

VI-80

大規模鋼連続水路橋の

動的解析と設計について

J R 東日本 信濃川工事事務所 正会員 清水 努

正会員 川名 英二

村井 剛之

1. まえがき 現在 J R 東日本で施工中の信濃川水力発電再開工事は、新取水口を中魚沼郡中里村宮中地区の既設の取水口に隣接して設け、信濃川より取水し約27kmの導水トンネルと、途中2箇所の水路橋で有効貯水量 320万 m^3 の山本第二調整池（新設）まで既設の導水路に平行なルートで導水し 107mの有効落差を利用して20万KWの発電を行うものである。

その水路橋の一つ真人沢は中央に1級河川真人沢川と県道を有しており深さ55m、幅 240mの大きな沢である。当初、沢部の送水方法としてサイフォン案と橋りょう案で計画したが、種々検討の結果橋りょう案とした。水路橋は、橋脚高さ55.0m通水能力 110 m^3/sec （水荷重約43t/m）と我が国でも前例のない大規模な4径間鋼連続U型断面水路橋である。橋りょう一般図、断面図を図-1、図-2に示す。

図-1 橋りょう一般図

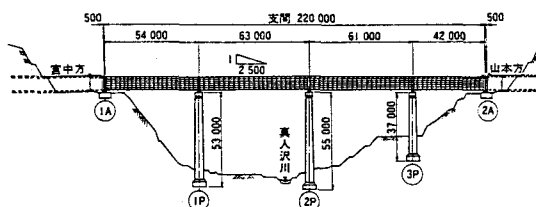
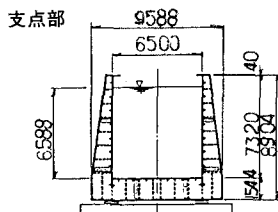
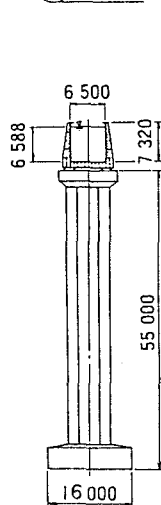


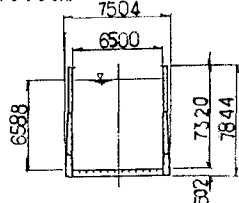
図-2 断面図



2P 正面図



支間中央部

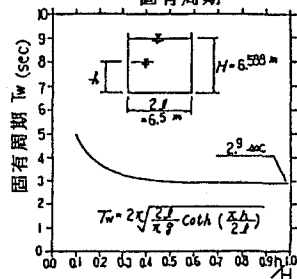


2. 構造形式 水路断面を構成する腹版及び床版（厚さ 11~25mm）は50cm間隔の縦リブと 3.0m間隔の横リブで補強し桁上面には、横構、支材を配置し水圧に対処した。

主桁は、I型断面として設計したが底版については等価支間長から求めた有効幅を縦リブも含めて下フランジ断面とし、腹版は縦リブもウェブの有効断面とみなし水圧による応力度と主桁モーメントによる応力度を合成して部材断面を決定した。横リブについても水圧に対する門型ラーメンフレームの曲げモーメントに抵抗する機能と主桁の補鋼材としてせん断抵抗をも合せもたせる機能とした。また、鋼材は桁の塗替え、補修等が非常に困難になることにより耐候性鋼材（SMA50）の裸使用としたが結露及び安定錆に対する検討を行い底版及び水路内面は塗装仕様とした。

3. 動的解析 本水路は、満水時には43t/mの荷重を要する前例をみない大規模なものとなるため詳細な耐震性の検討を行った。

図-3 水路桁内の水の固有周期



水路桁内の水のSLOSHINGによる自由振動の特性について検討し水の自由振動と水路橋全体の橋軸直角方向の振動特性、並びに桁のねじれ振動の特性とが共振するおそれがないかを調べた。水の自由振動特性は桁を単位長さの奥行きをもった矩形水槽とみなして水の固有周期を求めると図-3のようになる。満水時近くでは、2.9秒と長周期の挙動となり、水路橋の橋軸直角方向の固有周期 1.2~1.7 秒とは大幅に離れた値となった。

また、水路桁のねじれ振動の固有周期も0.25秒といずれも共振の恐れはないと推定されたため荷重となる水は重量効果のみを考慮することにした。入力する地震規模として近傍で発生が予想される直下型地震については250gal、遠距離で発生が予想される大規模地震については150galとした。代表的地震波形として1982年に三浦半島で観測されたものを用いたが、地震波形1波だけでは特異な値とする可能性もあるので平均応答スペクトルについても検討した。鉄道総合技術研究所で収録していた記録の中から鉛直成分のデータについて応答スペクトル倍率を計算し、それらを平均して図-4の鉛直方向平均応答スペクトルを作成した。解析は多質点バネマス系の平面モデルを用いた。図-5に鉛直方向の10次までの固有振動数、刺激係数及び固有振動モードを示す。3次、4次のモードはいずれのスパンとも同一方向（3次モードは第4スパンのみ逆方向）に挙動する振動形状となるため刺激係数は他の次数と比較して大きく、地震動の振動数によっては卓越する可能性が大きい。この固有値解析結果を用いて応答スペクトル解析法と時刻歴解析法の二通りの方法で行った。結果を表-1に示す。刺激係数が最も大きく卓越が予想された4次モードの影響を受け、第4スパンの応答変位が最大となった。

表-1 静的設計と動的設計の曲げモーメントの比較

曲げモーメント	単位：t・m								記 事
	1 径間	1 P 支点上	2 径間	2 P 支点上	3 径間	3 P 支点上	4 径間		
静 的 設 計	17900	34000	14200	31100	14400	23500	14000		破壊モーメント
動 的 解 析	18700	31200	14700	27700	14100	27000	16400		平均応答スペクトル
静的設計値									
動的設計値	0.96	1.09	0.97	1.12	1.02	0.97	0.85		

図-4 平均応答スペクトル
鉛直方向

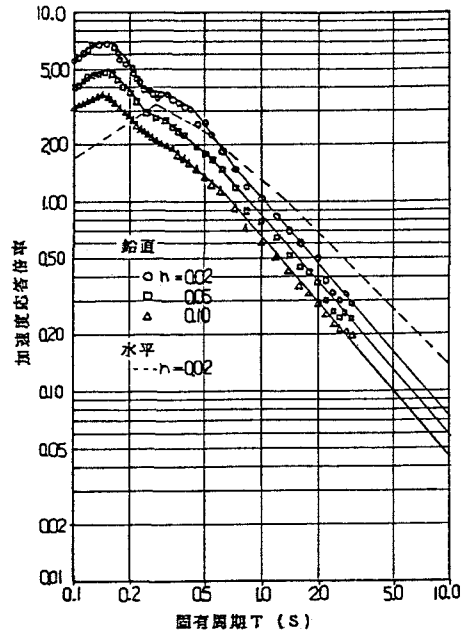
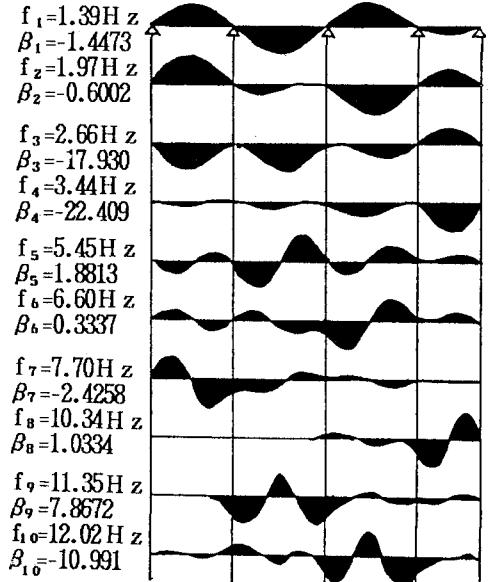


図-5 鉛直方向固有値解析



4. おわりに 本水路橋は、上下フランジ間隔が7.33mと非常にウェブ高の高い大断面のU型プレートガダーを梁理論により設計を行ったが実際の応力状態とは相違があることが想定されたため、FEMによる応力解析と上述の動的解析を行いこれらにより得られた値を設計に反映させた。

静的設計に加えてこれらの解析方法を併用することにより、安全で合理的な設計を行うことができたと考えられる。