

愛媛県保内町における旧橋の調査と修復について
Survey and repair of the old bridges in Honaicho, Ehime prefecture

菊池 良治 #1
Ryouji Kikuchi
赤坂 俊彦 #2
Tosihiko Akasaka

要旨：供用開始後50年以上経過し老朽化した橋は順次取り壊し新設してきたが、最近旧橋は文化遺産として見直されるようになってきた。町では1936（昭和11）年に建設された旧橋の現地調査や各種試験を行って耐荷力の診断を行い、その結果に基づいて補修補強を行って供用した。さらに1933（昭和8）年に建設された町を代表する旧橋を調査診断し、保存のための補修補強計画をたてた。

1. はじめに

現在我が国では、国道、都道府県道及び市町村道にある径間15m以上の道路橋は約13万橋（1994.4.1現在）あり、その数も年々増加する傾向にある。そのうち供用開始後50年以上経過している橋梁は約6,000橋（全体の約5%）である。

愛媛県保内町は、愛媛県で最初に銀行（第29国立銀行）が創設された町であり、1910年代（大正初期）～1940（昭和10）年代頃まで紡績業、鋳業、海運業により栄えこの時代に多くの橋が架設された。これらの橋梁の老朽化が目立つようになり、町として、図-1のように、川之石地区に架かっている橋で金比羅橋、姥ヶ橋、江ノ口橋の3橋を1989（平成元）年度より1994（平成6）年度までに順次取り壊し、新設を行ってきた。しかしながら最近になって、橋の評価が単に交通の手段にとどまらず、先人の残した文化遺産という観点から注目されはじめ、文化遺産として地域に及ぼす影響が大きいために認識されるようになってきた。本町においても、古い建物や構造物を残そうと活動している団体等が現れ、一般の町民からも同様の意見が出されるようになった。町は未改修で残されている清水橋について1995（平成7）年9月より、住民への公聴会を開催する一方で、橋梁の現地調査及び各種試験を行って現況の構造を把握し、耐荷力を検討した。その結果、2t積貨物車が充分供用できる構造であると判定されたので、補修工事を行うことを決定し1996（平成8）年10月に補修工事を完成させた。

つづいて、町に残された橋として最も大切に保存したい美名瀬橋について、現地調査及び各種試験を1997（平成9）年1月までに行った。清水橋と同じように現況の構造を把握し、耐荷力を検討した結果、この橋も、2t積貨物車が充分供用できる構造と判断されたため補修工事を行って利用することにしている。この補修工事では、美名瀬橋を含めた町並み一体を文化遺産としていかに残していくかが課題となっている。

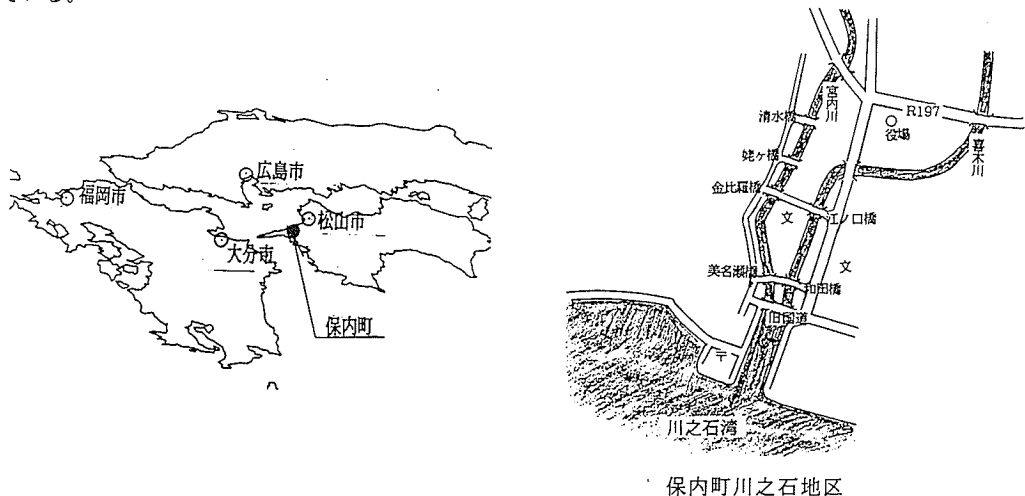


図-1

キーワード 昭和初期、補修補強、橋

#1 愛媛県保内町 保内町役場 建設課 課長

#2 愛媛県保内町 保内町役場 建設課 課長補佐

2. 清水橋修復工事

(1) 調 査

a) 清水橋の概要と状況

表－1に清水橋の概要を示す。写真1～2に竣工時の状況を、写真3に修復前の状況を示す。本橋は、保内町宮内清水町地区の住民の生活道路として1936（昭和11）年に竣工した。この橋は、海岸線より約500m内側の河口に近いところに架設されており、塩害の影響と考えられる主桁のかぶり部の剥落、露出した鉄筋の発錆が著しい状態にあり、下部工は耐震性に問題があるパイルベント構造とよく似た構造となっていた。調査はこのような清水橋が保有する耐荷力を、上部工の耐荷力と下部工の耐震性との両面から把握し、損傷及び補修・補強等の課題に対しての対策工法を提案し、概略設計を行うことを目的としている。

表－1 清水橋の概要

橋 梁 名	清 水 橋	路 線 名	町道 山崎 清水 線
橋 長	21.300m	有効幅員	3.470m 上下線分離 無
橋梁種別	一 般 橋	架橋状況	河川（宮内川）
		竣工年月	1936（昭和11）年 1月
		調査完了年月	1995（平成 7）年11月
		補修完了年月	1996（平成 8）年10月

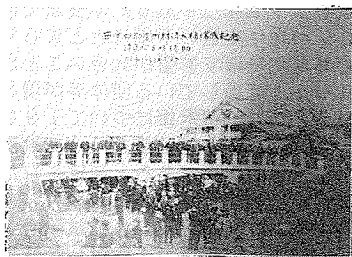


写真1

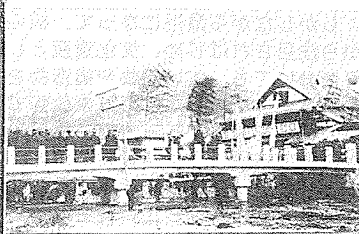


写真2



写真3

b) 調査・検討内容

調査内容は以下の2つに大別できる。

①資料収集

②現場調査（写真4～5参照）

・寸法、構造調査

・損傷調査

・部材調査、試験

タタキによる損傷範囲の確認、目視によるひび割れ調査

コンクリートコア採取による強度試験、シュミットハンマーによる強度試験、塩化物含有量調査、中性化試験

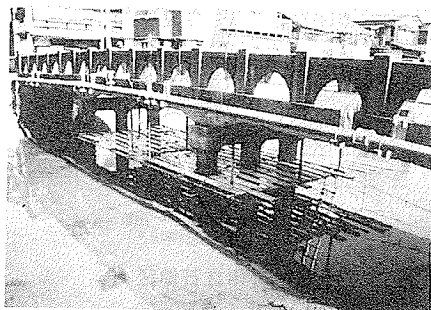


写真4



写真5

検討は以下のことについて行った。

①上部工耐荷力の検討

②下部工耐震安定性

c) 調査結果

①寸法構造調査 寸法調査を行い作成した橋梁一般図を図-2に示す。なお、同図には補修内容も記している。

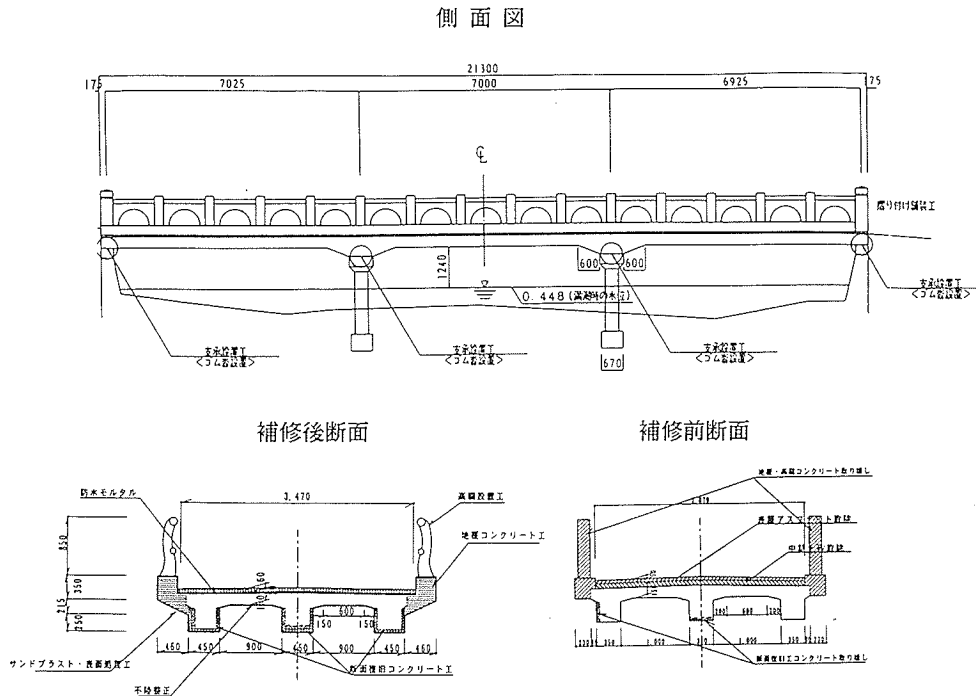


図-2 橋梁(補修一)一般図

②損傷調査

②-1 各部の損傷状況 (損傷ランク：近畿地建「R C T桁の損傷対策マニュアル」による)

主桁の損傷・・・耳桁底面はほぼ全域にわたってかぶりコンクリートが剥落し、鉄筋が発錆している。中桁のかぶりコンクリートには大きな剥落は見られない。またコンクリートの浮きは主桁の側面にまで及んでいる。(損傷ランク Ⅲ)

床版の損傷・・・構造的な原因によるひび割れは発生していない。しかし、豆板、浮き、かぶり不足部鉄筋露出等の損傷が点在している。主桁と比較すると損傷レベルは低い。

支承部の損傷・・・橋台及び橋脚上の主桁には、大きなひび割れが発生しておりコンクリートの欠落寸前である。(損傷ランク Ⅰ)

下部工の損傷・・・橋台は特に問題となる損傷は認められなかった。橋脚の梁についても同様であったが柱の表面は豆板状となっており、カキ、フジツボ等が付着している。また、橋脚柱基部の一部が部分的に露出しているが、洗堀までには到っていない。

その他の損傷・・・舗装及び高欄等に損傷は確認されなかった。また、ジョイントは存在しない。

以上の結果より、全橋としての損傷ランクはⅢと判定され、主に補強、従に掛け替え対策が必要と判定される。

②-2 コンクリートの品質

圧縮強度試験結果・主桁から取り出したコアの圧縮強度試験結果は $\sigma=189\text{kg}/\text{cm}^2$ であり、同位置付近で行ったシュミットハンマーによる試験結果は $\sigma=218\text{kg}/\text{cm}^2$ （材令補正係数考慮）であった。シュミットハンマーによる試験結果はコアの圧縮強度より少し大きめの値を与えている。

以下に各部のシュミットハンマーの試験結果を示す。

主 桁	床 版	橋脚 梁	橋脚 柱
$\sigma=207\text{kg}/\text{cm}^2$	$\sigma=197\text{kg}/\text{cm}^2$	$\sigma=225\text{kg}/\text{cm}^2$	$\sigma=125\text{kg}/\text{cm}^2$

中性化試験・・・本橋の中性化深さは最大2cmであり、鉄筋まで達していない。また、中性化深さを経過時間の関数で表した岸谷式を用いて水セメント比を60%として現時点での中性化深さを推定すると、 $l=2.9\text{cm}$ と算定される。この計算値より実測値が小さいことから、コンクリートの品質がよく、鉄筋が腐食されにくい環境にあるといえる。

塩化物量・・・・主桁及び床版の切り取りコアから塩化物量を測定すると、表面で約 $0.9\text{kg}/\text{m}^3$ 程度で、最大は $1.1\text{kg}/\text{m}^3$ （床版、深さ4～6cm地点）である。いずれも鋼材の腐食が生じやすくなるといわれている塩化物量の $1.5\text{kg}/\text{m}^3$ 以下であるが、塩化物総量規制値の $0.30\text{kg}/\text{m}^3$ あるいは $0.60\text{kg}/\text{m}^3$ より多い。以上の結果より、健全部分のコンクリートについては圧縮強度、中性化、品質等の問題はない。ただし塩化物量については総量規制値より多い。

②-3 損傷原因の推定

主桁下面の損傷・・・竣工当時の主桁下面のコンクリートは、主桁の各種鉄筋間に透き間がない鉄筋配置となっているためコンクリートがかぶり部分まで回っておらず、ポーラスな状態となっていたと考えられる。この状況は、塩分の影響を受けやすい（塩分が侵入しやすい）状態であり、塩害により鉄筋の腐食、かぶりコンクリートの剥落が生じたものと考えられる。

床版の損傷・・・・床版の一部にも鉄筋露出が生じているが、そのほとんどがかぶり不足部であった。このような損傷は外部から進入した塩分による塩害と考えられ、そのほかの損傷の大部分を占める豆板、コンクリートの浮き等の原因は老朽化、施工不良によるものと考えられる。

支承部の損傷・・・・支承部であるところからせん断力が卓越する部分であり、連続性が途切れるところでもある。上記主桁下面の損傷原因に比べ、このような状況が加わって損傷したものと考えられる。

②-4 本橋の利用実態

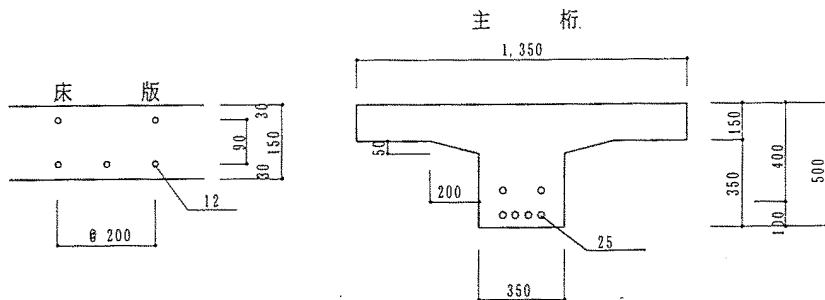
本橋の利用実態は次の通りと考えられる。

- ・ 一日の交通量は100台未満であると考えられ、非常に少ない。
- ・ 利用する車両は乗用車が主であり、大型車は含まれない。

③ 上部工耐荷力

③-1 断面形状

図-3に床版と主桁の推定断面を示す。



当初設計時の応力度 → $\sigma_c=36.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ $\sigma_s=1228\text{kgf}/\text{cm}^2$ $\sigma_c=43.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ $\sigma_s=1187\text{kgf}/\text{cm}^2$
 耐荷力照査時 → $\sigma_c=65.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ $\sigma_s=2209\text{kgf}/\text{cm}^2$ $\sigma_c=60.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ $\sigma_s=1649\text{kgf}/\text{cm}^2$
 (TL-14荷重による)

図-3 床版と主桁の断面

③-2 耐荷力

床版・・・鉄筋T=4.6t、コンクリートT=5.1t (T荷重)

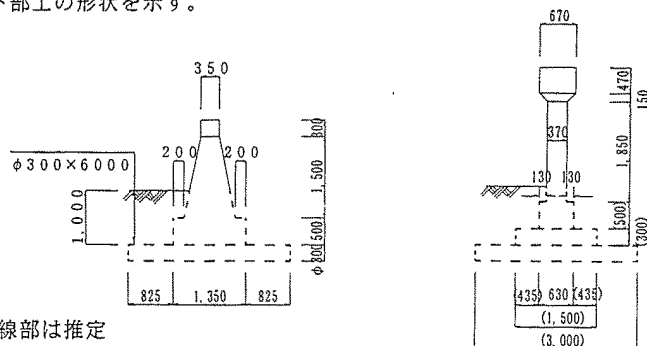
主桁・・・TL-14の荷重に対して耐荷率 $\alpha=1.24$ (L荷重)

以上の結果より、耐荷力の最も小さいT=4.6t (T荷重)が上部工耐荷力となる。

④ 下部工耐震安定性

④-1 形状

図-4に下部工の形状を示す。



注) 破線部は推定

図-4 下部工の形状

④-2 安定計算結果

橋台及び橋脚の安定計算結果を表-2に示す。

表-2 安定計算結果

		常 時	地 震 時	軽量化地震時	備 考
橋 台	転 倒 (m)	$0.202 \leq 0.325$ ≤ 0.423	$0.635 \leq 0.650$ ≤ 0.845	$0.632 \leq 0.650$ ≤ 0.845	許容値の下段の値は 割増考慮値である。 設計水平震度 KH=0.16
	滑 動	$2.92 \geq 1.50$ ≥ 1.15	$1.23 \geq 1.20$ ≥ 0.92	$1.24 \geq 1.20$ ≥ 0.92	
	鉛直反力度 (tf/m ²)	$6.5 \leq 5.0$ ≤ 6.5	$9.4 \leq 7.5$ ≤ 9.7	$9.0 \leq 7.5$ ≤ 9.7	
橋 脚	橋軸方向				柱の応力度 $\sigma_c = 60.3 < 67.5$ kgf/cm ² $\sigma_s = 1843 < 1800$ kgf/cm ²
	鉛直反力度 (tf/m ²)	$4.4 \leq 5.0$ ≤ 6.5	$6.5 \leq 7.5$ ≤ 9.7	$5.9 \leq 7.5$ ≤ 9.7	
	水平反力 (t)		$6.0 \leq 15.1$ ≤ 19.6	$5.4 \leq 13.7$ ≤ 17.8	
	直角方向				
脚	鉛直反力度 (tf/m ²)	$4.5 \leq 5.0$ ≤ 6.5	$5.2 \leq 7.5$ ≤ 9.7	$4.6 \leq 7.5$ ≤ 9.7	梁の応力度 $\sigma_c = 20.4 < 67.5$ kgf/cm ² $\sigma_s = 713 < 1800$ kgf/cm ²
	水平反力 (t)		$6.0 \leq 15.1$ ≤ 19.6	$5.4 \leq 13.7$ ≤ 17.8	

d) 調査の結論

以上の結果を基に次の結論が導かれる。

清水橋の橋梁全体としての供用レベルは上部工(床版)の耐荷力から決定されることになり、一般の貨物車に置き換えると2t積貨物車程度の荷重なら何の支障もなく、安全であると考えられる。したがって、充分な補修を実施し元の断面に復旧すれば、現在使用されている利用状況(通行車両状況、交通量)であれば十分対応できると考えられる。

(2) 補修工事

a) 補修工事の概要

補修工事は、断面復旧工と支承部補強工事よりなる。

補修工事のフローチャートを図-5に示す。

b) 断面復旧工

目的： 躯体コンクリートの損傷劣化により橋の耐荷力が低下しており、くわえてそのまま放置すると損傷、劣化が進行する。また断面欠損による耐荷力の低下が危ぶまれる。このため損傷劣化等の脆弱部を除去し健全な躯体断面に復旧する必要がある。

材料： 施工範囲が上部工の桁及び床版下面であるため、通常のコンクリートではまわりが悪く弱点を作ってしまう可能性が大きいので、主桁部は高流動化コンクリートにより打設し、床版下面はポリマーモルタルをコテ塗りにより施工する。そして、密実性を期待できるポリマーモルタルの使用は塩害に対しても有効である。

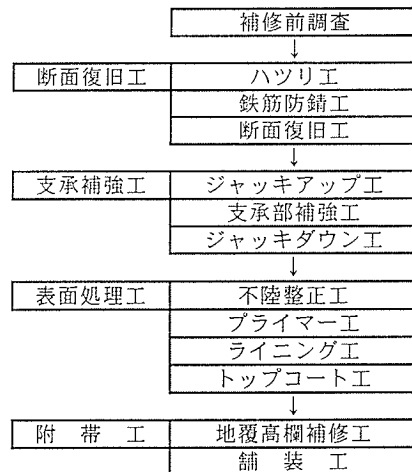


図-5 補修施工フローチャート

施工法： コンクリートの脆弱部をハツリ、鉄筋防錆工を行う。その後、主桁部は高流動化ポリマーコンクリートを打設し、床版下面はポリマーモルタルをコテ塗りにて行う。主桁コンクリートの打設締固めには、充分注意を要する（写真6～7参照）。

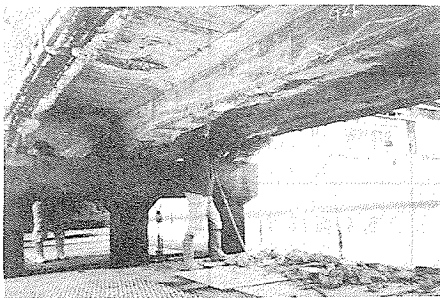


写真6

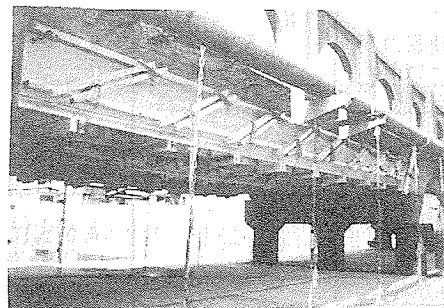


写真7

c) 支承部補強工

目的： 本橋は、支承が設置されておらず、桁が直接下部工に乗っている状態であるため、支承部付近の桁に応力が集中し、ひび割れ、剥離等の損傷を生じている。本工事は、支承部を設けることにより荷重分散させ、軽減するものである。

施工法： 支承部復旧工にはジャッキアップ工が不可欠となる。実施手順は、ジャッキアップ→脊座面の整形→支承部桁断面の復旧→ゴム支承設置→ジャッキダウンとなる。注意点として側径間において橋本体と取り付け道路の間に伸縮装置がなく両者が接続されているため、事前にカッターを入れておきジャッキアップの作業を容易にしておく（写真8～9参照）。

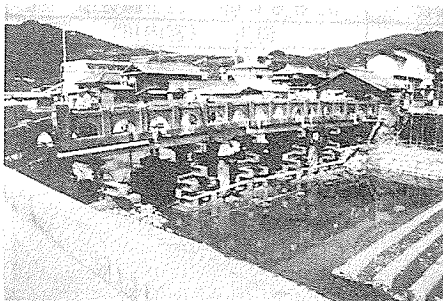


写真 8

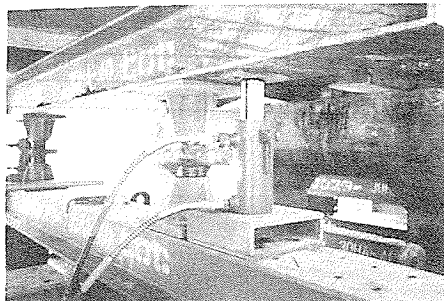


写真 9

d) 表面処理工

目 的： 本橋の損傷状況は塩害によるところが大きい。このため、断面復旧後の供用において塩害による影響を最小にとどめ、また、景観を考慮し表面処理を行う。

施工法： 断面復旧後行う。上下部工により多少塗料、規格が異なるが、基本的にプライマー散布→パテ埋め→中塗り（ライニング）→上塗り（トップコート）の4工程である（写真10～11参照）。

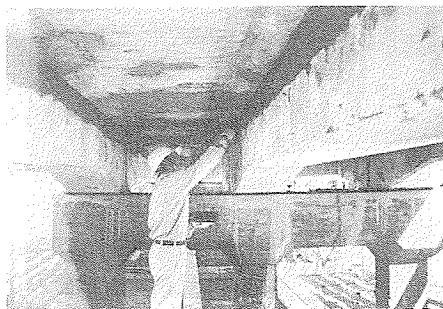


写真 1 0

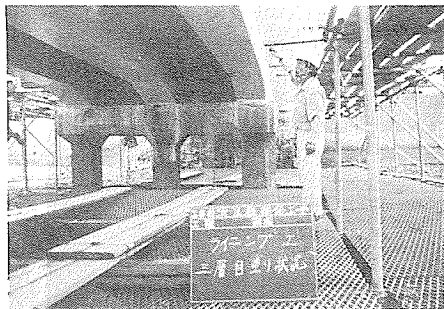


写真 1 1

3. 美名瀬橋調査

(1) 調 査

a) 美名瀬橋の概要と状況

表-3に美名瀬橋の概要を示す。写真12～13に竣工当時の状況を、写真14～15に調査の状況を示す。本橋は、1933（昭和8）年に竣工された海岸線より約75m内側に架設された橋で、当時町としてはバスが通行できる珍しい橋であった。その後、1958（昭和33）年、下流側に国道橋（PC橋）が架設され、その機能を完全に移し、現在は地域住民の生活道として、役割を担っている。供用開始から60年余り経過し、外見も老朽橋として印象づけられる。今日まで抜本的な補修、補強がされず塩害の影響と思われる損傷（断面欠損、ひび割れ）が多数見られる。

調査は、清水橋と同様にこの橋の保有する耐荷力を、上部工の耐荷力と下部工の耐震性との両面から把握し、損傷及び補修・補強等の課題に対しての対策工法を提案し、概略設計を行うことを目的としている。

調査内容は、清水橋と同様である。

表－３ 美名瀬橋の概要

橋 梁 名	美 名 瀬 橋	路 線 名	町道 東和田 線
橋 長	2 5 . 6 5 0 m	有効幅員	5 . 5 0 0 m 上下線分離 無
橋梁種別	一 般 橋	架橋状況	河川 (宮内川)
		竣工年月	1 9 3 3 (昭和 8) 年 4 月
		調査完了年月	1 9 9 7 (平成 9) 年 1 月

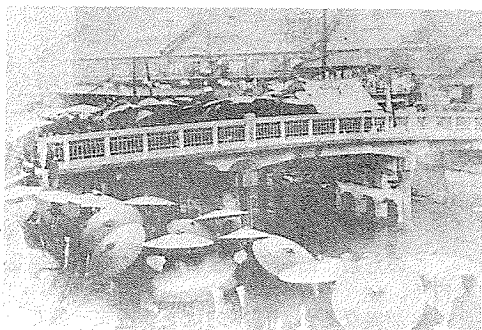


写真１２

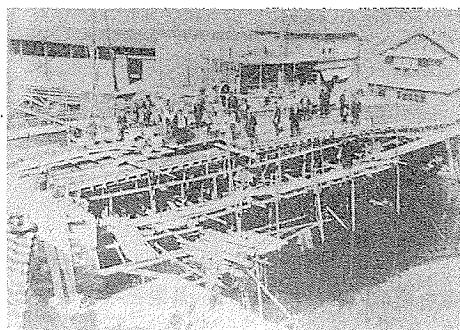


写真１３

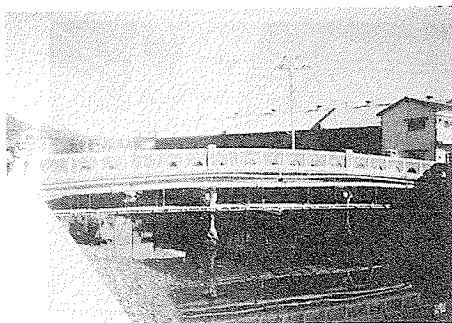


写真１４

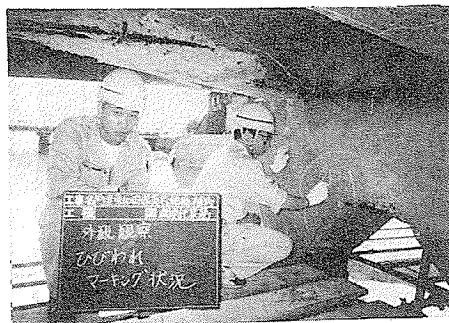


写真１５

b) 調査結果

① 構造検討：上部工耐力は約 5.8 t と算定され、2 t 貨物車程度の通行には何の支障もない。また、下部工の耐震性にも何ら問題はない。このことから、上下部工とも断面復旧を行えば、現況交通量程度であれば十分対応できると考えられる。

② 損傷度判定：近畿地建 R C T 桁補修・補強マニュアルによると、損傷ランクⅡと判定され、主に補修（現況断面維持）が妥当と考えられる。

③ 損傷の原因：塩害による影響が大きい。このため、塩害対策工（塗膜工）が必要であると考えられる。また、コンクリートを完全に密封する意味で床版上面に防水工を施す。

寸法調査を行い作成した橋梁一般図を図－６に示す。

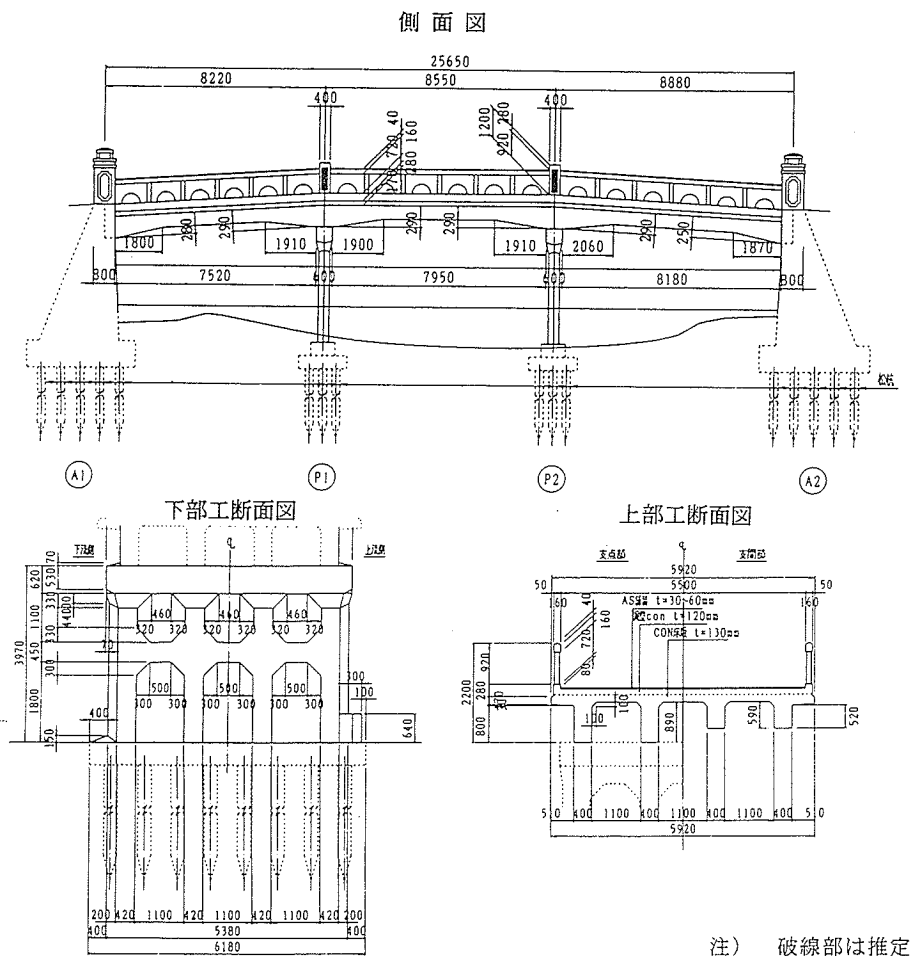


図-6 美名瀬橋 橋梁一般図

(2) 補修計画

① 断面修復工： 本橋の桁部の断面修復工法については、断面修復範囲が大きく、厚みが薄いことと、防錆処理によって減少する鉄筋断面を補う必要がないことなどを考慮に入れて、ポリマーモルタルレバクト工法による断面修復を行うものとする。

床版部及び下部工については、コンクリートのウキや鉄筋露出が部分的に発生しており、損傷範囲も小さいことから、ポリマーモルタルを使用した人力によるコテ仕上げの断面修復方法を適用する。

② 塩害対策工： 塩害対策として、表面被覆工（塗膜塗装工）を行う。

使用材料としては、エポキシ樹脂または、ポリウレタン樹脂塗料を使用し、プライマー散布→パテ埋め→中塗り（ライニング）→上塗り（トップコート）の4工程で行う。

③ 防水工： 本橋で実施する床版防水は、完全な通行止めを行うことが困難であることなどから塗膜系防水層（加熱型）のアスファルト塗膜系防水層を採用する。

4. あとがき

清水橋は、地元の要請もあり表面被覆工（塗装）の材料及び舗装工（インターロッキング舗装）に明るい色を使用し、高欄なども取り替え、全く新しい感じの橋に生まれ変わった。

清水橋の調査、補修工事の実績をふまえて、これから美名瀬橋の補修工事を行う。美名瀬橋は、1933（昭和8）年に地元を代表する建設会社が心血を注いで建造した構造物であり、そして現在では、この会社が手がけた橋はほとんどが取り壊され、今ではこの美名瀬橋しか残っていない。地元業者は美名瀬橋を建造するにあたって、自分の町に立派な橋を残そうと大変苦勞をし、いろいろな建造途中のエピソードが残っている。そのエピソードを聞いたり、現地を訪れて橋の姿を見たりすると当時の建造に携わった人々や地域の人々がいかにこの橋に対して愛着を持ち大切にしていたかわかる。そんな地元の要請もあって、美名瀬橋は、今の景観を残すように補修、補強を行う予定である。

この一連の調査及び工事が、残された限りある建造物であるこの橋を次の世代に残す絶好の機会であると認識し、貴重な文化遺産として出来るだけ建設当時の状態に復旧、修復を行い、これからの町づくりに役立てていきたい。