

# 緑川橋における耐震補強工事のコスト縮減について

九州地方整備局 熊本河川国道事務所 道路管理第二課 長 靖朗

## 1. はじめに

緑川橋上り線は、昭和 51 年に建設された渡河橋であり現行基準に示された耐震性能を満足していないこと、主要幹線道路を構成する重要構造物であること、および緊急輸送路確保の観点からも既設橋脚の早急な耐震補強の実施が求められてきたところである。

従来実施されてきた橋脚の耐震補強は、地震時保有水平耐力法により照査を行い、既設橋脚の耐力およびじん性の向上を目的とした RC 巻き立て工法や鋼板巻き立て工法が用いられている。これらの工法は橋脚柱を基部から天端まで補強する工法である。本橋のように河川内の橋脚を補強しようとする場合には、栈橋工、締切工等の仮設構造物が必要で工事費が増大するため、事業遂行の妨げとなっていた。そのため、橋台パラペット及び背面上の抵抗等を考慮した橋梁全体系の動的解析を行うことにより、河川内橋脚を大規模な仮設構造物を用いずに耐震補強を行う方法を検討した。

その結果、ダンパーによる慣性力分散工法を採用することで河川内橋脚を直接補強せずに耐震性能を確保し大幅なコスト縮減を可能とした。なお、本橋は「緊急輸送道路の橋梁耐震補強 3 箇年プログラム」による耐震補強の必要な橋梁であり、段落し補強のみ行う同プログラムによる補強工法も検討を行った。ダンパーによる慣性力分散工法による補強の方が経済性に優れ、更に現行基準を満足する耐震補強を可能とした。

ここでは、ダンパーによる慣性力分散工法による緑川橋上り線の耐震補強設計について報告するものである。

## 2. 緑川橋諸元

橋梁名：緑川橋

路線名：一般国道 3 号

位置：熊本県下益城郡富合町

型式：上部工 3 径間連続鈹桁橋 + 2 径間連続鈹桁橋

支間割： $(49.05+59.00+48.85)+(48.85+48.85)=254.60\text{m}$

下部工 A1：逆 T 式橋台（杭基礎） A2：逆 T 式橋台（杭基礎）

P1：壁式橋脚（杭基礎） P2～P4：壁式橋脚（杭基礎）



図-2.1 位置図

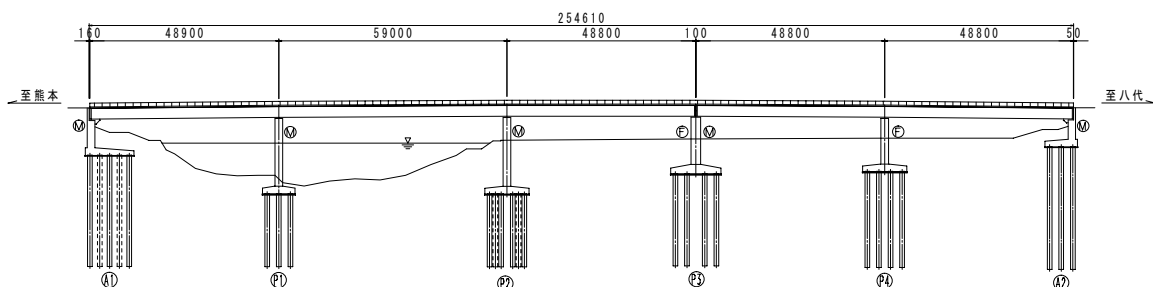


図-2.2 緑川橋一般図

## 3. 現況耐力照査

地震時保有水平耐力法による対象橋脚の現況耐力照査を行った。地震時保有水平耐力法による耐力照査の結果、すべての橋脚において曲げ耐力が所定の耐震性能を満足しないことを確認した。

表-3.1 現況の地震時保有水平耐力法による照査結果一覧表

		P1 橋脚	P2 橋脚	P3 橋脚	P4 橋脚
保有水平耐力	Pa(kN)	1,505	1,414	3,452	2,480
慣性力	W・khe(kN)	4,607	4,929	9,674	7,278
判定 (安全率 Pa/W・khe > 1.0)		×(0.33)	×(0.29)	×(0.36)	×(0.34)

#### 4. 耐震補強工法の検討

##### 4. 1 従来工法による補強

従来工法による補強は、RC巻き立て工法により計画を行った。

補強検討の結果、巻立て厚 t=400 となり主鉄筋は D35~38ctc200 の 2 段配筋が必要となった。

表-4. 1 RC巻き立て補強による地震時保有水平耐力法による照査結果一覧表

		P1 橋脚	P2 橋脚	P3 橋脚	P4 橋脚
保有水平耐力	Pa(kN)	5,521	5,452	11,703	7,192
慣性力	W・khe(kN)	5,432	5,287	11,483	7,041
判定 (安全率 Pa/W・khe > 1.0)		○(1.02)	○(1.03)	○(1.02)	○(1.02)

なお、RC巻き立て工法により補強を行うためには、橋脚周りの土砂を掘削により取り除く必要があり、P1、P2橋脚は水中施工となるため締切工を計画する。

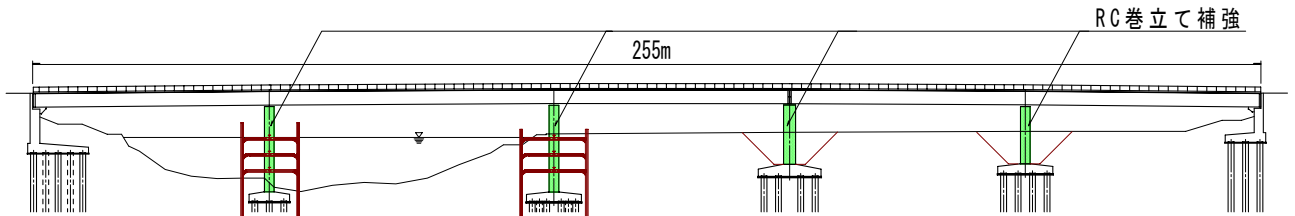


図-4. 1 従来工法概要

##### 4. 2 ダンパーによる慣性力分散工法による補強

###### 4. 2. 1 動的解析による現況照査

前述のRC巻き立て工法は、河川内の土工掘削が必要となることから、河川管理上施工の制約（非出水期施工）が大きく工事費も高い。そのため、橋梁全体系を考慮した動的解析による耐震照査を行った。耐震照査は、以下のモデルに示すように橋台パラペット及び背面土の抵抗等を考慮した。

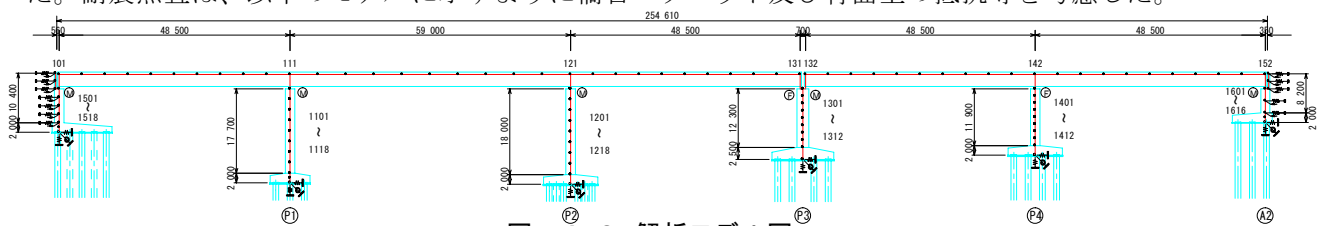


図-4. 2 解析モデル図

表-4. 2 橋梁全体系による動的解析照査結果一覧表

		P1 橋脚	P2 橋脚	P3 橋脚	P4 橋脚
応答塑性率	$\mu_{max}$	3.51	3.21	8.80	10.36
許容塑性率	$\mu$	5.39	5.29	8.31	7.69
判定 (安全率 $\mu_{max}/\mu < 1.0$ )		○(0.65)	○(0.61)	×(1.06)	×(1.35)

動的解析による現況照査の結果、P1、P2橋脚は応答塑性率が許容塑性率に収まっており許容値を満足したが、P3、P4橋脚は、許容値を満足しなかった。

###### 4. 2. 2 補強工法の検討

橋台パラペット及び背面土の抵抗を考慮してもP3、P4橋脚の補強は必要となった。橋脚を直接補強する工法は河川への影響があり仮設費用もかさむため、掘削を行わないような工法を検討することとした。径間割りは3+2径間連続であるため、P3、P4橋脚の地震時慣性力を各橋台に負担させることで（慣性力分散工法）、補強対象橋脚の耐震性向上に着目を行った。各橋台にはダンパーを設置することで慣性力の負担が可能である。

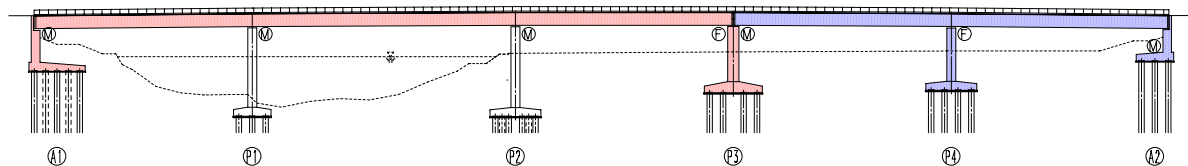


図-4.3 慣性力分担概念図

ダンパーは地震時のように急激に変形する場合、力に抵抗しエネルギーを吸収するが、温度変化などのような緩やかな変形に対しては、抵抗力が小さい特徴がある。ダンパーの履歴特性を図-4.4に示す。

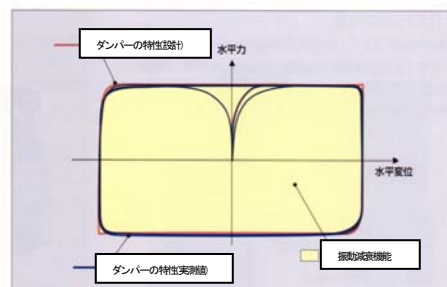


図-4.4 ダンパーの履歴特性

#### 4.2.3 耐震補強の検討

ダンパーによる慣性力分散工法により動的解析による照査を行った。その結果、P3、P4橋脚の耐震性能が改善し許容値を満足した。

表-4.3 慣性力分散工法による動的解析照査結果一覧表

		P1 橋脚	P2 橋脚	P3 橋脚	P4 橋脚
応答塑性率	$\mu \max$	3.51	3.21	5.14	5.98
許容塑性率	$\mu$	5.39	5.29	8.31	7.69
判定 (安全率 $\mu \max / \mu < 1.0$ )		○(0.65)	○(0.61)	○(0.61)	○(0.78)

また、補強前後における上部工の変位量は、各橋台にダンパーを設置したため、P3橋脚において19.5cmから6.0cm、P4橋脚において25.7cmから8.8cmとなった。

表-4.4 上部工慣性力作用位置での補強前後の変位量

		A1 橋台	P3 橋脚	P4 橋脚	A2 橋台
補強前	cm	21.4	19.5	25.7	26.0
補強後	cm	6.4	6.0	8.8	9.2

#### 4.2.4 補強対策工

ダンパーによる慣性力分散工法による耐震補強は、A1橋台に1500kNダンパーを2基設置し、A2橋台に750kNダンパーを2基設置した。ダンパーの取り付けは、橋台にコンクリート製の架台を設け、鋼製ブラケットにより主桁側面に設置を行った（図-4.6、写真-4.1）。仮設は足場のみが必要となった。

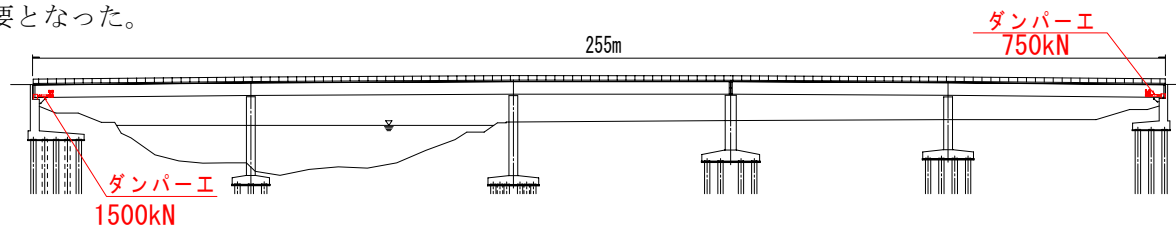


図-4.5 ダンパーによる慣性力分散工法施工要領図



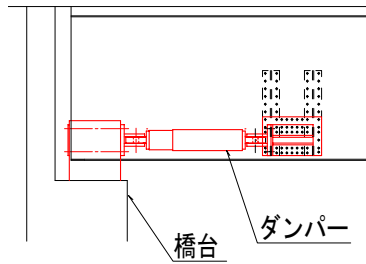


図-4.6 ダンパー設置詳細図

写真-4.1 ダンパー設置状況

#### 4.3 繊維シート巻立て工法による補強

ネットワーク路線の早急な耐震性能確保という観点から現在推進している「緊急輸送道路の橋梁耐震補強3箇年プログラム」による対象橋脚について補強の検証を行った。

緑川橋上り線は連続橋の固定RC橋脚が補強対象となる。対象となる橋脚はP3、P4橋脚の2基であり、この橋脚に対し炭素繊維シートによる段落し部の補強を行う計画とした。この場合、段落しみのみの補強となるため、橋脚基部の補強は行わない。

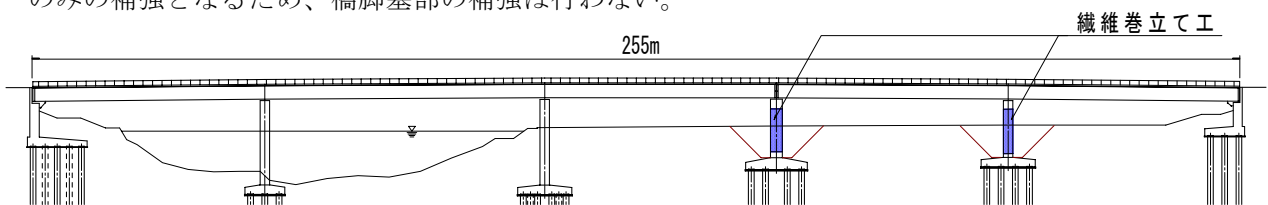


図-4.7 炭素繊維シート巻立て工法施工要領図

炭素繊維シート補強工法においては、土工掘削が必要となり非出水期施工となる。

#### 5. 各工法のコスト比較

従来工法による耐震補強においては、締切工等の仮設費が総工事費の大半(約73%)を占めており、大規模な仮設工を必要としない慣性力分散工法による耐震補強を採用することで、大幅なコスト削減を図ることが可能となる。また、現在、推進している「緊急輸送道路の橋梁耐震補強3箇年プログラム」における補強工法より工事費は安価となった。

緑川橋では、このうち最もコスト削減効果の大きい慣性力分散工法を実施案として採用することとした。

表-5.1 直接工事費比較表

単位：百万円

直接工事費	従来工法		慣性力分散工法		繊維シート補強工法	
	RC巻立て 仮設工	83 227	ダンパー工 仮設工	14.5 0.5	繊維シート巻立て工 仮設工	10 10
合計	311		15		20	
比率	20.7		1.0		1.3	

#### 6. おわりに

緑川橋においてはダンパーによる慣性力分散工法を採用することで、従来工法に比べ296百万円(95%)のコスト削減を図ることができた。

今後も、河川橋梁を対象とした耐震補強が求められることとなるが、従来工法で対応する場合には栈橋工、締切工等の仮設費が必要となり、そのため事業の遂行が困難となることも想定される。

その場合、慣性力分散工法等の新技术・新工法を活用することで工費の削減を図り、より効率的に事業を推進することが可能となるものとする。