

滝川橋の構造検討について（案）

古賀 悟¹・中村洋丈²

¹中日本建設コンサルタント（株）（〒460-0003 名古屋市中区錦1丁目8番6号）

²中日本高速道路（株）富士工事事務所（〒417-0061 静岡県富士市伝法字大原170）

本業務は、完成3車線で設計されたP R C 4径間連続桁橋（2径間連続箱桁橋＋2径間連続3主版桁橋）に対して、暫定2車線での供用を考慮した橋梁構造の検討を行ったものである。総幅員は、暫定時12.3mから完成時17.4mに5.1mの拡幅となる。下部構造は完成形で構築し、上部工のみ拡幅構造を採用した。拡幅方法は、片側拡幅と両側拡幅について検討し、構造性から両側拡幅を採用した。P R C 箱桁部については、暫定時の1室箱桁にストラット付張出床版を追加する拡幅対応、P R C 版桁部については、暫定時2主版桁に主桁2本を追加して4主版桁構造とする拡幅対応とした。主桁連結構造は、1径間箱桁橋＋3径間連続4主版桁形式に変更した。

Key Words : ストラット付張出床版, P R C 箱桁橋, P R C 2主版桁橋, 外ケーブル, 拡幅

1. はじめに

本業務の対象である滝川橋は、図-1に示すとおり4径間連続橋であるが、第1径間は二級河川滝川と県道富士裾野線とを越えるため53.7mと長支間であり、残りの3径間は30m前後の支間長である。不等径間であるため、2径間連続P R C 箱桁橋と2径間連続P R C 3主版桁橋の混合構造（4径間連続）となっている。

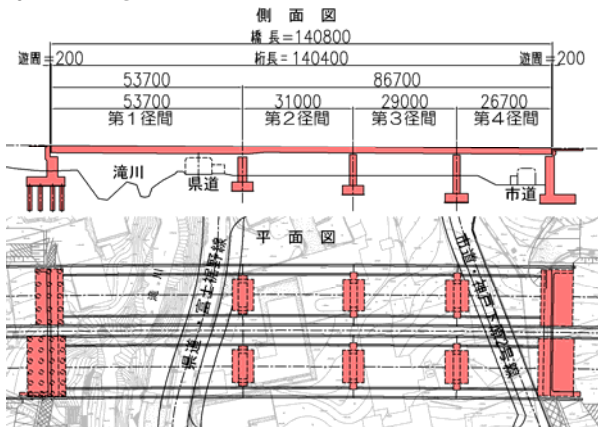


図-1 橋梁一般図

本業務は、既に3車線で設計されている橋梁を暫定2車線で供用することを目的に、将来3車線へ拡幅が可能な構造を担保した上で、図-2に示すように橋梁の有効幅員を16.500mから11.625mに縮小するための構造検討を行うものである。

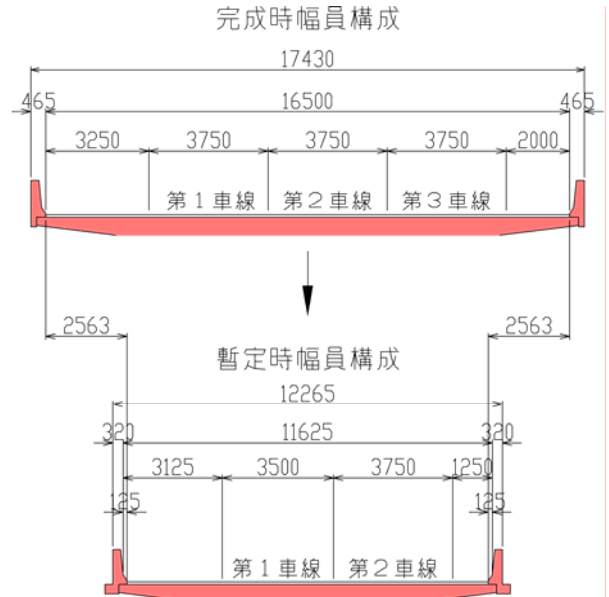


図-2 幅員構成

2. 検討フロー

本業務の検討フローを図-3に示し、検討結果の概略を以下に述べる。

(1) 橋種検討

鋼橋とコンクリート橋の比較を改めて行ったが、従来どおりコンクリート橋が有利であった。

(2) 橋種検討

鋼橋とコンクリート橋の比較を改めて行い、従来どおりコンクリート橋の優位性を確認した。

(3) 最適桁高の検討

当初設計の少主版桁の桁高1.45mは、中空床版橋を少主版桁橋に変更した際に桁高を踏襲したものである。本業務で版桁の桁高検討を行った結果1.70mが最適で、市道の建築限界も確保できたためこれを採用した。

(4) 拡幅方法の検討

幅員の縮小方法について、構造中心を固定し両端を寄せる「中央寄せ案」と、路肩の一方を固定して他方を寄せる「片寄せ案」について検討を行ったが、拡幅時の構造的な施工性、及び前後着工済み区間の取り合いから「中央寄せ案」を採用した。

(5) 桁位置の検討

最適床版支間を検討した上で箱桁のウェブ間隔を6.0mとした。PC鋼材の配置、及び軸力の円滑な伝達のため、図-4のように、暫定時の2主版桁を箱桁のウェブと同一軸線上に配置した。

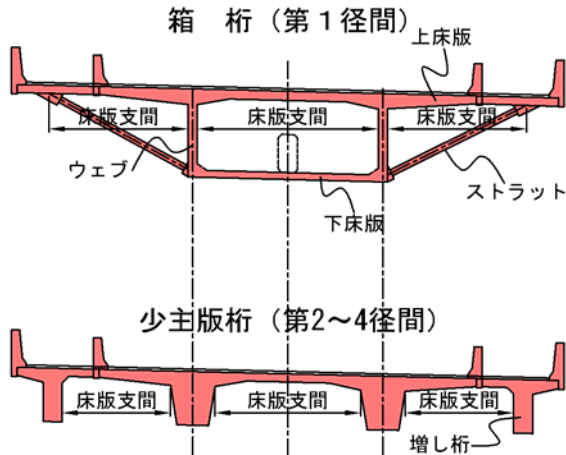


図-4 桁位置の検討

(4)及び(6)の検討について、以下に詳細を述べる。

3. 拡幅構造の検討

拡幅方法に対する発注者の方針は、下記2点。

- ・一般的な材料、及び工法の採用
- ・既設部と拡幅部の接続はRC構造

これに基づき箱桁、版桁それぞれについて数案を検討し、下記2案について最終比較を行った。

箱桁部：ストラット支持床版案×リブ付き床版案

少主版桁部：増し桁案×リブ付き床版案
(各案の概略は図-5参照)

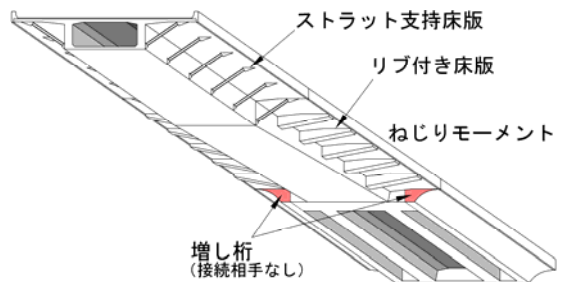


図-5 拡幅時の増し桁端部

(1) 箱桁の拡幅方法

表-1に示すとおり、ストラット案が暫定時で13%、拡幅後も若干経済的であったため、これを採用。

この案の技術的な課題は、版桁に接続するために箱桁の桁高が1.70mまで低くなり、ストラット取り付け角度が鉛直に対して最大73°まで浅くなることである。ストラットの取り付け角度は、鉛直に対し45°～60°が一般的であり、この範囲であれば床版曲げモーメントに影響を及ぼさないとされている。この範囲から外れる場合は、FEM解析や実験等による検証を行うか、リブ付き床版で対応する必要がある。

今回は、後述する第2径間の構造見直しにより、箱桁から版桁に変更することで問題を解決した。

	暫定時		拡幅時		直接工事費(千円)
	11625	1250	16500	2000	
断面図					
断面図					
立案意図	暫定時1セル、完成時はストラット付き床版を張り出す案。				
上部工	版桁接続部(H=1.70m)でストラット角度が浅くなり構造上問題。現在ストラット形状を改良中であり、ストラット受台を設置すると拡幅時の制約に。				○ 暫定時 153,693 (1.00)
支 承	問題なし				○ 拡幅時 39,832 (1.00)
下部工	問題なし				○ 合計 193,526 (1.00)
施工性	吊支保工のアンカーを取るため床版穿孔が必要。				△
経済性	コンクリート体積を大幅に削減でき経済的。				△
評 価	初期コストに優れる。低桁高のP1-P2間は、リブ付き床版拡幅が望ましい。				○
断面図					
立案意図	暫定時1セル、完成時はリブ付き床版を張り出す案。				
上部工	問題なし				○ 暫定時 173,976 (1.13)
支 承	問題なし				○ 拡幅時 24,581 (0.62)
下部工	問題なし				○ 合計 198,556 (1.03)
施工性	問題なし				○
経済性	リブ部でコンクリート重量がかさむため、経済性に劣る。				△
評 価	初期コストに劣るが、RC構造の自由度は大きく拡幅に柔軟に対応できる。				△

表-1 箱桁の拡幅方法の検討

(2) 少主版桁の拡幅方法

表-2に示すとおり、増し桁案が暫定時で20%、拡幅後でも若干経済的であったため、これを採用した。

この案の技術的な課題は、箱桁との接続部において、最小限の部材寸法（幅600mm）で剛性が低い増し桁の接続相手が無いことであり、図-5のように増し桁に発生するねじりモーメントに対し、横桁で抵抗できる構造とする必要があることである。このねじりモーメントには鉄筋で対応することとし、上部工に用いる鉄筋は一般的にD25が上限であるが、支点横桁の上面にD29を125mm間隔で配筋した。

断面図	暫定時		拡幅時		直接工事費(千円)
	11625		16500		
2 主版桁 4 主版桁	[断面図]		[断面図]		暫定時 71,002 (1,000)
立案意図	暫定時は初期コストを抑えるため2主版桁とし、拡幅は主桁2本を追加する案。				拡幅時 22,981 (1,000)
上部工	増し桁は、箱桁接続部で接続相手がなく、支点横桁部でねじりモーメントが発生するため、設計上の配慮が必要。				合計 93,982 (1,000)
支 承	問題なし				合計 93,982 (1,000)
下部工	問題なし				合計 93,982 (1,000)
施工性	支保工施工となり、市道の高さ規制が必要。(桁下クアンスは343mm)				合計 93,982 (1,000)
経済性	暫定時、拡幅時それぞれ必要分のプレストレスを導入すればよく、初期コストに優れる。トータルコストの差は僅差。				合計 93,982 (1,000)
評 価	設計・施工上の制約はあるが、初期コストに優れる。				○

断面図	暫定時		拡幅時		直接工事費(千円)
	11625		16500		
2 主版桁 2 主版桁 2 主版桁 リブ付き床版	[断面図]		[断面図]		暫定時 85,558 (1,200)
立案意図	暫定時は初期コストを抑えるため2主版桁とし、拡幅はリブ付き床版で行う案。				拡幅時 11,484 (0,500)
上部工	暫定時から完成形のプレストレスを導入する必要がある。				合計 97,040 (1,03)
支 承	暫定形で上げ越し量を決めると、拡幅時の死荷重増で外ケーブル追加が必要				合計 97,040 (1,03)
下部工	問題なし				合計 97,040 (1,03)
施工性	問題なし				合計 97,040 (1,03)
経済性	拡幅は張出し床版のみで対応するため、暫定時から完成形のプレストレスを導入する必要があり、初期コストに劣る。トータルコストの差は僅差。				合計 97,040 (1,03)
評 価	設計・施工上の問題はないが、初期コストに劣る。				△

表-2 少主版桁の拡幅方法の検討

4. 第2径間の構造変更検討

当初計画では、図-6に示すように第2径間の箱桁部で桁高を2.80mから1.45mにすり付けていた。これは箱桁と版桁（元は中空床版）との意匠の連続性を重視したものと思われるが、本業務で上部工形式を1室箱桁と4主版桁に変更したため、意匠上の連続性は薄れた。

また一般に、箱桁の断面が扁平になると、下床版の荷重分配効果が薄れる。滝川橋の場合、箱桁の桁高に対する幅の割合が最大で1:3.7になり、下床版が荷重分配に寄与していない可能性があった。第2径間の下床版を省略（版桁に変更）することで経済的になる可能性があるため、暫定時と完成時の2ケースについて検討を行った。

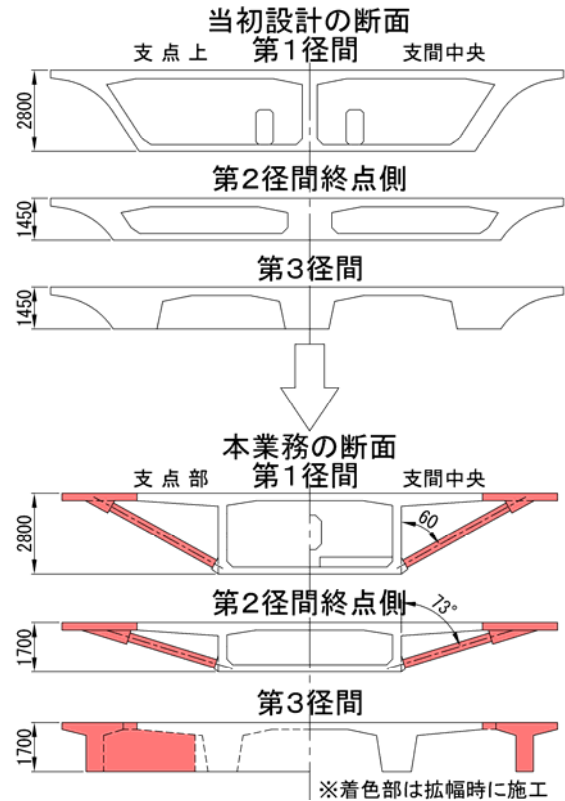


図-6 橋種間の意匠

(1) 構造変更（暫定時）の検討結果

表-3に示すように、版桁案が20%経済的になった。これは、拡幅による死活荷重の増加に対して、版桁案は増し桁内にPC鋼材を配置することで対応できるためである。一方、箱桁案は、桁内に十分な鋼材定着スペースが無いこと、及び低桁高のため外ケーブルの偏心量が取れず有効にプレストレスを導入できないことから、当初計画よりウェブ内にPC鋼材を配置する内ケーブル方式を採用している。内ケーブル方式は、拡幅時にPC鋼材の追加が出来ないため、暫定形の時点で完成形のPC鋼材を配置しなければならず、初期コストが高くなる結果となった。

第2径間の構造	暫定形	工種	金額	評価
1セル箱桁案	[断面図]	コンクリート	千円 7,648	△
		P3-2 (比率)	(0.982)	
		型枠	千円	
		P-1 (比率)	22,532 (1,157)	
		鉄筋 P	千円 12,109 (1,255)	
		主ケーブル 1S28.6	千円 10,966 (1,277)	
		ストラット	千円 0	
合計	千円 53,259 (1,166)			
4主版桁案	[断面図]	コンクリート	千円 7,952	○ 採用
		P3-2 (比率)	(1,000)	
		型枠	千円 19,479 (1,000)	
		P-1 (比率)	19,479 (1,000)	
		鉄筋 P	千円 9,647 (1,000)	
		主ケーブル 1S28.6	千円 8,587 (1,000)	
		ストラット	千円 0	
合計	千円 45,668 (1,000)			

表-3 暫定時の第2径間構造比較

(2) 橋梁形式変更（完成時）の検討結果

表-4に示すとおり、版桁案が7%不経済になった。これは、箱桁案がストラットの設置と張出し床版の打設を行うだけであるのに対し、版桁案は増し桁を行うためである。

しかし、発注者は初期コストの縮減を重視していたため、第2径間を版桁に変更する案を採用した。

第2径間の構造	完成形	評価																																				
1セル箱桁案		<table border="1"> <tr><th>工種</th><th>金額</th></tr> <tr><td>コンクリート</td><td>千円</td></tr> <tr><td>P3-2</td><td>8,880</td></tr> <tr><td>(比率)</td><td>(0.797)</td></tr> <tr><td>型わく</td><td>千円</td></tr> <tr><td>P-1</td><td>28,058</td></tr> <tr><td>(比率)</td><td>(0.958)</td></tr> <tr><td>鉄筋</td><td>千円</td></tr> <tr><td>P</td><td>14,060</td></tr> <tr><td>(比率)</td><td>(1.041)</td></tr> <tr><td>主ケーブル</td><td>千円</td></tr> <tr><td>1S28.6</td><td>10,966</td></tr> <tr><td>(比率)</td><td>(0.884)</td></tr> <tr><td>ストラット</td><td>千円</td></tr> <tr><td>1S21.8</td><td>3,520</td></tr> <tr><td>(比率)</td><td>(1.455)</td></tr> <tr><td>合計</td><td>61,966</td></tr> <tr><td>(比率)</td><td>(0.934)</td></tr> </table>	工種	金額	コンクリート	千円	P3-2	8,880	(比率)	(0.797)	型わく	千円	P-1	28,058	(比率)	(0.958)	鉄筋	千円	P	14,060	(比率)	(1.041)	主ケーブル	千円	1S28.6	10,966	(比率)	(0.884)	ストラット	千円	1S21.8	3,520	(比率)	(1.455)	合計	61,966	(比率)	(0.934)
		工種	金額																																			
		コンクリート	千円																																			
		P3-2	8,880																																			
		(比率)	(0.797)																																			
		型わく	千円																																			
P-1	28,058																																					
(比率)	(0.958)																																					
鉄筋	千円																																					
P	14,060																																					
(比率)	(1.041)																																					
主ケーブル	千円																																					
1S28.6	10,966																																					
(比率)	(0.884)																																					
ストラット	千円																																					
1S21.8	3,520																																					
(比率)	(1.455)																																					
合計	61,966																																					
(比率)	(0.934)																																					
4主版桁案		<table border="1"> <tr><th>工種</th><th>金額</th></tr> <tr><td>コンクリート</td><td>千円</td></tr> <tr><td>P3-2</td><td>11,136</td></tr> <tr><td>(比率)</td><td>(1.000)</td></tr> <tr><td>型わく</td><td>千円</td></tr> <tr><td>P-1</td><td>29,283</td></tr> <tr><td>(比率)</td><td>(1.000)</td></tr> <tr><td>鉄筋</td><td>千円</td></tr> <tr><td>P</td><td>13,510</td></tr> <tr><td>(比率)</td><td>(1.000)</td></tr> <tr><td>主ケーブル</td><td>千円</td></tr> <tr><td>1S28.6</td><td>12,403</td></tr> <tr><td>(比率)</td><td>(1.000)</td></tr> <tr><td>ストラット</td><td>千円</td></tr> <tr><td>□-300*300</td><td>2,420</td></tr> <tr><td>(比率)</td><td>(1.000)</td></tr> <tr><td>合計</td><td>66,335</td></tr> <tr><td>(比率)</td><td>(1.000)</td></tr> </table>	工種	金額	コンクリート	千円	P3-2	11,136	(比率)	(1.000)	型わく	千円	P-1	29,283	(比率)	(1.000)	鉄筋	千円	P	13,510	(比率)	(1.000)	主ケーブル	千円	1S28.6	12,403	(比率)	(1.000)	ストラット	千円	□-300*300	2,420	(比率)	(1.000)	合計	66,335	(比率)	(1.000)
		工種	金額																																			
		コンクリート	千円																																			
		P3-2	11,136																																			
		(比率)	(1.000)																																			
		型わく	千円																																			
P-1	29,283																																					
(比率)	(1.000)																																					
鉄筋	千円																																					
P	13,510																																					
(比率)	(1.000)																																					
主ケーブル	千円																																					
1S28.6	12,403																																					
(比率)	(1.000)																																					
ストラット	千円																																					
□-300*300	2,420																																					
(比率)	(1.000)																																					
合計	66,335																																					
(比率)	(1.000)																																					

表-4 拡幅後の第2径間構造比較

5. コスト縮減

本業務で行った検討のうち、コスト縮減につながった項目は下記4点である。

- ・ 暫定2車線供用に伴う箱桁の1室化、及び3種版桁の2主版桁化。
- ・ 版桁の桁高の最適化
- ・ 第2径間の版桁化
- ・ 各部材寸法の最適化

これらの検討の結果、表-5に示すように暫定2車線供用にすることで、3車線断面を整備する場合に比べて工費を78%に抑えることが出来た。

6. おわりに

本業務着手時には、既に関連下部工工事を施工中であり、下部工の形状、および配筋を変更しないという制約の中での対応となった。下部工も含めた全体的な見直しが出来れば、さらに柔軟な構造変更が可能であったと思われる。しかし本業務の検討が、暫定供用時の初期コストの削減に繋がったことは有意義であったと考える。

また、計画当初は非常に違和感があると思われた、1室箱桁と4主版桁の連続橋も、図-7に示すようにそれほどの違和感なく計画できたと思われる。

本業務の経験を、今後の不等径間連続橋の計画に生かせれば幸いである。

最後に、本業務においてご指導いただいた富士工

事事務所、及び構造技術課のご担当者に感謝いたします。

種別	細目	単位	数量	単価(円)	金額(千円)
コンクリート	P3-2	m	2,465.2	16,000	39,443
	A1-1	m	244.6	19,500	4,770
型わく	P1	m	7,314.3	21,500	157,257
鉄筋	P	m	480,230	164,500	78,998
	19S15.2(縦引)	kg	32,270	1,100	35,497
PC鋼材引張	1S28.6(縦引)	kg	35,916	1,200	43,099
	1S21.8(横引)	kg	20,272	1,200	24,326
暫定形工費	暫定形/完成形				0.780
	(①工費)				383.390

表-5 コスト縮減額

※上記工費は全て直接工費。



図-7 完成予想図（完成形）