼材 SMA 50 を使用した。なお、まくらぎ載荷その他による腐食の影響の大きい縦桁や横桁には、それぞれ SM 41 相当、SM 50 相当の耐候性鋼材が使用されている。

c) 架設応力

中央径間は両側径間からはね出し中央で閉合し、カンチレバーとして作用するトラス重量はそのままとし、あとから載荷される歩道、軌道重量等と活荷重に対しては連続桁として作用するように設計した。架設後支点反力を調整して、全死荷重に対し連続桁となるようにすることも考えられるが、その場合の主構応力の増減は表-2 に示すようで、主構重量としては 3% 程度の節減にしかならないので、応力調整の手間などを考えて、はね出しのまま閉合するのを有利と判断した。

d) 端支点負反力の対策

トラスの端支点では、活荷重により上向き反力を生じするため、東京方橋台上（固定端）では、図-6 に示すよ

表-2 架設後カンチレバーのままと連続とした場合の軸力の増減 (t)

部 材	カンチレバーのままの場合の軸力		連続とした場合の軸力		軸力の増減		
	最大	最小	最大	最小	最大	最小	
上弦材	5~7	519.2	-395.7	372.1	-531.4	△ 147.2	△ 135.7
	13~15	1284.2	356.6	1132.6	251.9	△ 151.6	△ 104.6
	23~25	89.7	-775.3	-98.0	-957.9	△ 187.7	△ 182.6
下弦材	6~8	311.4	-583.7	451.5	-428.4	140.1	155.3
	14~16	-298.8	-997.6	-182.7	-842.5	116.1	155.2
	24~24'	798.4	-66.8	983.6	124.9	185.2	252.0

注：軸力の増減欄で△印は圧縮力が増した量、付号のない部分は引張力の増加により軸力が増した量を示す。

うなアンカフレームを埋込み、これにシューを定着し、甲府方端支点上（可動端）では、図-7 に示すようにトラスと合成桁の接続部分を懸違い構造とし、合成桁をトラス上に設置して、合成桁の死荷重を有効に利用した。

図-6 東京方端支点（固定端）

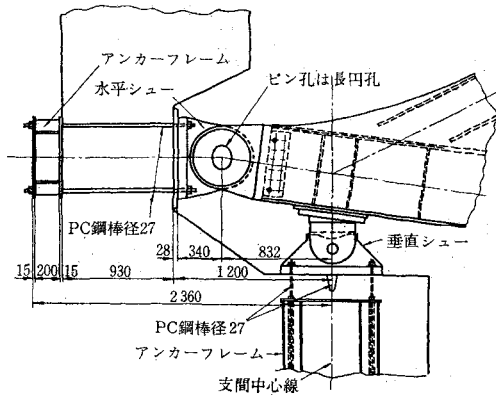
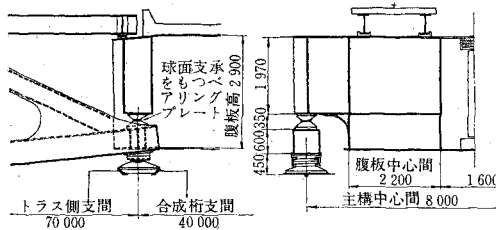


図-7 懸違い部詳細図（可動端）



e) 現場継手に高力ボルトを採用

高力ボルトは架設手順上有利であること、所要本数が減ること、リベットの場より孔径の精度や孔のくい違いもゆるやかにできることなどの利点があるので、現場継手はすべて高力ボルトとした。そのため、格点のガセットプレートを小さくすることができて、スマートな設計ができた。使用した高力ボルトの数量は F11 T 54 000 本、F9 T 54 000 本である。

また、高力ボルトの採用により、主構のボルト孔は、片持式架設上の精度を考え、1部材に16個のパイロットホールを仮組立時に1分ぐりて正しくあけ、他の孔はあらかじめフルドリルしておくことによって、精度の確保と孔あけの能率化をはかることができた。

f) シューの構造

東京方橋台は固定端であるので、橋軸方向の水平力に対しては、図-6 に示す水平シューを取り付け、PC鋼棒でアンカーした。このほか、閉合時に橋軸方向に移動可能なように、垂直シューは、水平に対しても滑動できる構造になっている。中間シューは、歯車を利用した鎖定子を設けて大きな移動に対処した。

合成桁の固定端は、トラスの固定端の水平力を軽減するため甲府方とし、トラス上のシューを可動とし、合成

桁の受けシューは、たわみによる角変化のほか、横方向のたわみに対処する球面を持つベアリングプレートを用いている（図-7 参照）。

g) 保守用通路

点検などのため、橋上面の歩道のほか、合成桁は上部から階段をつけて箱桁内部を通路とし、トラス部分は上弦材から下弦材まで梯子を取り付け、下弦材の内側に歩道を設置した。

h) 地震時の桁落下防止装置

地震時、合成桁およびトラスの転落を防止するため、合成桁を腹板の位置で橋軸方向に連結したほか、図-8 に示すように、合成桁部は、橋脚中央にH形鋼を埋込んだ耐震柱を設け、端横桁と腹板でかこみ、前後左右に落下しないようにし、トラス部についてもシューの前後に

図-8 桁落下防止装置

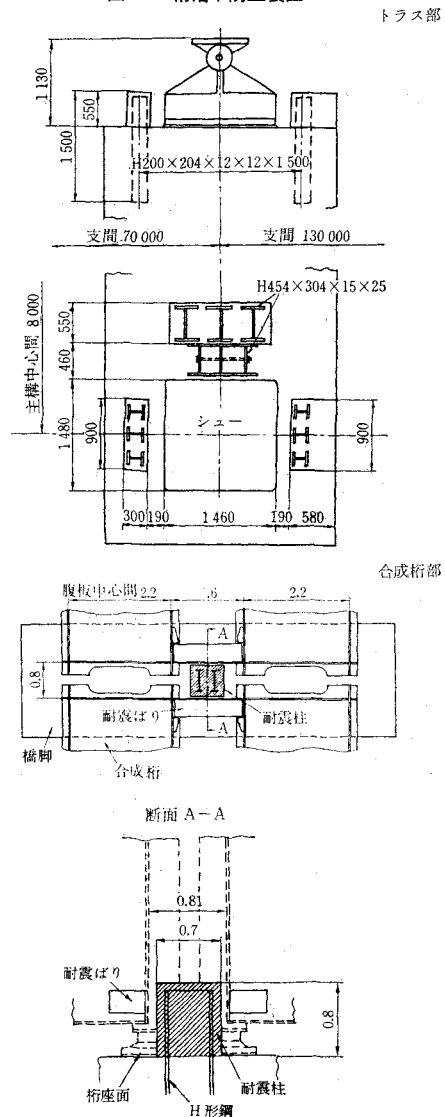
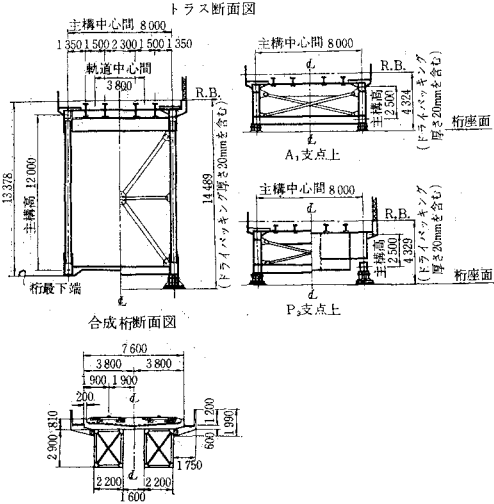


図-9 桁横断面図



i) 設計計算

上部構造の応力計算，部材断面決定などは，電子計算機によって行なわれた。図-9 は桁の横断面図でトラス重量 1566 t，合成桁重量 885 t，合計 2451 t である。

(4) 下部構造の設計

すでに述べたように，新桂川橋梁の橋脚の高さは，最高 41 m におよぶ高さであるため，設計上，地震時の計算に特に配慮を払った。すなわち，地震時の計算は，従来の静的震度法のほか動的解析も行なった。

まず合成桁区間の各橋脚の橋軸方向に関しては，可動支承の摩擦抵抗を無視して桁は固定支承を介して橋脚頂面にのる質点とみなして解析した。橋軸直角方向に関しても，まず橋軸方向と同じく桁を橋脚頂部にのる質点とみなして解析し，つぎに桁と橋脚とよりなる連成系について検討した。

躯体の剛性の高いものほど基礎回転が橋脚の振動性状におよぼす影響が大きいので，躯体の曲げ剛性の大きい橋軸直角方向では，基礎が完全固定とした場合と回転ばねを考えた場合とについて比較検討したが，橋軸方向では基礎が完全固定の場合についてのみ解析した。回転ばね定数は，地盤の弾性係数を 3000 kg/cm<sup>2</sup> として求めた。

地震波としては，本地点の地盤が比較的硬いことを考慮して，El Centro. 1940 NS 成分のほかには仙台 1962 NS を用い，さらに比較のために地盤のやや軟い地点の地震波として，秋田 1964 NS についても検討した。なお，減衰定数はいずれも 0.05 とした。

単独橋脚の動的解析の結果から，橋脚下端の曲げモーメント，せん断力の動的倍率  $\beta_M, \beta_s$  を求めてこれらを

たて軸に，橋脚の一次固有周期を横軸に取って，地震波の応答加速度倍率スペクトルと比較したものを 図-10 に示す。これから  $\beta_M$  はスペクトル値の 0.9~1.0 倍， $\beta_s$  は 0.7~0.85 倍の間にほぼ分布していることがわかる。つぎに El Centro 地震による動的加速度倍率の橋脚高さ方向の分布を 図-11 に示す。図の 2 点鎖線は，従来の設計法で考えている高さ方向の震度の割りましである。

単独橋脚の動的解析から，設計震度に相当する最大加速度をもつ地震波を入力としたときの動的応力は静的設計応力よりも大きいこと，しかしながらそれは必ずしも橋脚が高いから大きいのではなく，動的倍率は橋脚の一次

図-10 (1) 応答スペクトル

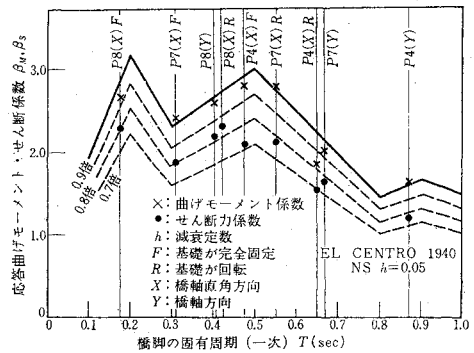


図-10 (2) 応答スペクトル

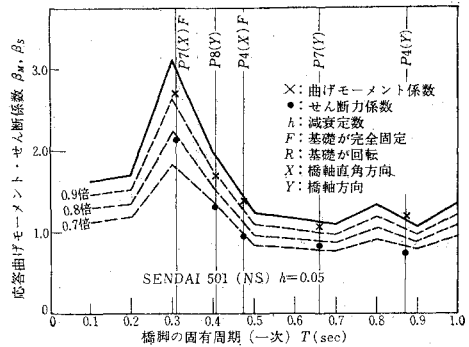


図-10 (3) 応答スペクトル

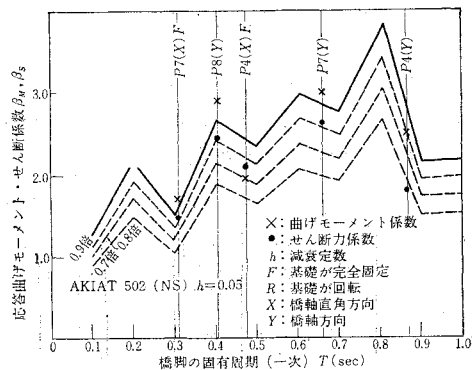
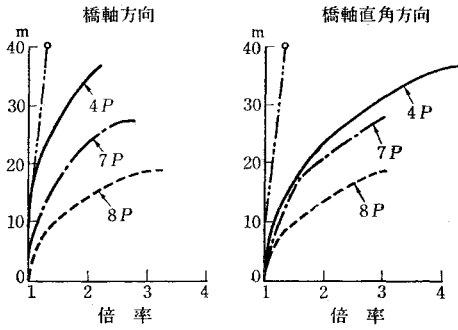


図-11 増速度倍率

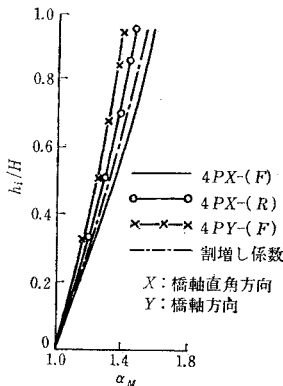


固有周期と地震波の周期特性との関係に大きく左右されること、動的倍率  $\beta_M, \beta_s$  は橋脚の上部に向うほど大きいことなどがわかった。

しかし、本解析では弾性状態だけを対象として、塑性化の影響を考えていないこと、地震波の取り方などまだ問題点が多いことなどを考慮して、設計に当っては動的応力をそのまま用いることはしないで、橋脚下端の応力は震度0.3として従来の

震度法により求め、ただ橋脚上部ほど動的倍率が高い傾向は設計に取り入れた。すなわち、橋脚躯体の応力は震度法により求めたものに図-12の割増し係数を乗じて求めた。この係数は、橋脚各点の  $\beta_M (h=h)$  と橋脚下端の  $\beta_M (h=0)$  との比  $\alpha_M$  をもとにして定めたものである。

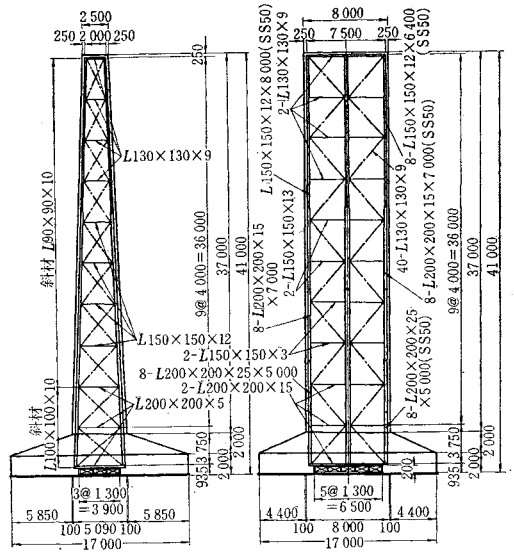
図-12 割増し係数



連成系の解析結果から、トラスの中央スパンの動的倍率は他の短スパン部に比して低いこと、合成桁を単線桁とした場合の桁中央部の加速度倍率は非常に高いこと、合成桁支承部に大きな反力を生じることなどがわかった。設計では、合成桁は複線一体構造とし、支承部、桁端部に桁の落下防止装置を設ける(図-8参照)ことにしてこれに対処した。

橋脚の形式は、図-13に示すように中実テーパつき矩形鉄骨鉄筋コンクリートであるが、鉄骨は鉄筋組立やコンクリート型わく組立に便利のように軽構造の鉄骨

図-13 橋脚設計図 (配筋図は除く)



を使用した。鉄骨はSS50を使用しており、鉄筋の一部と考えて設計した。

### 3. 施工の概要

#### (1) 下部構造の施工

この橋梁付近の地質は、玉石混り砂礫層で転石のある締った地盤である。地質調査は、弾性波探査、ボーリングのほか、施工前に坪掘りを実施して、地盤を実際に確認した。根掘りは、橋脚のフーチングの大きさが17m<sup>2</sup>であることから、機械化工が可能であり、素掘りのまま施工することができた。排水は水中ポンプにより行なった。河川をまたぐ橋脚の根掘りは、仮締切工を施工して不時の出水に備えた。コンクリート型わくは、鉄骨を利用して、作業足場のついた移動型わくを使用し、コンクリート打設は、コンクリートポンプを使用した。表-3にコンクリートの示方配合を、表-4に下部構造の施工数量を示す。

#### (2) 上部構造の施工

##### a) 合成桁の架設

合成桁は、単線分一連の重量が約60tあるので、一連を4部材に分けて現場に搬入した。架設は、手延式工法により、甲府方から東京方へ架設した。手延機は、作業の安全を考慮して降下装置付手延機を使用した。第9径間のみは支保工式架設とし、クレーン車および

表-3 コンクリートの示方配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						合計 (kg/cm <sup>2</sup> )
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和材料 (ポゾリス)	合計	
25	14±1	3±1	52.3	40	157	300	755	150	6.8	2369	200以上

表-4 施工数量の概要

根掘	基礎鉄筋コンクリート	躯体鉄筋コンクリート	床版鉄筋コンクリート	鉄筋	鉄骨
18 100 m <sup>3</sup>	6 300 m <sup>3</sup>	9 100 m <sup>3</sup>	700 m <sup>3</sup>	950 t	230 t

17t 吊りゴライヤスクレーンによる直組架設とした。これは、甲府方の猿橋トンネルの工事と競合するため、場所の余裕がとれなかったためである。そのほかの径間の桁は、第9径間上で組立て、手延機により順次送り出した。図-14 に架設略図を示す。第4径間のみは、トラスと懸違いとなっている関係上、トラスの甲府方側径間完成後、架設を行なっている。

b) トラス桁の架設

トラス桁は、図-15 に示すように、側径間は支保工とし、中央径間は架橋クレーンによる片持式架設とした。東京方の側径間は、架橋クレーンによる片押しで施工し甲府方の側径間は部材の運搬、吊上げをケーブルによることとしたため、橋脚上にケーブル用鉄塔を建植した。ケーブルは2索設置し、キャリアーは、15t 吊り2基を使用した。

架橋クレーン2台は、5t 吊りを7t 吊りに改造し、また部材取り出しのため架橋クレーンの床面と車輪間を改造し、床面をレール面から約3m 高くして、床下から部材が取り出せるようにした。図-16 に架橋クレーンの設計図を示す。

架設に当っては、支保工沈下による格点のたわみ、架設途上でのたわみなどをこまかく計算し、1パネル架設ごとに測量を実施し、中央径間の閉合に備えた。中央径間の閉合は、架橋クレーンの位置変更と、温度伸縮差を利用した。

なお、甲府方のトラス端部には、310m 分の温度変化による伸縮が集中し、温度差 40°C で 160mm の伸びが予想される。このため、第4径間の合成桁の上で、レールに伸縮継目を設置してレールの座屈を防止することにした。桁の温度伸縮については、実測の結果は計算値とおおむね一致している。以上のほか、第4号橋脚の天端およびフーチング上に地震観測装置を設置した。この装置

は、地震を感知する変換器（振子の固有周期、0.25 sec 感度最高 1 gal/cm），増幅器，水晶時計，時刻プリンターなどからなっており、今後、地震観測を継続して行なうこととしている。

なお、この橋脚完成後、国鉄技術研究所の手により起振器による振動試験が行なわれた。

図-14 合成桁架設略図

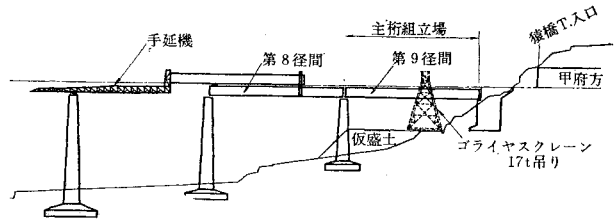


図-15 トラス架設図

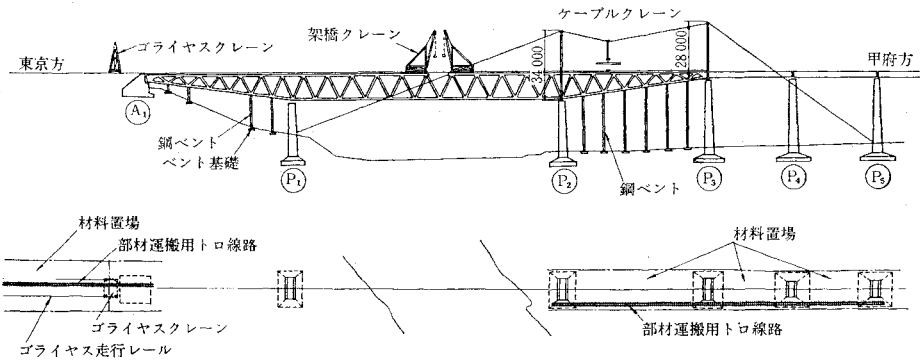
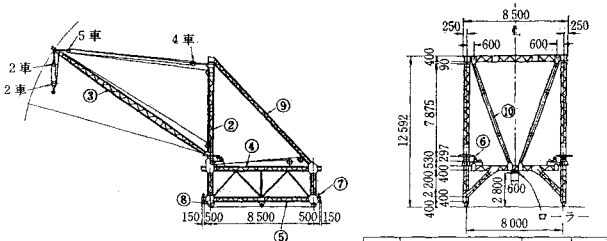


図-16 架橋クレーン



符号	品名	材質	数量
①	20kW 複調ウインチ		2台
②	ポスト	SS 41	2
③	アーム	SS 41	2
④	上部ベースフレーム	SS 41	1
⑤	下部ベースフレーム	SS 41	1
⑥	旋回減速装置		2
⑦	レールクランプ	SS 41	4
⑧	走行車輪	SC 60	4
⑨	レック	SS 41	2
⑩	門形ブレース	SS 41	2

機 能	
巻上荷重	7t(半径13mのとき)
巻上高さ	
巻上速度	約8m/min
ロープ速度	約40m/min
施回回転数	約2r.p.m.
電 源	220V50~60~
軌 間	8.0m





#### 4. あとがき

新桂川橋梁は、昭和40年度に計画し、完成まで約3年間にわたり種々の討議を重ねてきたが、昭和43年10月1日に実施した国鉄ダイヤ改正に間に合わせる事ができた。橋梁の形式決定以後設計施工が急がれ、工程管理には特に意を用いたが、用地買収に手間どったこともあり、桁架設に続く、軌道、電気工事も突貫工事を重ねた。図-17にPERT管理図を示す。

新桂川橋梁の工事費は、下部構造2億7400万円、上部構造4億9500万円、その他1200万円、合計7億8300万円で、橋梁1m当り約1400万円であった。

なお、昭和43年7月初め、トラス桁架設中、震度Ⅲ～Ⅳの地震が数回発生したが、なにごともなく架設を完了することができた。

おわりに本工事の計画・設計・施工に当り、ご協力を頂いた国鉄部内ならびに業界の関係各位に厚く感謝の意を表する。

#### 参考文献

- 1) 中野昭郎・小林基彦：新桂川橋梁の設計，国鉄構造物設計資料，No. 15，昭和43年9月
- 2) 後藤 巖・石崎昭義・小寺重郎：高橋脚の振動解析，鉄道土木，第10巻，第9号，第10号，昭和43年9～10月

(1968. 10. 30・受付)

### 第23回 年次学術講演会講演概要集頒布

第23回年次学術講演会講演概要集の残部がありますのでご希望の方は土木学会へお申込み下さい。

第I部門 (応用力学・構造力学・橋梁等210編)

頒価800円(〒110円)

第II部門 (水理学・水文学・河川・港湾・海岸工学・発電水力・衛生工学等213編)

頒価800円(〒110円)

第III部門 (土質力学・基礎工学・土木機械・施工・トンネル等136編)

頒価600円(〒90円)

第IV部門 (道路・鉄道・コンクリートおよび鉄筋コンクリート・土木材料・都市計画・交通・計画・測量等203編)

頒価800円(〒110円)

# 土木材料実験

土木材料実験編集委員会編

A5判 536頁 ■定価 1,100円

編集委員長 国分正胤 (東大教授・工博)

幹事 樋口芳朗, 村田二郎, 山崎寛司

執筆者

運輸省	赤塚雄三	日本セメント	塚山隆一
東洋大	岩崎訓明	東工大	長滝重義
東大	岡村甫	中大	西沢紀昭
早大	神山一	国鉄	樋口芳朗
東大	国分正胤	広大	船越稔
東大生研	小林一輔	都立大	村田二郎
法大	小林正几	日本セメント	山崎寛司
東北大	後藤幸正	名工大	吉田弥智
日大	堺 毅		

本書は材料実験に経験の深い研究者がそれぞれの専門とする部分を担当して執筆したものである。記述にあたっては、実験が正しく整然と進められることを目途として各項目を整理するとともに、重要な注意事項を網羅することにより紙面が読者に語りかけ、その豊富な体験がにじみ出てくるように懇切に書かれた指導書で、I部とII部に分け、主として大学の学部、高専の教科書として土木材料の試験方法をI部に収め、II部には大学院や研究所の方々の参考となるような応用的で高級な事項を記載してある。数少い土木材料実験の好参考書として必携の書。

特価 1,000円 期限44年10月末日

東京都港区赤坂1-9-4(郵107)

技報堂

TEL.(585)0166 代 振替東京10