

# 既設水管橋の耐震補強対策について

○島川 貴章<sup>1</sup>・大谷 正三<sup>2</sup>・日比野 末義<sup>3</sup>

## 概要：

三重用事業は、主水源である中里貯水池および菰野調整池他3調整池に8つの河川から取水した水を貯留し、幹線水路等により三重県北勢地域の4市2町に農業用水・水道用水・工業用水の供給を行う総合的な利水事業である。昭和59年度の暫定通水を経て平成4年度に事業が完了し、平成5年度より本管理を開始している。幹線水路の大半はトンネル・サイホン構造であるが、山間部の河川を横断している施設は水管橋構造となっている。水管橋については、既存施設の震災対策検討の中でも極めて重要視しており、地震で被災した場合、応急復旧対策の難易度が高く、応急復旧に長期間を要する施設であるため、平成20年度より他の施設に優先して耐震補強対策を行っている。

本報文は、これらの水管橋のうち先行着手した「杉谷川第1・第2水管橋」の耐震補強対策および工事の現況について報告するものである。

キーワード：水管橋、耐震補強、落橋防止、橋脚補強

## 1. はじめに

杉谷川第1・第2水管橋は中里ダムから加佐登調整池を結ぶ幹線水路のほぼ中間に位置し、二級河川杉谷川を横断する施設であり、昭和56年に建設された。

### (写真-1, 図-1)

なお、第1水管橋と第2水管橋の沢とは下流で合流し杉谷川となっている。

安定した用水の供給を図るため、現在の耐震基準による安全性を確保すべく本施設の耐震照査を実施し、耐震補強工法の選定を行い平成21年3月より補強工

事に着手している。



写真-1 杉谷川第1水管橋(上流から下流を望む)

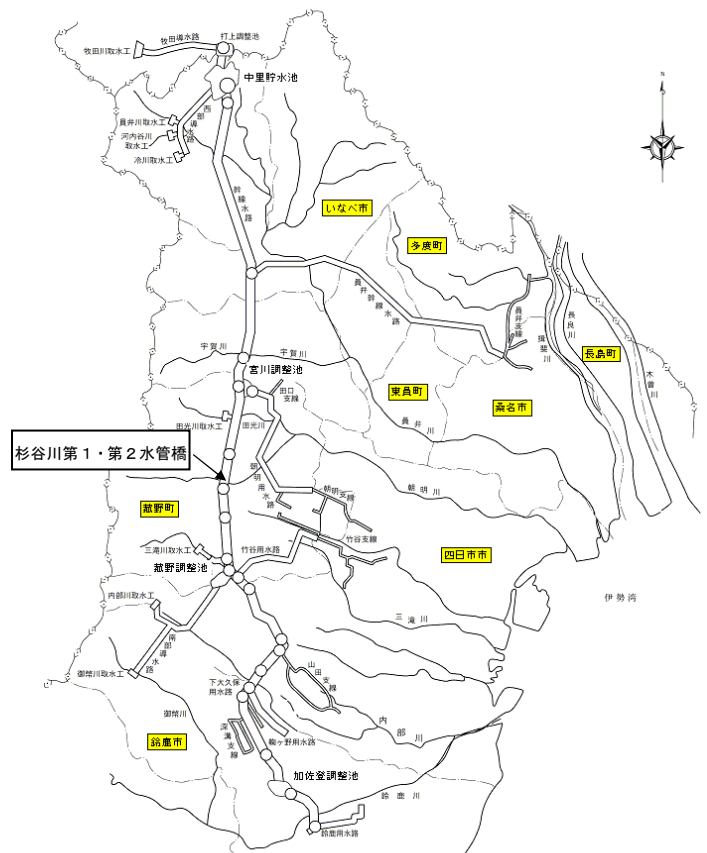


図-1 杉谷川第1・第2水管橋の位置図

1. 三重用管理所 配水・調査班
2. 三重用管理所 配水・調査班 主幹
3. 三重用管理所 所長代理

## 2. 第1・第2水管橋の重要度評価と耐震性評価手法の設定

本水管橋の耐震照査に先立ち、施設の保持すべき耐震性能を設定するために、施設の損壊が人命およびライフライン等に与える影響・地域生活機能と経済活動に与える影響・復旧の難易度の3項目による施設の重要度を設定した。(表-1)

本水管橋を「水路工設計指針」で重要度評価すると下記のとおりである。(表-2)

- ①二次災害危険度 C (甚大な被害を受けても社会的な影響が軽微)
- ②応急復旧度 A (応急復旧の作業が極めて困難、若しくは長時間を要する)
- ③施設規模 A (地域の生活機能や経済活動・生産活動に著しい支障をきたす)

表-1 重要度区分の総合評価判定表

重要度区分	評価	
Iランク	3評価項目のいずれか1つにAがある場合	イ 二次災害危険度がAである場合 ロ 二次災害危険度がB以下の場合
IIランク	3評価項目の全てがA以外で、かつ1項目でもBがある場合	
IIIランク	3評価項目の全てがCである場合	

表-2 重要度の評価基準

評価項目	評価基準の考え方	評価値	評価内容
1. 二次災害危険度	水路施設が被災したときに第三者の生命若しくは公道、鉄道およびライフライン等重要度公共施設に与える影響の度合い	A	① 水路施設に近接して家屋、避難場所、若しくは公道、鉄道およびライフライン等重要度公共施設があり、水路の損壊による流出水が大量にこれらの場所に流入、または湛水し、人命若しくは社会的に重大な影響を及ぼす恐れがある場合 ② 水路施設が公道、鉄道およびライフライン等重要度公共施設と交差する場合但し、水路施設の損壊により人命若しくは社会的に重大な影響を及ぼさない場合を除く
		B	① 水路施設に近接して家屋、避難場所若しくは重要度公共施設があり、水路の損壊による流出水がこれらの場所に流入または湛水し、人命に重大な影響はないものの、社会的に多大な影響を及ぼす恐れがある場合
		C	① 水路施設が甚大な被害を受けた場合でも近接の原野、水田等が浸水する程度で、社会的な影響が軽微な場合 ② 上記A、Bに該当しない場合
2. 応急復旧難易度	水路施設が被災した場合に直ちに実施すべき応急復旧のための現場作業の難易度 (注) 応急復旧とは、被災時の被害拡大防止やライフラインとして最小限の水の確保を目的とした仮設的な工事を指す)	A	① 応急復旧のための作業が極めて困難、若しくは長時間を要する場合
		B	① 応急復旧のための作業に比較的長期間を要する場合
		C	① 応急復旧のための作業が容易で、短期間で実施できる場合
3. 施設規模	供給される用水の中断あるいは減量が地域の生活機能及び国際的視野をも含めた経済活動・生産活動に与える影響の度合い	A	① 施設規模が極めて大きく、かつ被災した場合に補助(代替)水源もなく、ライフラインとしての水供給、ひいては地域の生活機能や経済活動・生産活動に著しい支障をきたす場合
		B	① 施設規模が極めて大きく、かつ被災した場合に補助水源も十分ではなく、ライフラインとしての水供給、ひいては地域の生活機能や経済活動・生産活動に相当の支障をきたす場合 ② 施設規模が比較的大きく、被災した場合に補助(代替)水源がなく、ライフラインとしての水供給、又は経済活動、生産活動に相当の支障をきたす場合
		C	① 上記A、Bに該当しない場合

(注) 評価値A, B, Cの区分は、評価内容を基準とするが、その詳細については各事業の実績に応じて検討し、定めるものとする。

表-3 重要度区分毎の耐震性能と耐震計算法

耐震設計 で考慮する地震動	耐震性能と耐震 計算法	目標とする橋の耐震性能		耐震計算法	
		A種の橋 (重要度が標準的な橋)	B種の橋 (特に重要度が高い橋)	静的解析法	動的解析法 (地震の挙動が複雑な橋)
橋の供用期間中に発生する 確率が高い地震動		健全性を損なわない		震度法	
橋の供用期間中 に発生する確率 は低い大きな 強度を持つ地震 動	タイプⅠの 地震動 (プレート境界型の 大規模な地震)	致命的な被害を防止する	限定された損傷 にとどめる	地震時保有水平耐力法	時刻歴応答解析法
	タイプⅡの 地震動 (兵庫県南部地震 のような内陸直 下型地震)				応答スペクトル法

本水管橋は、前述のとおり二次災害の危険度が低いことから、**表-1**を単純に適用すれば、「Iランク(ロ)」となるが、農業用水の他、水道・工業用水も含んでいるためIランク上の「Iランク(イ)」相当とした。また、道路橋示方書V耐震設計編の重要度区分においても、「B種の橋」として取り扱うことが適当であると判断し、重要度に応じた耐震性能を確保するため、構造部材の地震時保有水平耐力で耐震性を検証することとした。**(表-3)**

### 3. 第1・第2水管橋の立地条件と構造

第1・第2水管橋**(図-2,3)**は、前述のとおり幹線水路のほぼ中間に位置し、二級河川杉谷川が山間地より平野部へ出る狭隘部を横断している施設である。

主要幹線道路から第1・第2水管橋までは、管理用道路が整備されておらず、林道もしくは私道が唯一のアクセス道路となっている。

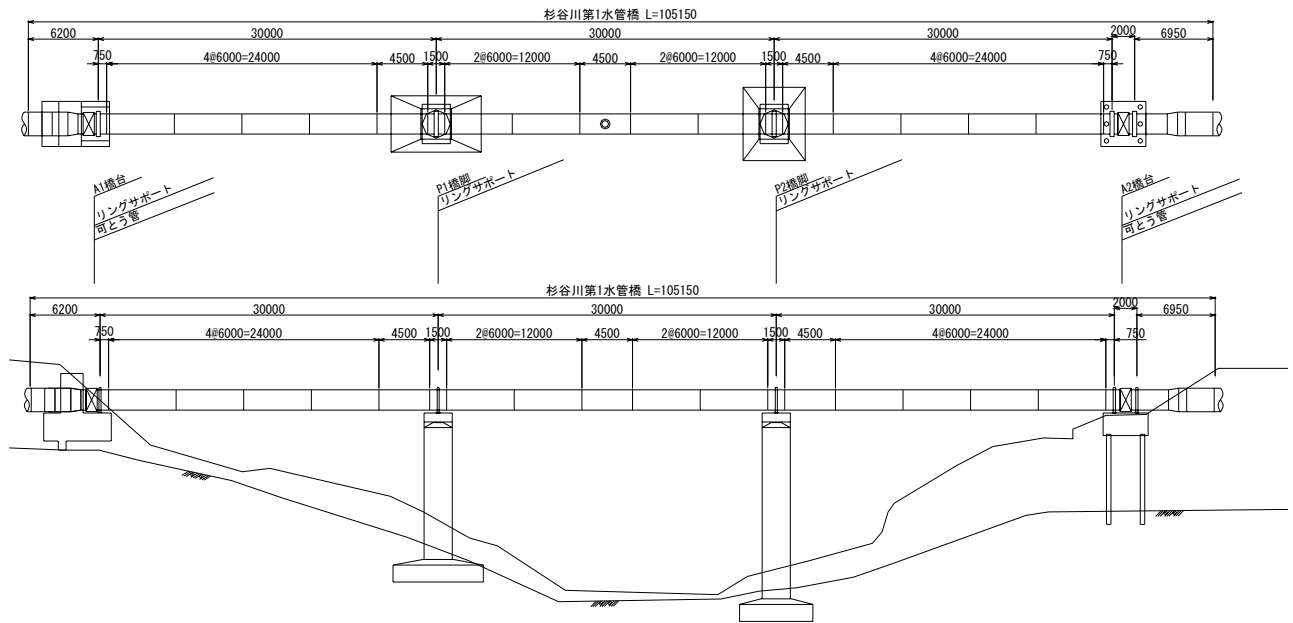


図-2 第1水管橋平面縦断図

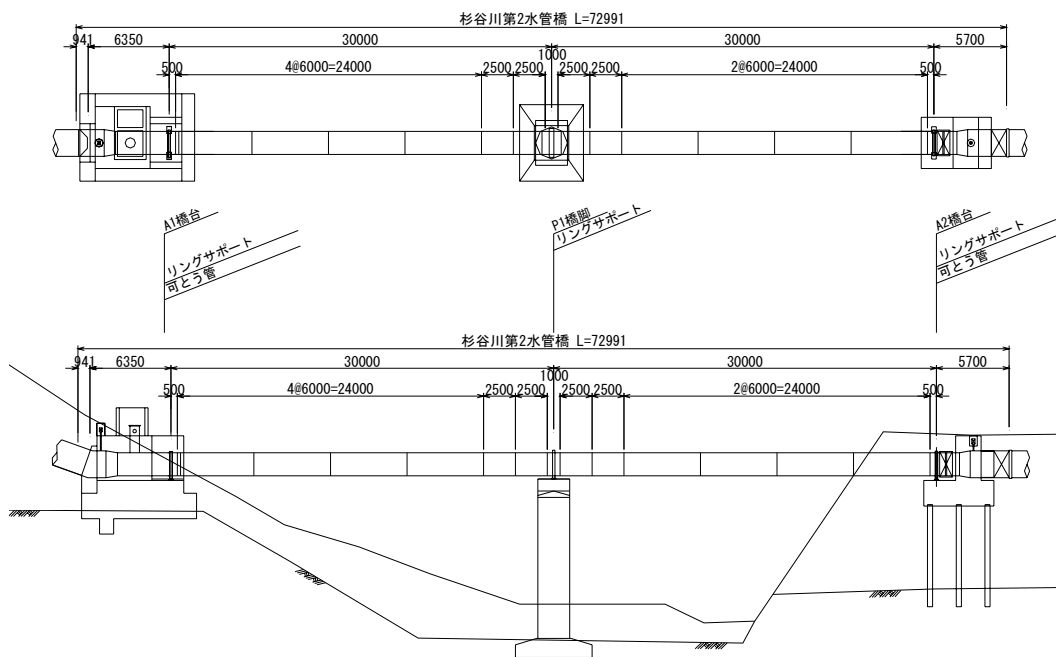


図-3 第2水管橋平面縦断図

第1水管橋の構造諸元は表-4のとおりである。

表-4 第1水管橋構造諸元

上部工形式	3径間連続パイプビーム式水管橋
下部工形式	橋台 逆T式橋台 橋脚 張出し式橋脚
基礎工形式	直接基礎 A1、P1、P2 杭基礎 A2
橋長	105.15m (伸縮継手、可とう管含む)
支間	3@30m
管径	φ1800
設計年	昭和56年

第2水管橋の構造諸元は表-5のとおりである。

表-5 第2水管橋構造諸元

上部工形式	2径間連続パイプビーム式水管橋
下部工形式	橋台 逆T式橋台 橋脚 張出し式橋脚
基礎工形式	直接基礎 A1、P1 杭基礎 A2
橋長	73.19m (伸縮継手、可とう管含む)
支間	2@30m
管径	φ1800
設計年	昭和56年

#### 4. 第1・第2水管橋の耐震設計について

ここでは、本水管橋におけるレベル2地震動に対する必要耐震性能を担保するための耐震補強対策について検討した結果を示す。

##### 4.1 上部構造の検討

本水管橋の上部構造に対する耐震補強としては、落橋防止装置およびリングサポート補強の計画とした。以下に上部補強に対する各部の構造の考え方について示す。

###### ① 支承部

耐震性を有しない結果となっても、支承の強度を必要以上にすることは、かえって伸縮可とう管の機能を損なう場合があり、支承自体の補強は望ましくない。また、取替えとなれば断水の必要性が生じてくるため支承自体の補強は行わないものとし、上沓から下沓が脱落するのを防止するために、落橋防止装置により移動制限を行い対応することとした。

###### ② リングサポート部

耐震性を有していないリングサポートには、鋼板補強を行うこととした。(図-4)

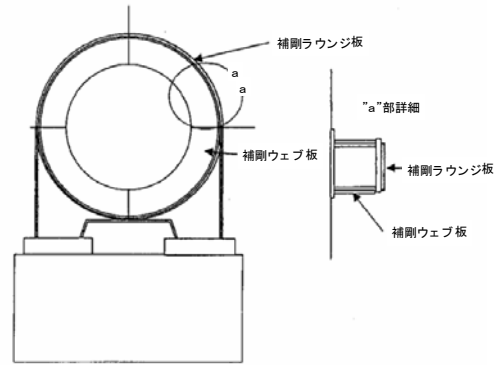


図-4 リングサポート補強概略図

###### ③ 落橋防止装置

「WSP水管橋設計基準(耐震照査編)」によれば、上部構造の地震時慣性力は、基本的に支承単独で抵抗できるが、予期し得ない地震力または変位が作用した場合の移動制限を目的に、原則として橋軸方向および橋軸直角方向に設置するものとある。

よって、本水管橋においても全ての上部工について落橋防止装置を設置することとした。ただし、中間橋脚部(第1水管橋P1、P2橋脚、第2水管橋P1橋脚)については、連続梁であり橋軸方向への脱落は考えられないため省略した。

落橋防止装置の構造としては「WSP水管橋設計基準(耐震照査編)」を参考に、図-5,6のとおりとした。橋軸方向は、橋台とリングサポートをPCケーブルで定着させることにより落橋を防止するものであり、橋軸直角方向は、突起した鋼材を橋台及び橋脚に固定し落橋を防止するものである。

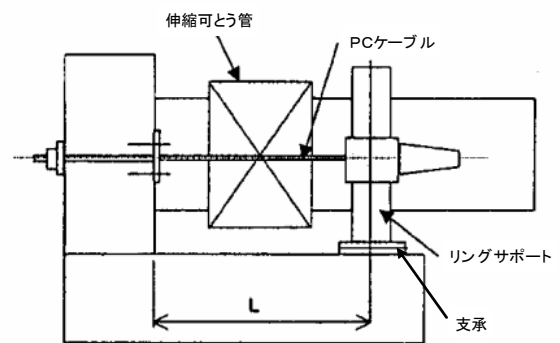


図-5 橋軸方向落橋防止概略図(橋台)

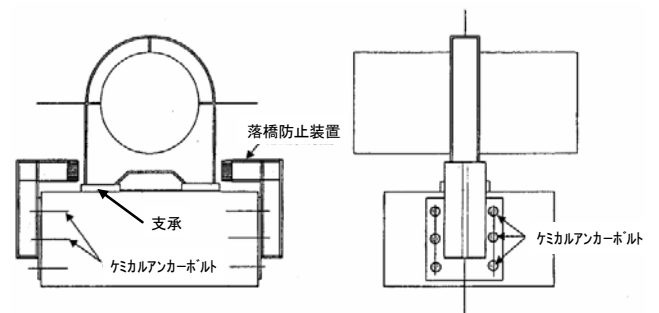


図-6 橋軸直角方向落橋防止概略図(橋台・橋脚)

## 4.2 上部構造の耐震性の判定

リング補強部、支柱部補強における照査の結果、以下のとおり補強が必要となった。

	第1水管橋	第2水管橋
リング補強部	P1, P2 橋脚部	P1 橋脚部
支柱部補強	P1 橋脚部	P1 橋脚部

代表して第1水管橋の照査結果を表-6に示す。

表-6 第1水管橋上部工照査結果

単位：N/mm<sup>2</sup>

検討項目		発生	許容	判定			
管軸方向推力に対して	静水圧 +水撃圧	A1, A2橋台部	5	144	OK		
		P1, P2橋脚部	4	144	OK		
リングサポートの拘束に対して	静水圧 +水撃圧	A1, A2橋台部	34	198	OK		
		P1, P2橋脚部	24	198	OK		
リングサポート	地震時 静水圧 +水撃圧	A1, A2橋台部	内縁	157	210	OK	
			外縁	152	210	OK	
		P1, P2橋脚部	内縁	422	210	NG	
			外縁	404	210	NG	
リングサポート部の合成	地震時 静水圧 +水撃圧	A1, A2橋台部	管壁考慮せず	163	210	OK	
			管壁考慮する	183	224	OK	
		P1, P2橋脚部	管壁考慮せず	430	210	NG	
			管壁考慮する	442	224	NG	
リングサポート支柱部	地震時	P1橋脚部 (固定支承部)	344	210	NG		
リングサポートの安定 (kN・m)	地震時	A1, A2橋台部	転倒モーメント	275	抵抗モーメント	476	安定
		P1, P2橋脚部	転倒モーメント	757	抵抗モーメント	1309	安定

## 4.3 可とう管の検討

第1・第2水管橋の橋台部には、ベローズ型の可とう管が設置されている。(写真-2)「WSP 水管橋設計基準」に準拠して、可とう管の必要伸縮量に対して既設の可とう管の伸縮量が満足しているか現地計測等により検討を行った。その結果、レベル2移動量±130mmに対して、既設可とう管移動可能量は±60mmでありかなり不足しているため、耐震補強対策が必要となった。



写真-2 ベローズ型可とう管

なお、既設ベローズ型可とう管は、露出用(伸縮量±60mm)であり、温度伸縮の吸収を目的としているため、地震時に発生する伸縮・偏心等の吸収はできない構造となっている。

既設可とう管の耐震補強方法として、以下の2工法が考えられる。

### ◆補強工法1：耐震補強可とう管設置工法(図-7,8)

#### ①工法概要

断水することなく既設伸縮管の外側に高性能の分割型可とう管を設置し、既設の性能を向上する工法。施工方法は、既設管をケレン塗装し、分割部を接合後、気密部を組み立て設置完了。

#### ②利点

- 断水の必要がないため、水運用上の問題がない。
- 分割されているため、材料搬入が比較的容易である。

#### ③問題点

- 材料製作コストがやや高い。

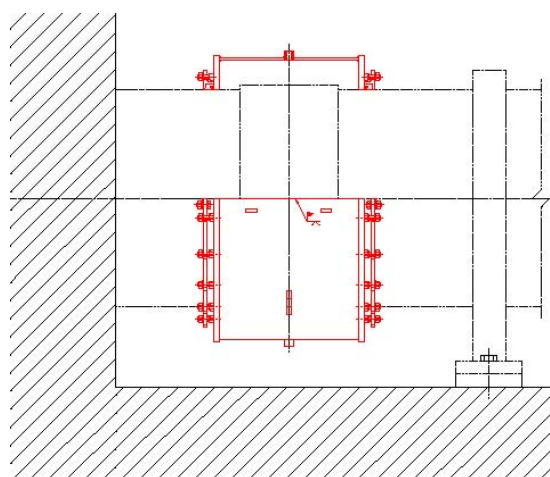


図-7 耐震補強可とう管

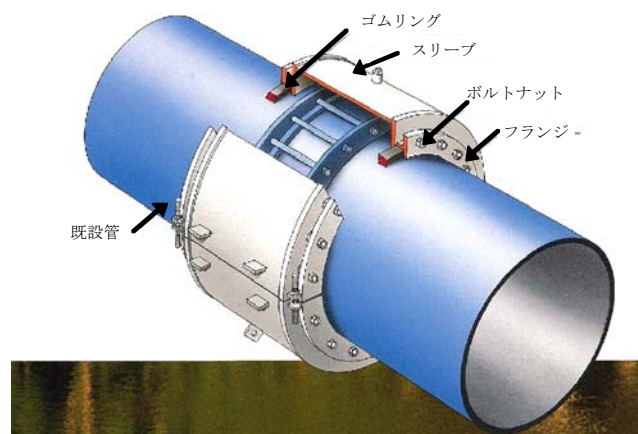


図-8 耐震補強可とう管イメージ

◆補強工法2：新規伸縮可とう管設置工法（図-9）

①工法概要

断水後、既設可とう管を切断撤去し、新たに高性能伸縮可とう管を設置する工法。施工方法は、既設可とう管を切断撤去後、既設管の開先加工を行い新規伸縮可とう管を縮めた状態で落とし込み、所定の寸法に伸ばして溶接接合する。あまりスペースがない場合はリングサポートの移設等が必要となってくる。また、溶接部の内面塗装を行うために水管橋に補修用の入孔の設置が必要となる。

②利点

○可とう管部分の耐用年数を延ばすことができる。

③問題点

○長期間の断水となる。

○重さ、全長とも大きいため、材料搬入が非常に困難である。

○スペースが狭いため、本水管橋に設置可能な伸縮可とう管ではレベル2地震動に対する耐久性が満たせない場合がある。

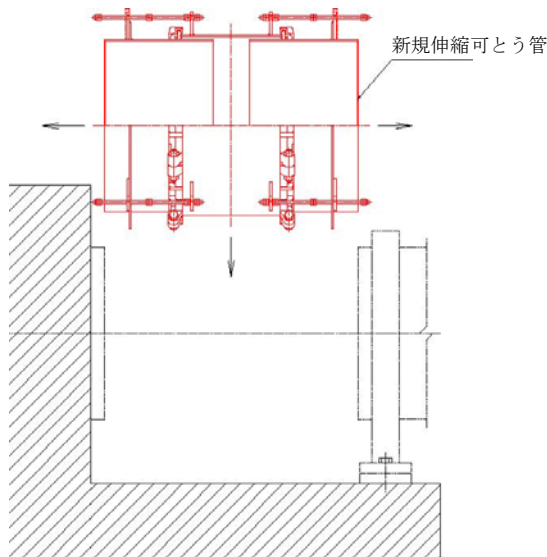


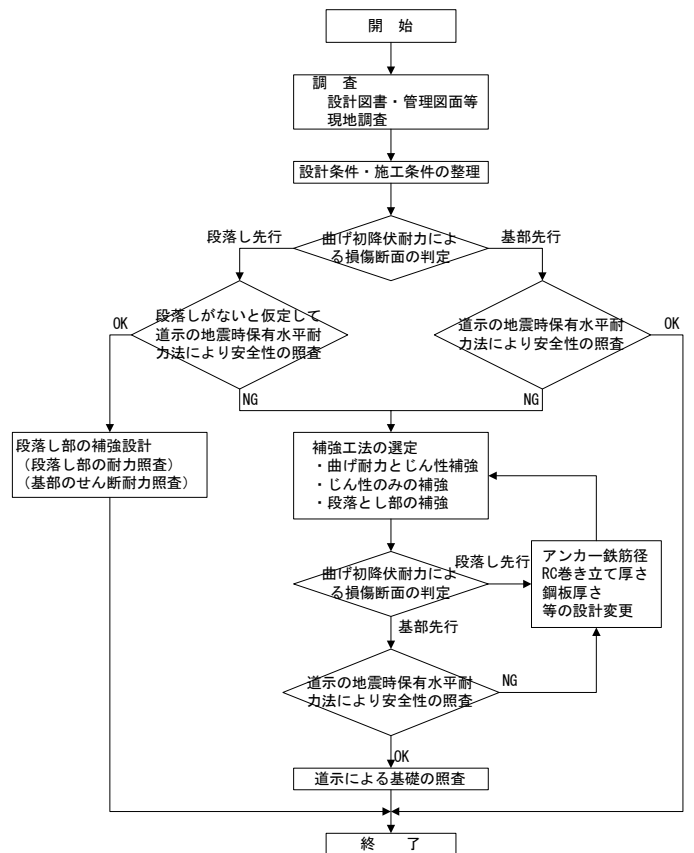
図-9 新規伸縮可とう管

以上2工法を比較検討した結果、補強工法2は本水管橋の対策としては望ましくないことから、断水を必要としないという極めて重要な利点がある補強工法1（耐震補強可とう管設置工法）を適用することとした。

4.4 下部構造の検討

橋脚の耐震補強は、(社)日本道路協会の「既設道路橋の耐震補強に関する参考資料」ならびに三重県の「橋

梁耐震補強設計要領」に従い、図-10 に示すフローによって設計した。



注)道示：道路橋示方書V耐震設計編

図-10 既設橋脚補強設計フロー

4.5 橋脚本体の耐震性の照査

橋脚本体について、地震時保有水平耐力法により照査した結果、タイプI地震動（プレート境界型の大規模な地震）に対して橋軸および橋軸直角方向とも問題がない結果であったが、タイプII地震動（兵庫県南部地震のような内陸直下型地震）では、曲げ破壊型の破壊形態となり耐力不足が生ずる結果となった。このため、橋脚に対する耐震補強が必要と判断した。

代表して第1水管橋P1橋脚の照査結果を表-7に示す。

表-7 第1水管橋P1橋脚照査結果

	橋軸方向	直角方向					
		タイプI	タイプII				
基部断面①	Mbyo/Hb	kN	1031	937			
脚柱損傷部の判定	段落断面②	1断面	kN	1290	1143		
		2断面	kN	950	829		
		3断面	kN	1044	899		
		4断面	kN	953	809		
		5断面	kN	755	598		
		6断面	kN	936	701		
	判定	②/①	1断面	—	1.251	1.220	
		2断面	—	0.921	0.885		
		3断面	—	1.012	0.960		
		4断面	—	0.924	0.864		
		5断面	—	0.732	0.638		
		6断面	—	0.908	0.748		
②/①≧1.2:基部損傷	—	段落損傷		段落損傷			
②/①<1.2:段落損傷	—	—		—			
破壊形態	終局水平耐力	Pu	kN	1429	1429	1298	1298
	せん断耐力	Ps	kN	1790	2158	1790	2158
	せん断耐力	Pso	kN	2526	2526	2526	2526
	破壊形態	—	曲げ破壊型		曲げ破壊型		
保有水平耐力	許容塑性率	μa	—	1.251	1.503	1.229	1.458
	設計水平震度の標準値	khco	—	0.70	2.00	0.70	2.00
	設計水平震度	khc	—	0.57	1.41	0.58	1.44
	等価重量	W	kN	1325	1325	1815	1815
	W・khc	P	kN	755	1869	1053	2614
	保有水平耐力	Pa	kN	1429	1429	1298	1298
	評価	Pa/P	—	1.892	0.765	1.233	0.497
残留変位	残留変位	δR	m	0.000	0.046	0.000	0.156
	許容残留変位	δRa	m	0.130	0.130	0.143	0.143
	評価	δRa/δR	—	∞	2.826	∞	0.918
	判定	—	○	○	○	×	

5. 補強工法の選定

5.1 橋脚補強工法

橋脚の耐震補強工法は、①「RC巻立て工法」、②「鋼板巻立て工法」、③「連続繊維巻立て工法」が現状における主要工法である。近年、ポリマーセメントを用いたPSR工法、PC鋼線で繋ぎ地震力を橋梁全体に分散して耐力向上を図るPC&PA工法等の新技术も取り入れられつつあるが、施工実績が少ない状況である。よって、上記の3案について比較検討を行った。(表-8)

表-8 第1水管橋P1橋脚補強工法比較表

	第1案：RC巻立て工法	第2案：曲げ耐力制御式鋼板巻立て工法	第3案：炭素繊維巻立て工法
形状図			
補強工法	巻立てRC厚 軸方向鉄筋 帯鉄筋 アンカー鉄筋 貫通鋼材	補強鋼板厚 アンカー鉄筋	炭素繊維厚 炭素繊維枚数
構造	計算方向 震動タイプ 損傷部判定 破壊形態 保有耐力 許容塑性率：μ 設計水平震度：khc 等価重量：W P=W・khc Pa 判定 δR δRa 判定 コンクリート 型 鉄筋 アンカー孔	計算方向 震動タイプ 損傷部判定 破壊形態 保有耐力 許容塑性率：μ 設計水平震度：khc 等価重量：W P=W・khc Pa 判定 δR δRa 判定 鋼板面積 アンカー孔	計算方向 震動タイプ 損傷部判定 破壊形態 保有耐力 許容塑性率：μ 設計水平震度：khc 等価重量：W P=W・khc Pa 判定 δR δRa 判定 炭素繊維面積
概略数量	2,000,000 円 (1.000)	5,870,000 円 (2.935)	8,280,000 円 (4.140)
直工費	2,000,000 円 (1.000)	5,870,000 円 (2.935)	8,280,000 円 (4.140)
評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3案中で最も経済性に優れる。(7/ホ)定着しても最も経済的)</li> <li>・橋脚の標準補強工法として最も優れ、維持管理が必要。</li> <li>・非アンカー定着のため、施工性に優れる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・経済性が第1案より劣る。</li> <li>・補強鋼板の防錆処理、維持管理が必要。</li> <li>・アンカー定着が必要のため、RC巻立て案に比べ施工性に劣る。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・橋脚下端でフーチングに定着出来ないため、橋脚自体の曲げ耐力をあげる事が出来ないため補強工法として不適当。</li> <li>・経済性で他案より劣る。</li> <li>・補強炭素繊維の防護、維持管理が必要。</li> </ul>

以下に比較3工法の特徴を示す。

◆RC巻立て工法

脚柱補強の標準工法であり、一般的に経済性・維持管理に優れ、耐力・靱性向上に効果がある。片面あたり25cm程度の断面増加が避けられないことから、側方余裕に留意する必要がある。

◆鋼板巻立て工法

一般に、経済性・維持管理においてRC巻立て工法に劣るが、塑性率の改善性に優れ、耐力・靱性向上の効果がある。また、断面の増加は数cm程度で済むため、側方余裕が小さい場合に有利である。なお、補強鋼板の防錆には十分な配慮が必要である。

◆炭素繊維巻立て工法

経済性においては3案中最も高価であり、補強効果も段落とし部の補強、せん断補強、帯鉄筋効果による靱性の向上に限定され、耐力向上効果は見込めない。一方、断面増加や重量増加がほとんどないため、狭小な箇所での施工に有利である。

上記の各工法の特徴を踏まえ、本水管橋の補強に相応しい工法を選定するため、工法比較を行った結果、以下の理由により「RC巻立て工法」を採用することとした。

- ①RC巻立てが脚柱補強の標準工法であり、維持管理性にも優れる。
- ②RC巻立てによる橋脚補強は、非アンカー定着での補強が可能のため、基礎に対する負担が少ない。
- ③鋼板巻立ては経済性に劣り、鋼板の防錆処理・維持管理性等においてもRC巻立てに劣る。
- ④鋼板巻立てによる補強は、アンカー定着が前提となるため、非アンカーで補強が可能なRC巻立てに比べ基礎への負担が大きい。
- ⑤炭素繊維巻立ては、段落し部補強、許容塑性率の大幅な改善等の効果が見られ、じん性向上による補強効果は大きなものがあるが、アンカー定着ができないため、耐力向上が要求される補強には効果がない。
- ⑥炭素繊維巻立ては、⑤に述べたとおり耐力向上が望めないため、残留変位が許容値を満足できない。
- ⑦比較3案中最も経済性に優れる。

6. 施工計画

これまでの照査結果を基に、本水管橋耐震化へ向けての施工フローを図-11に示す。

なお、下部工施工は河川内工事のため、非出水期に実施することとする。

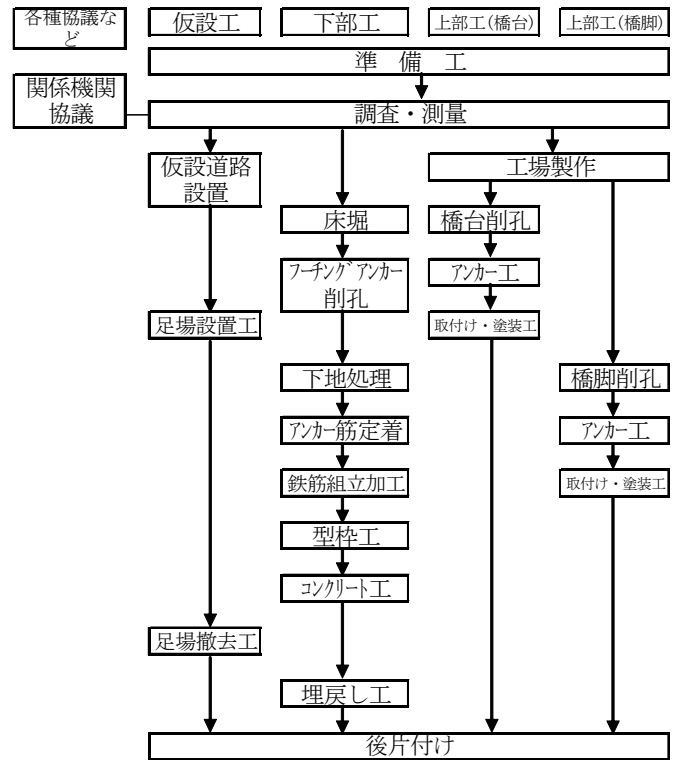


図-11 施工フロー

ここでは、他の建設工事と比較し全体工事費のうち大半を占めている仮設関係を中心に説明する。

◆橋脚補強工

①鉄筋型枠組み立て時

中段程度まで枠組み足場を組み立てて鉄筋足場とし、主鉄筋を吊り込み、組立てを行う。(図-12)

主鉄筋組み立て完了後、足場を最上段まで組み立て、帯鉄筋の取付けおよび型枠組み立てを行う。(図-13)

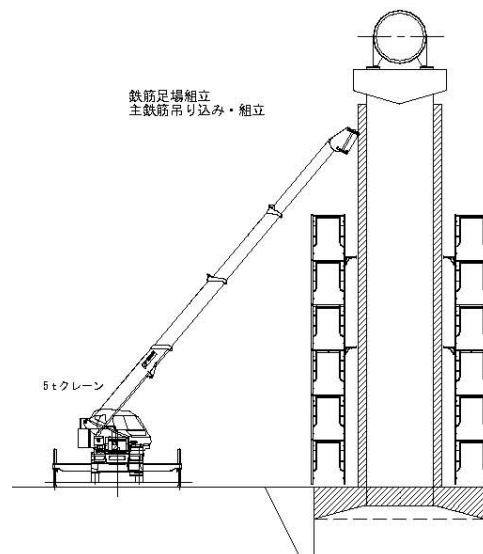


図-12 鉄筋型枠組み立て1



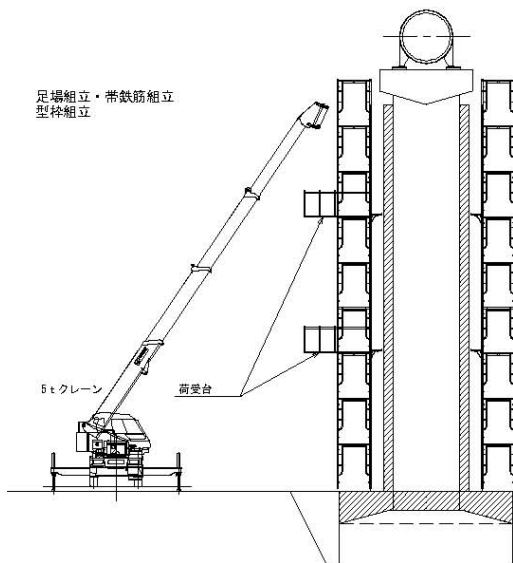


図-13 鉄筋型枠組み立て 2

②コンクリート打設時

補強コンクリート厚さは、25～35 cmと薄いため、ポンプのホース先端を打込み面まで下げることは不可能である。そのため、コンクリート打設時は、骨材分離を抑制させるため、柱型枠にコンクリート打設用の窓を極力打込み面に近づく箇所に設けて、コンクリートの打上がりと同時に蓋をしながら、順次、上へ移動し打設する。柱天端付近の打設はシュートを設け、そこから打設を行う。(図-14)

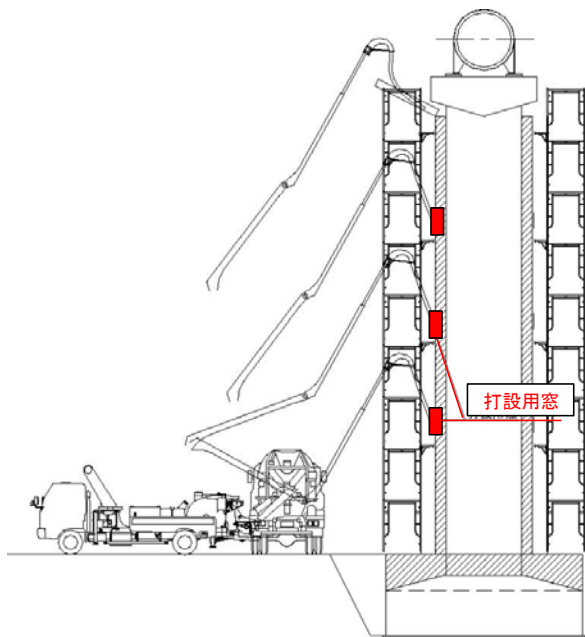


図-14 コンクリート打設

◆落橋防止工

①資材の運搬

橋脚上の落橋防止装置の搬入は、両岸橋台までは進

入路および仮設道路により橋台背面までトラッククレーンが接近できる。本水管橋上には、幅 600 mmの歩廊が設置されているため、橋脚上までの資材の搬入は図-15のような台車を使用し運搬することとした。

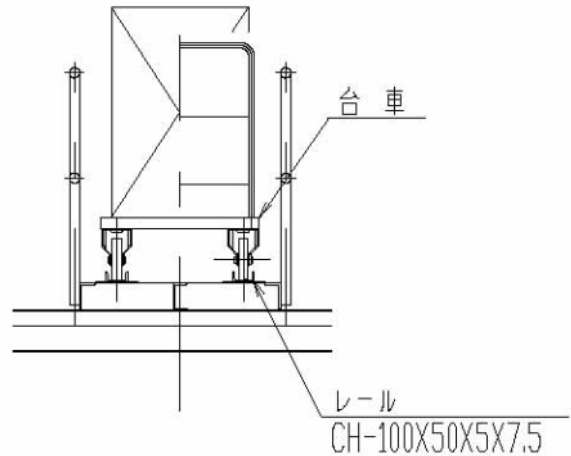


図-15 水管橋上での資材搬入

◆仮設道路

本水管橋の橋脚補強工および落橋防止装置を施工するためには、工事用車両の進入路および仮設道路が必要となる。

◆仮回し水路

本水管橋は、谷部を横断しているため下部工施工時には仮設ヤードを設けることとなり、河川の仮回しが必要となる。

①流域

それぞれの位置での流域面積は、下記のとおりである。(図-16)

- 第1水管橋…0.79km<sup>2</sup>
- 第2水管橋…0.54km<sup>2</sup>



図-16 流域図

②計画高水量の算定式

計画高水量は、合理式により算定した。

$$Q = 1/3.6 \times f \times r \times A$$

Q : 計画高水量 (m<sup>3</sup>/s)

f : 流出係数 (山地=0.75)

r : 降雨強度 (mm/hr)

A : 流域面積 (km<sup>2</sup>)

③確率雨量

仮設であることから、2年確率雨量とした。

「砂防技術指針(案)(平成13年6月:三重県県土整備部砂防課)」より四日市の2年確率雨量式は下式となる。

$$r_2 = 997 / (t^{0.7} + 7.39)$$

t : 洪水到達時間(min)

洪水到達時間は、角谷・福島式により求めた。

$$t = CA^{0.22} \times r^{-0.35}$$

C : 流出係数 (自然丘陵山地 250~350 ≒ 290)

④計画高水量

①~③よりそれぞれの計画高水量は、**表-9, 10** のとおりとなった。

**表-9 第1水管橋計画高水量**

角谷・福島式		降雨強度式	
$t = CA^{0.22} \times r^{-0.35}$		$r = 997 / (t^{0.7} + 7.39)$	
t	79.7	t	79.7
C	290		
r	34.6	r	34.6
A	0.79		
計画高水量 = 5.7m <sup>3</sup> /s			

**表-10 第2水管橋計画高水量**

角谷・福島式		降雨強度式	
$t = CA^{0.22} \times r^{-0.35}$		$r = 997 / (t^{0.7} + 7.39)$	
t	71.9	t	71.9
C	290		
r	36.5	r	36.5
A	0.54		
計画高水量 = 4.1m <sup>3</sup> /s			

⑤仮廻し水路の構造

仮廻し水路は、ヒューム管またはコルゲート管により計画した。仮設ヤード下に設置するため、計画勾配を 1/300 とし流量計算を行った結果を**表-11**に示す。

なお、流量計算は土砂などの堆積を考慮し、8割水深で計算を行った。

**表-11 仮廻し水路計算結果**

口径	D	2200	2000	1800	1650	1500
水深(m)	H	1.760	1.600	1.440	1.320	1.200
断面積(m <sup>2</sup> )	A	3.260	2.694	2.182	1.834	1.515
潤辺(m)	P	4.869	4.426	3.983	3.651	3.320
径深	R	0.669	0.608	0.547	0.502	0.456
粗度係数	n	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013
流速(m/s)	V	3.397	3.187	2.970	2.805	2.631
流下能力(m <sup>3</sup> /s)		11.074	8.586	6.481	5.144	3.986

以上より仮廻し水路は、

第1水管橋 HP φ1800

流下可能量 6.481m<sup>3</sup>/s > 5.7m<sup>3</sup> …0.K

第2水管橋 HP φ1650

流下可能量 5.144m<sup>3</sup>/s > 4.1m<sup>3</sup> …0.K

**7. 工事の進捗状況 (平成21年6月末時点)**

平成21年3月より工事に着手し、6月末時点では落橋防止装置を概ね設置し、進捗率は30%である。実施工程どおり順調に工事は進んでおり、今後、出水期を終えてから水管橋の塗替え、下部工の施工に着手することとしている。工事状況を**写真-3~10**に示す。



写真-3 第2水管橋（着工前）



写真-6 仮設道路



写真-4 第2水管橋（現況）

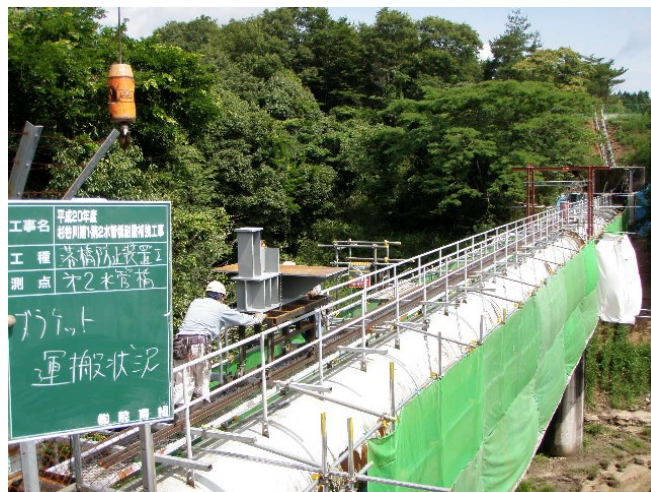


写真-7 台車を用いての資材搬入状況



写真-5 仮設道路



写真-8 落橋防止装置設置状況



写真-9 リングサポート補強

## 8. おわりに

三重用水は、これまで用水の供給を続け北勢地域のライフラインとして重要な役割を担ってきたが、建設後約30年が経過し、施設の老朽化が進行しているとともに、耐震化が急務となっている。

こうした中で、先駆的な事例として水管橋の耐震照査～補強工事を実施した。関係ユーザーの協力を得て、補強工事に着手できたことは、三重用水施設の現状を関係ユーザーに理解して頂くにも重要な機会であっただろう。今後も適切な維持管理・配水管理により用水の安定供給と施設の安全確保に努め、ユーザーの信頼に応えていきたい。



写真-10 落橋防止装置設置

### 参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会. 2002. 道路橋示方書・同解説 (V耐震設計編)
- 2) 三重県. 橋梁耐震補強設計要領. 4-4 耐震補強に求める耐震性能
- 3) 水資源機構. H15. 10. 水路工設計指針 (案)
- 4) 社団法人日本水道協会. H9. 3. 水道施設耐震工法指針
- 5) 日本水道鋼管協会. H9. 9. WSP 水管橋設計基準 (耐震設計編)