

日本鉄道建設公团 東京支社 川治鉄道建設所正。増田 孝
富田能民

1. 概要

野岩線は国鉄会津線「会津竜」原駅から東武鉄道鬼怒川線「新藤原駅」を結ぶ全長30.9mの単線鉄道である。第2鬼怒川橋りょうは川治温泉駅・下野川治駅間、会津竜原起点25°45'7"に位置し、比較的ゆるやかなV字谷を形成する利根川水系鬼怒川と約45°で交差する全長270mの橋りょうである。地質は起点側川治町出口付近は新第三紀中新世の凝灰角砾岩の基盤岩から成り、段丘堆積層及び崖錐堆積層が覆っている。本橋りょうは日光国立公園内に位置するため、環境庁、河川管理者との協議に基づき、HWLでの河川幅130mに対し粗害率を6%程度に抑えるよう指導を受けた。そのため河川内の橋脚数は2基と考えられ、1橋脚の幅は4m以下に抑える必要がありその結果上部工から発生する地震時線路方向の水平力を各橋脚に分散させず起点側A橋台とする集中支持方式を採用した。

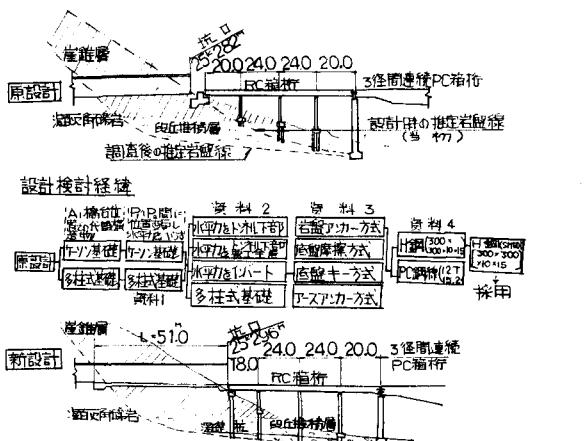
2. 工事概要

本橋りょうの河川の主要部分180mの上部構は美観上、経済上から側空間に對し中央径間比率が1:1.35となる3径間連続PC箱桁(54m+72m+54m)を設計し、施工方法はディビダーフ工法によるカンチレバー架設を採用した。下部構は線路方向のく体幅を4mとし直角方向は安定上斜型断面とした。基礎形式は陸上部は直接基礎、河川内はケーソン基礎とし圧気工法を採用した。又起点側の陸上部は崖錐地域を考慮ため、足場式施工が可能で且つ基礎の掘削量を少なくするよう上部構はスパンの小さいRC連続箱桁(20m+24m+24m+20m)を設計し、施工方法は総足場と現場打とした。下部構は線路方向の厚さを極力しほった壁構造とし、施工方法はライナープレート使用による深壁工法を採用した。

地震時線路方向の水平力は4径間連続RC箱桁を3径間連続PC箱桁をPC鋼棒で連結し、起点側のA橋台とする構造とし、直角方向については各橋脚で分担させる設計とした。3径間連続PC箱桁の下部構は昭和58年3月工事に着手し昭和59年11月に完成した。上部構は昭和59年12月工事に着手し鋭意工事に進められた。しかし4径間連続RC箱桁の上部、下部構及び川治町工事は昭和59年10月に着手し工事に先立ちA橋台付近で追加ボーリングを実施したところ当初想定された岩盤線が確認されず崖錐層が25mまで推移し、岩盤線はその下に存在することが判明した。

3. 設計概要

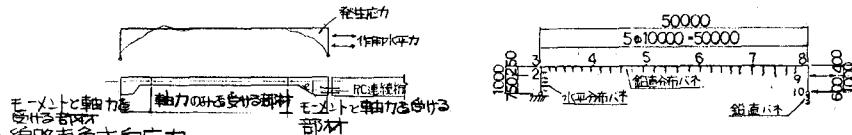
A橋台の代替構造物として右記に示す検討を行った。その結果崖錐層における施工性及び地山強度の評価に不安が残るため、本橋りょうの地震時線路方向の水平力は川治町工事の岩盤(凝灰角砾岩)の支圧力にて構造化し、橋りょうから定着岩盤まではトンネルインパートH鋼(SM50Y)を埋め込み定着する方法を採用した。設計はインパートを弾性支承上の梁と考え、地盤を弾性体としその挙動を連続バネとして取扱い、地盤に接する部材に関して連続分布バネを有する力学モデルに変えこの場合の変形条件式を作成し、部材の両端の断面力と変形量の関係式をつくり剛性マトリックス、応力マトリックスを作成し



て計算を行う。

(1) インバートの線路方向応力

坑口の4径間連続RC箱桁とインバートを連結するPC鋼棒は配置上インバートの部材中心に対し下側に偏心している。トンネル内の定着部も同様に荷重作用位置と定着部が下側に偏心している。そのため水平力が作用した場合、連結部及び定着部に曲げモーメントが発生する。インバートだけを考えれば連結部と定着部に生じた曲げモーメントは桁が押してくる場合インバートには圧縮力とインバート自体上げようとする力に對してはトンネルのクラウン自重及び上載土がこれに抵抗する。又桁が逃げようとする場合、インバートには引張力とインバートを押し下げるようとする力に對してはインバートと地盤が抵抗するので弹性支承上の梁となり地盤が抵抗する。この時インバートの両端部に生じた応力は中央部へ行くに従い減衰すると考えられる。



(2) インバートの線路直角方向応力

負の曲げモーメント（インバート自体上げようとする力）は線路方向にキャンセルする方向であつたが、その押え方はトンネルの側壁によるものであり、直角方向には押えるものがない。正の曲げモーメント（インバートを押し下げようとする力）に對してはインバートと地盤が接しており荷重を支持するので問題ないと考える。

解析は側壁及びH鋼を構成される箱梁セインバートコンクリート版を横梁とした格子構造とする。

4. 設計計算（線路方向）

地盤を弾性体とした杭の解析方程式により引張力、圧縮力のケース別に水平力を与え各節点ごとの水平変位量 δ_x 、直角方向変位量 δ_y 及び節点1、10における反力 R_x 、 R_y を求め、連続分布パネルを有する部材の変形条件式に代入し、各部材応力 (M , S , N) を求める。又地震時水平力が引張力として作用した場合H鋼及び鋼棒を分担し、圧縮力はH鋼インバートに作用した場合鉄筋コンクリートを分担する。

1)荷重 引張力 13t/t, 圧縮力 13t/t

2)条件 列車荷重、トンネル自重、上載土は考慮しない。

・インバートと地盤との摩擦は無視する。

5. 設計計算（線路直角方向）

右図の格子モデルにより格点16, 24, 32, 40, 48に線路方向の曲げモーメント 191.9 t-m を代入し、格点の反力 R_x , R_y , 变位量を求める。変形条件式に入れて各部材の応力 (M , S , T) を求める。又軸線の偏心によるねじりモーメントはH鋼で抵抗するものとする。

④ 連続分布パネルを有する部材の変形条件式

$$\begin{aligned} & \text{左図は} \text{H鋼} \text{を} \text{直角形状} \text{とした} \text{杭} \text{の} \text{一般式} \\ & p_x = e^{i\beta x} (A \cos \beta x + B \sin \beta x) + e^{-i\beta x} (C \cos \beta x + D \sin \beta x) \\ & \frac{dy}{dx} = \theta_x = B[e^{i\beta x}(-\sin \beta x + \sin \beta x) + D(-\sin \beta x + \sin \beta x)] \\ & EI \frac{d^2y}{dx^2} = M_x = 2EI\beta^2[e^{i\beta x}(-\sin \beta x + \sin \beta x) + D(-\sin \beta x + \sin \beta x)] \\ & + e^{i\beta x}(C \sin \beta x - D \cos \beta x) \\ & EI \frac{d^3y}{dx^3} = S_x = 2EI\beta^3[e^{i\beta x}(-\sin \beta x - \sin \beta x) + D(\sin \beta x + \sin \beta x)] \\ & + B(e^{i\beta x}(\sin \beta x + \sin \beta x) + e^{-i\beta x}(C(-\sin \beta x + \sin \beta x) \\ & + D(\sin \beta x + \sin \beta x))) \end{aligned}$$



	2000	2000	5000	5000	2000	2000
1	1	2	3	4	5	6
2	10	11	12	13	14	15
3	18	19	20	21	22	23
4	25	26	27	28	29	30
5	33	34	35	36	37	38
6	41	42	43	44	45	46
7	49	50	51	52	53	54

6. まとめ

インバートのトンネル部への影響はトンネル本体とインバート間にエラスティックな接続を切り、一方作用した場合、トンネル本体に引張力が働くため、覆工鉄筋コンクリートの配筋鉄筋と覆工コンクリートで引張力に抵抗する構造とした。