

既設橋梁拡幅における上部工の軽量化に向けた検討・設計

セントラルコンサルタント(株) ○望月 美鈴

論文要旨

和歌山県のすさみ串本道路の建設において、串本 IC (仮称) が端末供用となることから串本町道サンゴ台中央線のうち、国道 42 号を横過するサンゴ台跨線橋を工事用道路として利用する計画が立てられた。道路規格は町道のままに、セミトレーラと普通自動車支障なく行きかうことのできる幅員を確保するため、当該橋梁の A2 橋台付近において車道幅を最大 1.0m 拡幅する必要があり、車道の拡幅により上部工死・活荷重が増加し、上下部工の補強が必要であることが課題であった。本稿では、課題解決に向けた上部工の軽量化検討及び設計について報告する。

キーワード：鋼橋、鋼床版拡幅、上部工の軽量化、歩道マウントアップ形式、発泡ウレタン

1. はじめに

一般国道 42 号すさみ串本道路は、近畿自動車道紀勢線(田辺～すさみ)と連続し、和歌山県東牟婁郡串本町サンゴ台から同県西牟婁郡すさみ町江住に至る 19.2km の自動車専用道路であり、国道 42 号における異常気象時通行規制区間の解消、防災・災害の代替路確保等を図る事業である。

本業務は、すさみ串本道路において串本 IC (仮称) が端末供用となることから、道路規格第 3 種第 4 級の串本町道サンゴ台中央線のうち、国道 42 号を横過するサンゴ台跨線橋を工事用道路として利用するため、道路規格は町道のままに、セミトレーラと普通自動車支障なく行きかうことのできる幅員を確保するため、当該橋梁の A2 橋台付近において車道幅を最大 1.0m 拡幅するための詳細設計である。

本橋は平成 14 年の道路橋示方書(以下、道示と称す)にて設計された、鋼 4 径間連続鋼床版箱桁橋であり、橋長 98.0m の橋梁である。本橋の拡幅においては、擦り付け区間 20.0m を設け A2 橋台までのおよそ 50m の拡幅詳細設計を実施した。(図-1)

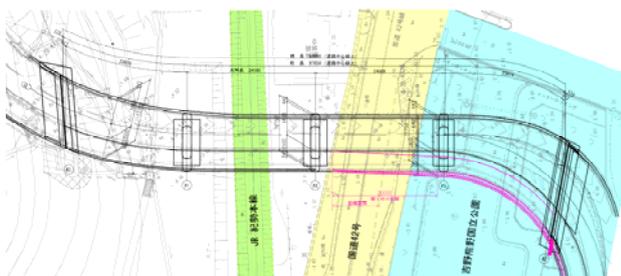


図-1 橋梁概要図

本橋の拡幅範囲においては、国道 42 号及び橋杭園地駐車場と交差しており、工事中の安全管理を考慮した拡幅工法の検討が必要である。また、上部工を拡幅することにより死荷重及び活荷重が増加し、既設支承の取替え及び橋台、橋脚の補強が求められる。本業務においては、これらの取替えや補強が不要となるような上部工の軽量化を立案した。

本稿では、上記のような施工条件や拡幅に対する対策について報告する。

表-1 橋梁諸元

項目	サンゴ台跨線橋
橋長	98.000m
支間長	23.810m+24.500m+24.500m+23.814m
幅員	車道：7.965m～6.465m～10.371m
	歩道：3.500m
上部工形式	鋼4径間連続鋼床版箱桁
下部工形式	逆T式橋台(A1, A2) 張出式橋脚(P1～P3)
基礎工形式	直接基礎
平面線形	R=50.0m～A=35.0～R=∞～A=20.0～R=20.0m～A=20.0
縦断勾配	-5.27%St.～-9.00%St. (V.C.L=40.0)
横断勾配	車道：-4.0%直線片勾配～1.5%直線山形勾配 ～7.0%直線片勾配
	歩道：2.0%直線片勾配
交差物件	JR 紀勢本線、国道42号 吉野熊野国立公園(橋杭園地駐車場)

2. 鋼橋拡幅計画

(1) 拡幅方法

現地での既設鋼床版への接合が容易で、施工性に最大限配慮した以下の対応とした。

- 既設歩道鋼床版と、拡幅歩道鋼床版の接合はボルト接合とし、両者を重ねて1面摩擦接合とする。
- ウェブの連結は既設の外縦桁をフランジと見立てたフランジ結合とする。
- 横ウェブの下フランジの接合は直接的に行わず、T断

面で照査し、接合しなくとも問題なければ図-2のままとするが、応力上問題がある場合は、既設外縦桁の下フランジと横リブ下フランジを、添接板を介してボルト接合させる。

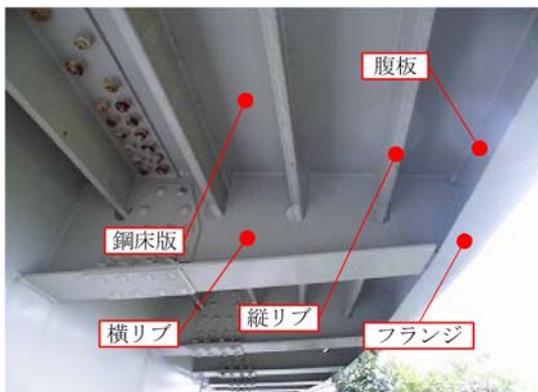


写真-1 張出床版の状況

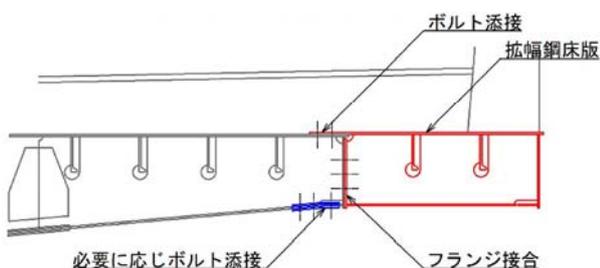


図-2 鋼床版拡幅方法

(2) 照査結果

拡幅に伴う上部工の照査は、平成 24 年道示¹⁾に基づき実施した。

鋼床版拡幅工法(0~1.0m)における、現況設計との対比結果は表-2のとおりであった。

- A1 橋台支承反力の超過量は微小のため、既設支承の取替えはなしと考えられる。
- P1, P2 橋脚支承反力は、既往設計反力内に収まっており、既設支承の取替えは必要ない。
- P3 橋脚 G2 桁, A2 橋台の反力超過量が大きく対策が必要である。

以上の結果より、P3 橋脚の起点側から A2 橋台に至る上部工の軽量化対策を行い、既設支承の耐力範囲内とする必要があった。

表-2 支承設計反力の比較

		A1橋台		P1橋脚		P2橋脚			
		G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2		
支点番号		7101001	7102001	7101006	7102006	7101011	7102011		
節点番号		1001	2001	1006	2006	1011	2011		
鉛直反力		3軸方向	3軸方向	3軸方向	3軸方向	3軸方向	3軸方向		
		D3(kN)	D3(kN)	D3(kN)	D3(kN)	D3(kN)	D3(kN)		
拡幅設計	全反力	死+活荷重	最大	1042.8	1398.6	2349.9	2796.4	1986.0	2577.1
			平均	1220.7		2573.1		2271.6	
元設計	死荷重反力	合成前+後	平均	261.6	721.0	988.5	1794.6	729.1	1648.6
			平均	491.3		1391.5		1188.8	
元設計	全反力	死+活荷重	最大	1013.1	1398.5	2310.2	2800.4	2002.3	2510.2
			平均	1205.8		2555.3		2256.3	
元設計	死荷重反力	合成前+後	平均	273.6	708.8	962.5	1813.6	745.1	1625.1
			平均	491.2		1388.1		1185.1	
支承設計	支承設計グループ			①	②	③			
	全反力	設計採用値		1206.0	1399.0	2843.0	2843.0	2843.0	2843.0
		拡幅後/設計値		101.2%	100.0%	90.5%	98.4%	79.9%	89.9%
		超過反力		14.7	0K	0K	0K	0K	0K
	死荷重反力	設計採用値		491.0	709.0	1864.0	1864.0	1864.0	1864.0
		拡幅後/設計値		100.1%	101.7%	74.7%	96.3%	63.8%	88.4%
超過反力			0.3	12.0	0K	0K	0K	0K	
				P3橋脚		A2橋台			
				G 1	G 2	G 1	G 2		
支点番号				7101016	7102016	7101021	7102021		
節点番号				1016	2016	1021	2021		
鉛直反力				3軸方向	3軸方向	3軸方向	3軸方向		
				D3(kN)	D3(kN)	D3(kN)	D3(kN)		
拡幅設計	全反力	死+活荷重	最大	2113.5	3329.6	1499.9	1381.3		
			平均	2721.6		1440.6			
元設計	死荷重反力	合成前+後	平均	746.1	2096.1	436.5	677.4		
			平均	1421.1		567.0			
元設計	全反力	死+活荷重	最大	2292.5	2842.5	1600.6	1136.9		
			平均	2567.5		1368.8			
元設計	死荷重反力	合成前+後	平均	922.6	1864.4	488.0	595.1		
			平均	1393.5		541.6			
支承設計	支承設計グループ			③	④	⑤			
	全反力	設計採用値		2843.0	2843.0	1601.0	1369.0		
		拡幅後/設計値		95.7%	117.1%	93.7%	105.2%		
		超過反力		0K	486.6	0K	71.6		
	死荷重反力	設計採用値		1864.0	1864.0	542.0	595.0		
		拡幅後/設計値		76.2%	112.5%	102.8%	113.8%		
超過反力			0K	232.1	15.0	82.4			

※黄色ハッチ部は反力の超過量を示す

3. 上部工の軽量化対策

(1) 対策案の抽出

上部工の軽量化を行うことで、既設支承の取替え及び橋台、橋脚の耐震補強不要を目的として以下の対策案を抽出した。

- ①歩道マウントアップからセミフラットへの改築
- ②歩道マウントアップの軽量化
- ③歩道側壁高欄の模様除去による軽量化
- ④歩道側壁高欄を地覆+防護柵へ改築
- ⑤歩道側壁高欄の鋼製壁高欄化

各案の概要を以下に示す。

①歩道マウントアップからセミフラットへの改築

歩道部は中詰めコンクリートがあるため、これを除去し、セミフラットタイプに変更することで軽量化が期待できる。

②歩道マウントアップの軽量化

歩道のマウントアップを軽量化するためには次の2つの方法が考えられる。

- 1) 歩道の中詰め部を中空とした鋼床板化
- 2) 歩道の中詰め部をコンクリートより比重の小さい材料を使用

③歩道側壁高欄の模様除去による軽量化

本橋の壁高欄外面は石積み模様が刻まれており、これは構造計算に考慮されていない断面として死荷重として載荷されている。そのため、拡幅した部分の当該模様を復元しないことで軽量化が期待できる。

④歩道側壁高欄を地覆+防護柵へ改築

壁高欄を辞め、地覆+防護柵の形式に変更することにより軽量化が期待できる。ただし、道路の照明が反対側の防護柵に埋め込まれているため、防眩の問題が発生する可能性がある。また、地覆幅として400mm必要であり、現在の橋梁幅をさらに広げる必要がある。

⑤歩道側壁高欄の鋼製壁高欄化

現況コンクリートの壁高欄を鋼製の壁高欄に変更することにより軽量化が期待できる。

(2) 対策案に対する問題点

上記で列举した対策案について、構造、景観等を加味して実現性における課題を列記し、比較対象案を絞る。

①歩道マウントアップからセミフラットへの改築

(問題点) 拡幅部のみを歩道マウントアップからセミフラットに改築した場合、橋梁区間で歩道のアップダウンが発生し歩行性に劣る。また、橋梁全区間をセミフラットに改築した場合でも橋梁前後の土工部もマウントアップであるため、橋梁区間で改築した場合と同様の現象が起こる。



写真-2 橋梁区間

写真-3 終点側土工部

②歩道マウントアップの軽量化

1) 歩道の中詰め部を中空とした鋼床板化

(問題点) 図-3 に示す赤枠の中身が空洞の四角いBOXを歩道間詰め部にコンクリートに置き換えて配置することにより軽量化を図るよう想定しているが、本橋のP3橋脚～A2橋台歩道部は、車道の急な縦断・横断勾配変化を緩和させるため地覆高を変化させて歩道縦断勾配を一定にさせている。歩道の舗装厚は一定であるため、間詰め断面積を変化させており、この形状の中空BOXを設計・製作するには3D技術が必要となる。また、この軽量化対策+αの対策が必要となる可能性がある。

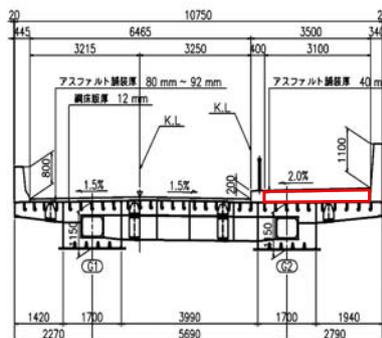


図-3 橋梁断面図



写真-4 A2橋台部地覆高

2) 歩道の中詰め部をコンクリートより比重の小さい材料を使用

(問題点) 構造上の問題はないが、使用する材料によっては、+αの対策が必要となる。

③歩道側壁高欄の模様除去による軽量化

(問題点) 本橋と交差する橋杭園地駐車場は、国立公園区域内(第三種特別地域)となっており、公園区域上を通過する本橋においても工作物の変更には協議が必要となる。協議では、橋梁の壁高欄の表面処理は必要とされており、壁高欄の表面処理を無くすことはできない。

④歩道側壁高欄を地覆+防護柵へ改築

(問題点) ③と同様に国立公園区域内であり、壁高欄の表面処理は必要とされているため地覆+防護柵への改築は不可である。

⑤歩道側壁高欄の鋼製壁高欄化

(問題点) 鋼製壁高欄の表面を現況のような石積み模様にするかが問題である。また+αの軽量化対策が必要となる。

以上を踏まえ、検討する軽量化対策案を表-3 に示す通り②-2案及び⑤案に絞った。

表-3 軽量化対策案

対策案		実現の可否
①	歩道マウントアップからセミフラットへの改築	△
②	歩道マウントアップの軽量化	—
②-1	歩道の中詰め部を中空とした鋼床板化	△
②-2	歩道の中詰め部をコンクリートより比重の小さい材料を使用	○
③	歩道側壁高欄の模様除去による軽量化	△
④	歩道側壁高欄を地覆+防護柵へ改築	△
⑤	歩道側壁高欄の鋼製壁高欄化	○

(3) 軽量化比較検討

以下に示す軽量化対策案において、現況上部工の荷重強度を変更した試算を実施した。

Case1: 鋼製壁高欄の採用

Case2: 鋼製壁高欄と歩道間詰め部を軽量コンクリート1種の併用

Case3: 鋼製壁高欄と歩道間詰め部を軽量コンクリート2種の併用

Case4: 歩道間詰め部を発泡ウレタンに変更

検討結果を表-4に示す。表-2で示した全反力における支反力の超過分に対して、上記対策による軽減重量を比べ軽量化対策として有効の可否が判定した。

死荷重及び活荷重増加に対して相殺可能な案としては、Case2~Case4であった。Case2及び3については、鋼製壁高欄の表面処理方法について現況のような模様が施せられるか課題が残り、鋼製壁高欄は材工費が高価である。一方でCase4の間詰め部を発泡ウレタンに置換え案については、死荷重・活荷重の相殺は可能であるほか、壁高欄は現況と同様、コンクリートとなるため径間の統一性に優れる。よって、拡幅後の上部工軽量化対策としては、Case4: 歩道間詰め部を発泡ウレタンに変更案を採用した。

表-4 試算結果

	対策による軽減重量	支反設計超過全反力	判定
Case1	361.1 KN <	558.2 (=486.6+71.6) KN	×
Case2	568.4 KN >		○
Case3	752.7 KN >		○
Case4	906.5 KN >		○

表-5 支反設計反力(軽量化対策後)

		A1橋台		P1橋脚		P2橋脚			
		G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2		
接点番号		1001	2001	1006	2006	1011	2011		
鉛直反力		3軸方向	3軸方向	3軸方向	3軸方向	3軸方向	3軸方向		
		D3 (kN)							
全反力	死+活荷重	拡幅設計	最大	1041.6	1396.3	2355.5	2822.7	2020.7	2355.6
		竣工時	最大	1206.0	1399.0	2843.0	2843.0	2843.0	2843.0
		判定		OK	OK	OK	OK	OK	OK
死荷重反力	合成前後	拡幅設計	最大	265.6	725.5	1018.9	1853.5	853	1477.7
		平均		495.6		1436.2		1165.4	
		竣工時	最大	491.0	709.0	1864.0	1864.0	1864.0	1864.0
		平均		600.0		1864.0		1864.0	
	判定		OK		OK		OK		
		P3橋脚		A2橋台					
		G 1	G 2	G 1	G 2				
接点番号		1016	2016	1021	2021				
鉛直反力		3軸方向	3軸方向	3軸方向	3軸方向				
		D3 (kN)	D3 (kN)	D3 (kN)	D3 (kN)				
全反力	死+活荷重	拡幅設計	最大	2252.4	2735.1	1519.5	1241.8		
		竣工時	最大	2843.0	2843.0	1601.0	1369.0		
		判定		OK	OK	OK	OK		
死荷重反力	合成前後	拡幅設計	最大	1142.1	1577	501.2	563.7		
		平均		1359.6		532.5			
		竣工時	最大	1864.0	1864.0	542.0	595.0		
		平均		1864.0		568.5			
	判定		OK		OK				



写真-5 発泡ウレタン

4. 上部工ステップ解析

本拡幅設計では交通規制を考慮した上部工ステップ解析を実施し、各工事段階においてそれぞれの荷重状況を反映させ上部工部材の応力状況の確認を行った。

表-6に示す、解析Caseにおいて格子解析を行った結果、全ての部材において応力度の超過は見られなかった。したがって、上部工拡幅における主桁の補強は不要であることを確認できた。

表-6 上部工ステップ解析 Case

項目	規制状況	荷重状況
Case1	片側交互通行	死荷重最小時
Case2	片側交互通行	死荷重最大時
Case3	規制なし(通常)	完成時

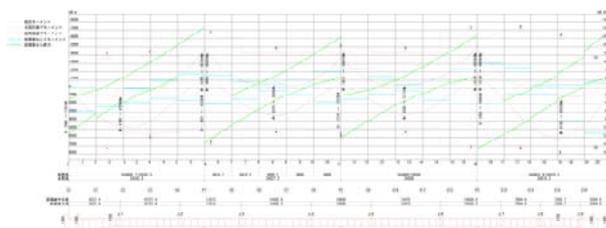


図-4 拡幅後の断面構成図 (G1 桁)

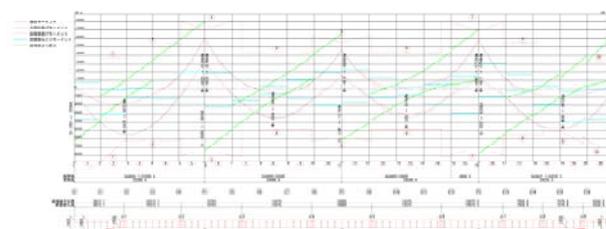


図-5 拡幅後の断面構成図 (G2 桁)

5. おわりに

本業務では、鋼床版の拡幅における拡幅方法の立案・設計を行った。また車道幅が最大で1.0m拡幅したことにより活荷重・死荷重が増加したため、上部工の軽量化を立案し、支承の取替え及び下部工の補強を不要となる工法を採用した。このことにより、工事費用の縮減、工期短縮を実現することができた。

6. 参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，2012