

# 粟ヶ池橋梁(仮称)の構造形式選定とRCラーメン高架橋の設計・施工法

全日本コンサルタント株式会社 技術部 田淵 智之  
河合 義勝  
津田 直幸

## 論文要旨

本稿は、粟ヶ池を横断する橋長 190mの道路橋の構造形式選定および設計・施工について報告するものである。橋梁形式は、経済性、耐震性、景観性その他、粟ヶ池が灌漑用ため池として利用されているため環境性（水質保全）にも着目して選定した。

その結果、経済性に優れ、通水性が良く水質保全を満足するRCラーメン高架橋を採用することで、周辺景観と調和を図ることができた。また、道路橋で例の少ないRCラーメン高架橋の耐震設計においては、動的解析を行うことにより塑性ヒンジ箇所を明確にするとともに静的解析で決定した断面が妥当であることを検証した。

施工計画では、1 渇水期に施工する工種を統一することで合理化を図り、4 渇水期での工事工程を計画した。現在、第3 渇水期までの施工は完了している。

キーワード：道路橋、RCラーメン高架橋、水質保全、耐震性、景観性

## まえがき

本橋梁は、図 - 1 に示す主要地方道美原太子線のうち、旧国道 170 号と外環状線（国道 170 号）の間に位置し粟ヶ池を横断する橋長 190m、幅員 16mの橋梁である。

粟ヶ池は、用水の貯水を目的とするため水質保全および貯水量の確保が重要なポイントとなる。

構造形式選定において発注者より提示された粟ヶ池の条件を以下に示す。

航路幅 20.0m を原則 3 箇所確保するものとし、柱、胸壁構造の場合、支間は 10.0m まで縮小できるものとする。

航路高さは、HWL+2.0m（中央航路）および 1.5m 以上（両側の航路）を確保する。

粟ヶ池の 1 / 3 は開口して通水性を確保する。

粟ヶ池は、南河内内地内でも有数の大きさを誇る灌漑用ため池である。池の東と南側には池を半周する遊歩道があり、であいの小径、つどいの広場、野生の森等といった整備が施され、市民の憩いの場となっており、景観を重視した地区となっている。

本稿では、経済性、耐震性、水質保全および景観性等の観点に基づき構造形式の選定を行うとともに、採用案である道路橋では例の少ないRC ラーメン高架橋の設計・施工について述べる。



図 - 1 架橋位置図

## 1. 構造規格

(1) 橋梁形式比較条件を以下に示す。

道路規格：第3種第3級

設計速度：V=50km/h

幅員構成：図-2に示す。

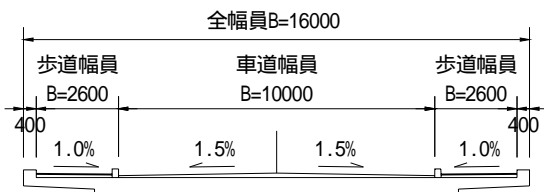


図-2 幅員構成

道路線形：平面線形 直線区間

縦断勾配 3.0% ~ 2.5%

横断勾配 車道部 1.5%

歩道部 1.0%

H.W.L.：48.5m

池床高さ：44.9m

設計荷重：車道部 B活荷重

歩道部 3.5kN/m<sup>2</sup>

## 2. 地形および地質

(1) 支持層

支持層は、図-3に示す地層構成より、良質な地盤(砂層、砂礫層：N 30)として池底から約1.5m以深に分布する段丘層礫質土(Tg)を支持層と選定する。また、当該層の上層部分は、一部N値が低い箇所(N=22程度)があるので構造物の基礎は確実にN値30以上が期待できる層に定着させて、直接基礎とする。

(2) 地盤種別

架橋地点のボーリング結果をもとに道路橋示方書(耐震編)<sup>1)</sup>より求めた地盤の特性値Tg(s)は、Tg=0.12~0.18(s)である。従って地盤種別は、種地盤(Tg<0.2)である。

## 3. 構造形式の選定

橋梁形式の選定は、下記の5案について比較を行った。比較結果を表-1に示す。

第1案：PC桁+RCラーメン高架橋

第2案：PC桁+RC函渠

第3案：PC桁+盛土

第4案：PC連続中空床版橋

第5案：RC単版+RCラーメン高架橋

比較5案はすべてコンクリート構造であり、維持管理においてはメンテナンスフリーである。支承部および伸縮装置の維持管理は第4案が最も経済的で劣るが、他の案ではPC桁とRC単版の違いはあるものの維持管理費用において大差は無い。

第2案は連続基礎形式であるため、支持力の小さな地盤でも対応できるが、他案に比べ掘削土量等が多く施工性は劣る。

施工性では第1~4案のPC橋梁は桁架設の際、100tクレーンが必要となり大掛かりとなるが、第5案のRC単版は現場打ち施工で40tクレーンまでの使用となるため施工は容易である。第4案はスパンが最も長く、大掛りな支保工とそれを支持するための地盤改良が必要となる。

経済性では第3案と第5案が優位となる。第3案は、全体の2/3が盛土構造で、池の総貯水量7.9万m<sup>3</sup>に対して用水貯水量が約1万m<sup>3</sup>少なくなる。また設置位置は池の中央で池を分断するため水質障害が起こり、水質環境装置の設置と運転が必要となる(経済性の比較ではこれらの費用を含む)。

景観性においては図-4、図-5に示すとおり、等間隔で開口のある胸壁を含めた橋梁デザインおよび周囲の景観との調和は第5案が優れている。また、第5案は耐震性に優れた構造形式である。以上の比較結果から最も優れている第5案を採用した。なお、RCラーメン高架橋は壁式構造に開口を設けることで水質保全に配慮した。

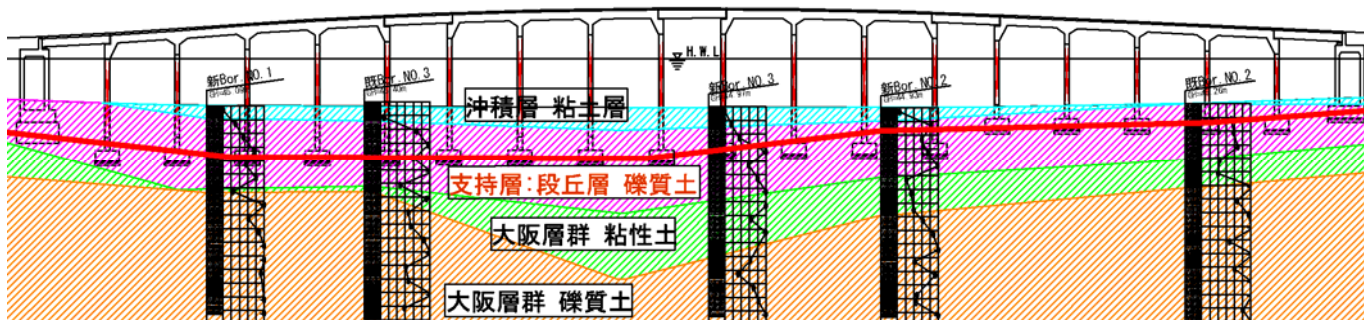


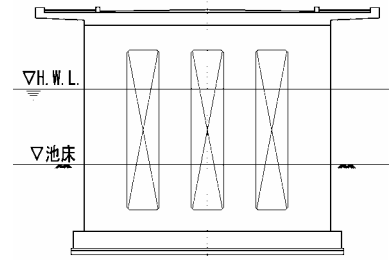
図-3 地質想定図

表-1 構造形式選定表

	側面図	経済性	施工性	耐震性	景観性	環境性 (水質保全)	評価
第1案 PC桁+RCララーメン高架橋		○ (1.10)	○	◎	○	◎	耐震性、環境性に優れるが、第5案に比べ経済性、景観性、環境性で劣る。 第3位
第2案 PC桁+RC脚梁		△ (1.26)	△	◎	○	◎	耐震性、環境性に優れるが、第5案に比べ経済性で劣る。 第5位
第3案 PC桁+盛土		◎ (1.00)	○	○	△	△	経済性に優れるが、第5案に比べ景観性、環境性で劣る。 第2位
第4案 PC単線中空床版橋		△ (1.23)	△	◎	◎	◎	耐震性、環境性、景観性に優れるが、第5案に比べ経済性で劣る。 第4位
第5案 RC単版+RCララーメン高架橋		◎ (1.03)	◎	◎	◎	◎	各案に比べ経済的であり、耐震性、景観性、環境性にも優れる。 第1位



図 - 4 パース図 (第5案: RC単版+RCラーメン高架橋)



正面図



図 - 5 パース図 (第3案: PC桁+盛土)

#### 4. RC ラーメン高架橋の耐震設計

今回の設計においては、ラーメン構造物が複雑な構造系に分類されるため、地震時に要求される機能に応じて塑性化を考慮してよい部材について十分検討し、橋全体の耐震性能が確保できるように時刻歴応答解析法で解析する。

本ラーメン構造物では、レベル2地震時において補修の難易性より主たる塑性箇所を橋脚の上下端に発生させて、車両を直接支持する上床版においては塑性させない設計とする。

レベル2地震動に対する動的解析(時刻歴応答解析法)では特に下記の点に着目した。

塑性ヒンジ箇所を明確にする。

天端変位量を算出して適正な遊間であることを照査する。

発生応力が部材耐力以下であることを照査する。

##### (1) 部材設定及び解析モデル

柱下端には基礎の地盤バネを設定し、骨組解析モデルを用いて常時およびL1地震動での解析を行い部材断面設定する。次に動的解析を行う。設計フローおよび動的解析モデルを図-6、図-7に示す。

##### (2) 設定地震動

取り扱う地震動は下記の2種類である。

##### レベル1地震動

設計震度を道路橋示方書(耐震編)<sup>1)</sup>により求め、地震によって発生する応力度が許容応力度以下となることを照査する。(レベル1地震動とは、従来の設計基準類で標準的に想定されていた地震動で、これに対して弾性限界以内であることを照査する)

レベル2地震動のタイプ およびタイプ 地震動的解析により耐震性能を照査する。(発生する確率は極めて低い非常に強い地震動である。このような地震動に対しては、ある程度の損傷が発生し残留変位が生じて、地震後比較的早期に修復可能な耐震性能を保有させる)

当該地は、種地盤の道路橋示方書(耐震編)に示される振幅調整した加速度波形を用いる。

##### (3) 耐震性能

レベル1地震動: 耐震性能1

レベル2地震動: 耐震性能2

##### (4) 照査結果及び考察

照査項目を以下に示し、照査結果を図-8に示す。

塑性ヒンジ箇所及び最大応答回転角

柱の残留変位

柱・梁の最大応答せん断力

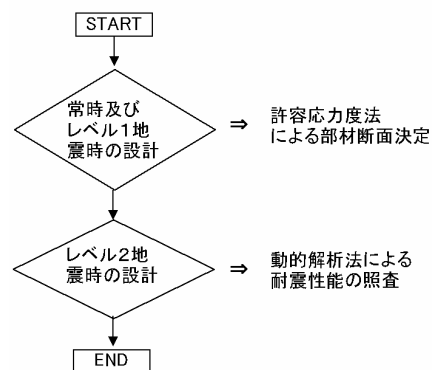


図 - 6 設計フロー

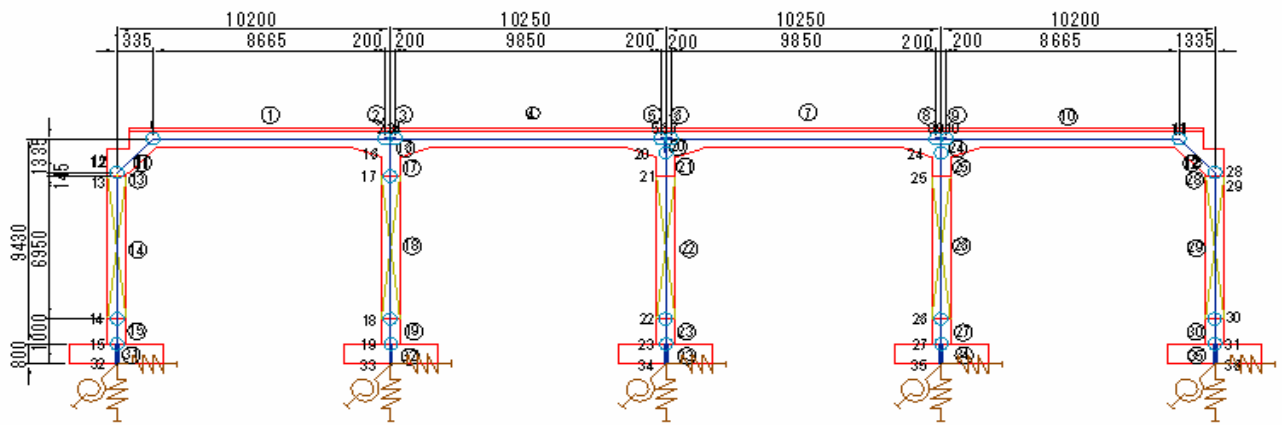


図 - 7 動的解析モデル図

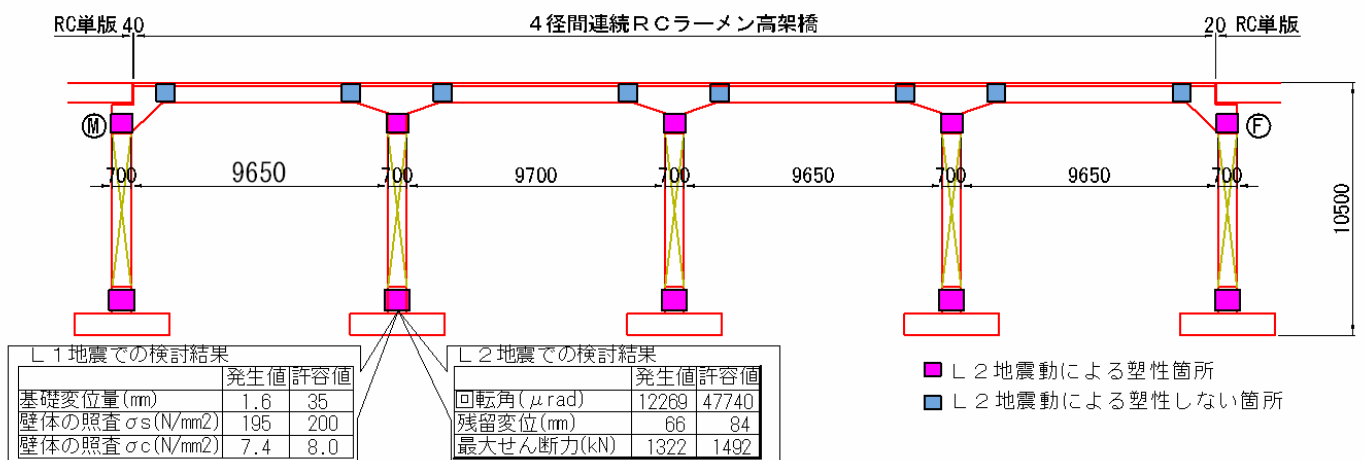


図 - 8 解析結果

L 1 地震動での許容応力度法による設計結果は壁体応力度が  $s=195\text{N/mm}^2 < sa=200\text{N/mm}^2$ 、 $c=7.4\text{N/mm}^2 < ca=8.0\text{N/mm}^2$  であり、許容値に近い応力度で部材決定している。

L 1 地震動で設定した部材断面で動的解析を行った結果、塑性ヒンジは柱の上下端で発生し、上床版には発生しない。鉄筋量を変更せずに回転角、残留変位、最大せん断力の照査項目を満たし耐震性能 2 を確保できた。また、隣接する 3 径間 RC ラーメン高架橋の動的解析結果をあわせて、その天端相対変位量が 21mm となったことから RC ラーメン高架橋と RC 単版との遊間設定量 40mm も妥当であることが確認できた。

## 5 . RC ラーメン高架橋の施工

粟ヶ池橋梁の施工は、池内の水を排水することができる濁水期間（4ヶ月間）に制約されるため分割施工となる。

施工区分は限られた期間内で効率良く施工ができるように各濁水期の工種が同じとなるよう工夫した。

その結果、工事は 4 濁水期で施工するのが妥当であると判断した。各濁水期における施工内容を以下に示す。

第 1 濁水期：フーチングおよび胸壁 18 基について上床版ハンチ下端まで施工する。

第 2 濁水期：起点側 2 基の RC ラーメン高架橋の上床版と A 1 橋台を施工する。

第 3 濁水期：終点側 2 基の RC ラーメン高架橋の上床版と A 2 橋台を施工する。

第 4 濁水期：RC 単版を 5 連施工する。

工事用進入路を終点側に設置し、作業ヤードにはトラフィカビリティを確保するため地盤改良および砕石敷きを施した。第 1 濁水期で構築した進入路は残置して 4 濁水期に連続して使用した。

その他、工事に使用した水やコンクリートの打設に伴う水溶性物が池内に流入するのを防止するため工事範囲に高さ 400mm のマウンドを設置し水質汚濁にも配慮した。施工手順図及び工程表を図 - 9、表 - 2 に示す。

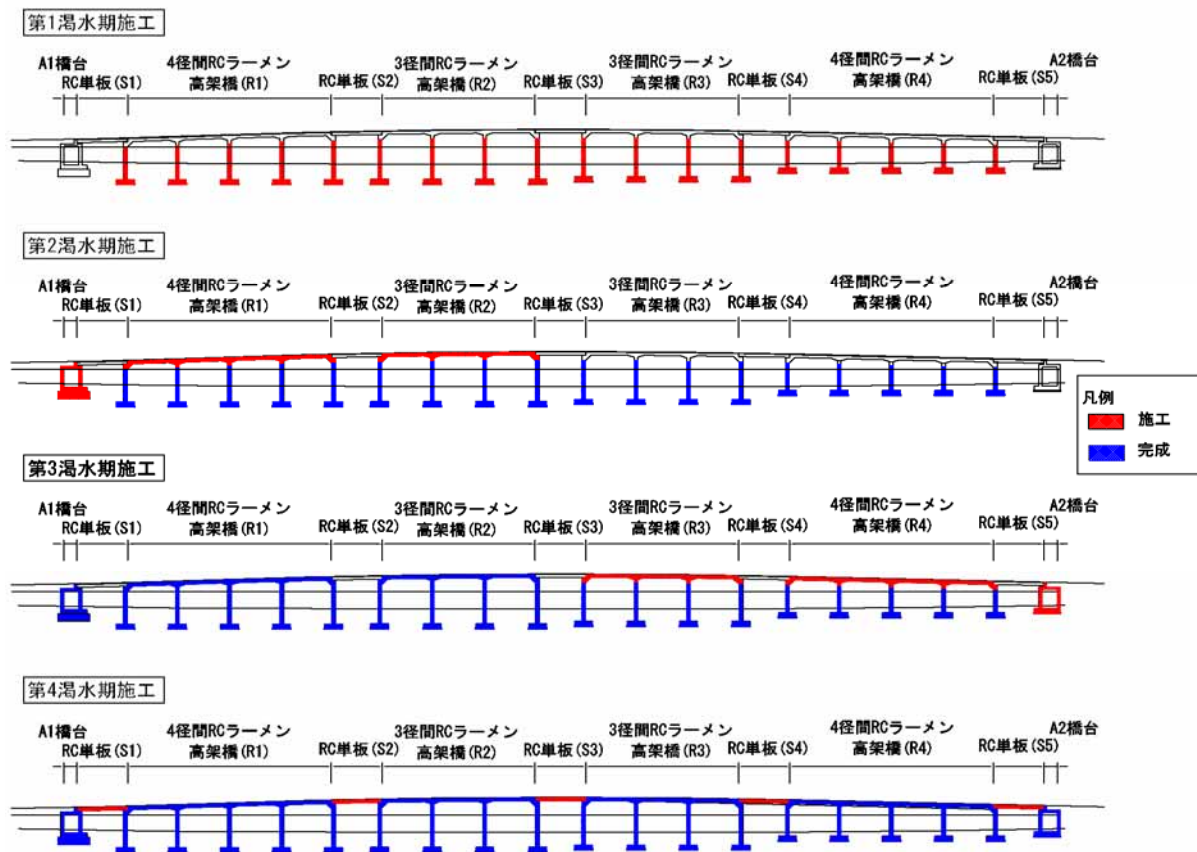


図 - 9 施工段階図

表 - 2 工事工程表 (設計時)

工 種	第1濁水期		第2濁水期		第3濁水期		第4濁水期	
	11	12	1	2	11	12	1	2
施工区分	R1~R4下部工 (高脚ハンチ下まで)		R1, R2上部工		R3, R4上部工		RC単版S1~S5	
準備工事	工事用道路		A1橋台		A2橋台		橋面工, 復旧工	
仮設工事	池内, 進入路 進入路撤去							
躯体工事	土工							
	フーチング							
	壁・柱							
	上部工							
橋面工事	単版桁架設							
	歩道道分離工							
舗装工事								
付帯工事	護岸整備工							

### あ と が き

本稿では、池を横断する構造形式として、道路橋では例の少ないRCラーメン高架橋を採用した。その結果、経済的で環境性（水質保全）、周辺景観との調和がとれた構造物とすることができた。

耐震性については、動的解析を行うことにより塑性ヒンジ箇所を明確にし、耐震性能2を確保した。また、RC単版とRCラーメン高架橋との遊間は妥当であった。

今回の業務で、道路橋においてもRCラーメン高架橋が経済性、耐震性かつ景観性にも優れた構造物となることが確かめられた。

その理由として以下のことが考えられる。

直接基礎形式が採用でき、経済的となった。

航路幅を10mに縮小することによって、RC単版を採

用することができ、経済的となった。

RCラーメン高架橋は10mの等スパン壁式構造が採用でき、鉄筋量を減らすことができた。

支承および伸縮装置が小規模にでき、経済的となった。壁体が等間隔に設置でき良好な景観を得られた。

以上より、地盤が良好で上部工スパンが10m程度の等スパン割りが可能となるところでは、道路橋においてもRCラーメン高架橋の採用が可能と考える。

工事は現在、第3濁水期までの施工が完了している。

今後の課題としては今回のようなシンプルなRCラーメン高架橋を設計の簡素化という視点で動的解析によらず、簡易な手法で行えるようにしていきたい。例えば、鉄道橋においては静的非線形解析を用いた非線形スペクトル法による耐震設計が行われており、慣性力の算出と塑性箇所を明確にしておけば道路橋においても適用は可能と考えられる。

最後に、本報告を行うにあたりご指導、ご助言頂きました大阪府富田林土木事務所、関係者各位の方々に、この場をお借りして心より感謝を申し上げます。

### 参 考 文 献

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説  
耐震編 平成14年3月