

西船場ジャンクション改築事業に係る大阪港線側拡幅部の 維持管理を考慮した設計

阪神高速道路(株)建設・更新事業本部大阪建設部企画・設計課 曾我 恭匡
阪神高速道路(株)建設・更新事業本部大阪建設部企画・設計課 杉山 裕樹
阪神高速道路(株)技術部技術推進室 小坂 崇
阪神高速道路(株)神戸管理部保全管理課 森川 信

要 旨

西船場ジャンクション改築事業は、阪神高速 16 号大阪港線東行きと 1 号環状線北行きを連結するとともに大阪港線 1 車線拡幅（約 800m）、環状線 1 車線拡幅（約 710m）、信濃橋入路一部改築を行う事業である。これにより環状線の半周迂回による時間的損失の解消や走行距離短縮による CO₂ 排出量の削減などが図られる。

本事業において既設橋梁を拡幅する大阪港線の拡幅では、走行性や維持管理性等に配慮して縦目地を回避するため、杭基礎一体型鋼管集成橋脚を設置することで、拡幅桁と既設桁との一体構造化を成立させた。また、過去の経験を活かし、腐食対策として鋼桁接合部への全断面溶接、舗装の耐久性向上策として鋼床版添接部への皿型高力ボルトの採用、ひび割れ対策としてコンクリート製の高欄目地部への工夫など細部構造にも新たな取組・技術を積極的に取り入れ、構造物の長寿命化を目的とした設計を行っている。

本稿は、西船場ジャンクション改築事業における大阪港線拡幅部に関するこれらの維持管理を考慮した設計について報告するものである。

キーワード: ジャンクション整備、縦目地、鋼管集成橋脚、全断面溶接、皿型高力ボルト、高欄目地

はじめに

阪神高速道路では、16 号大阪港線東行きから 1 号環状線北行きには直接接続されていないことから、大阪湾ベイエリアから大阪北部方面へ向かう場合、環状線を半周迂回するか、乗継制度を利用し一般道路を経由する必要がある。西船場ジャンクション（以下、西船場 JCT という。）改築事業は上記 2 路線を直接接続することにより、時間的損失の解消や環境負荷の低減を図り、より使いやすいネットワークを形成するものである（図-1）。

阪神高速道路では営業延長約 250km のうち約 30%の路線で開通後 40 年以上が経過し、徐々に老朽化は進行していることから、維持管理コストの増大は避けられない状況にある。このため、今後建設する構造物に関しては、維持管理性を踏まえた設計を最大限に取り入れていく必要がある。

こうした背景を受け、当該事業において既設橋梁を拡幅する大阪港線拡幅部では、走行性や維持管理性に配慮し、縦目地を設けないよう拡幅桁と既設桁を一体構造としている。また、それを実現するために当社で初の杭基礎一体型鋼管集成橋脚を採用し、耐震性能を確保している。さらに、過

去の経験を活かし、鋼桁接合部や鋼床版添接部、高欄目地部など、構造物の細部にも新たな取組・技術を積極的に取り入れ、構造物の長寿命化を目的とした設計を行っている。

1. 維持管理性を踏まえた橋梁構造

1-1 背景

これまでの都市高速道路における既設供用路線の拡幅設計に関しては、新設橋脚によって拡幅桁を支持し、既設構造物と新設構造物は別々の構造系として構築しており、床版については既設部と新設部とを伸縮装置（縦目地）によって接続する構造が多く採用されてきた。1997年に阪神高速

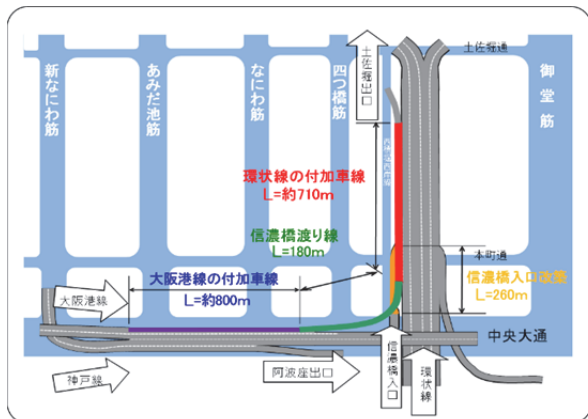


図-1 西船場 JCT 事業概要

13号東大阪西行き阿波座拡幅部でも同様の形式が採用され、既設橋脚間に拡幅する新設桁のみを支持する橋脚を設置している。一方で、縦目地を用いた床版連結構造は、新旧主桁間の挙動の違いにより、走行性、目地の耐久性、周辺環境への影響などに大きな課題を抱えている。先の阿波座拡幅部でも様々な改良検討が実施されている¹⁾。

このため、本事業における大阪港線拡幅部では以下のとおり縦目地を用いない構造を採用した。

1-2 縦目地回避の設計

大阪港線拡幅対象部は多径間連続鋼桁橋5橋、単純鋼桁橋1橋、単純鋼箱桁橋2橋で構成されている(図-2)。これらの供用している既設桁と新設する拡幅桁を、縦目地を回避して一体化させるには、既設橋脚の梁を拡幅し、そこに上部工の拡幅桁を支持する構造が最も一般的である。ここで既設構造に対する死荷重増分の影響について照査したところ、既設橋脚の梁部が左右不均等であったものが均等化されるため、柱基部の常時では許容値を満足する結果となったものの、L1及びL2地震動に対して許容値を超過する結果となり、既設橋脚に対して何らかの補強対策が必要であることが明らかとなった。

また、梁部についても拡幅に伴い曲げ耐力及びせん断耐力が超過したため、既設橋脚への影響を極力低減し、現場施工が現実的で、かつ最低限の補強で対応出来る方法として、既設RC橋脚梁へのコンクリート増し打ちと守口JCTでも実績²⁾のあるPC外ケーブルによる補強(図-3)を行うこととした。

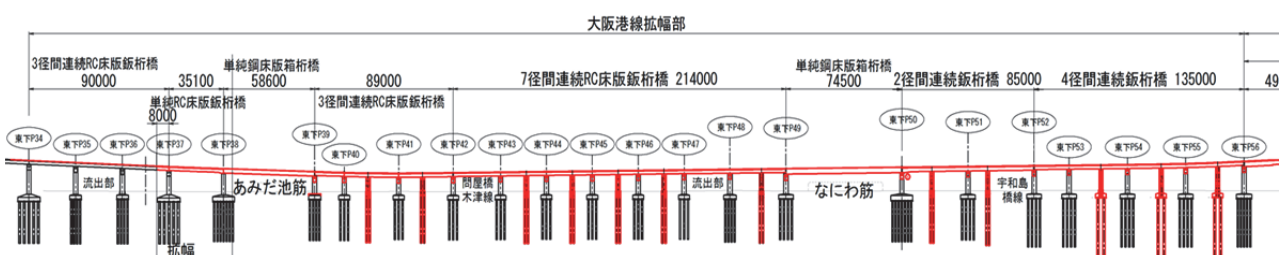


図-2 大阪港線拡幅部 側面図

1-3 耐震設計

既設橋脚柱部及び基礎部の補強対策としては、既設橋脚の位置に合わせて拡幅側に新たに橋脚を設置し、下部工をラーメン構造とする設計が考えられる³⁾。しかし、これには人通りの多い中央大通の歩道部を占有して橋脚を設置する必要があり、道路管理者の大阪市と協議を重ねた結果、本案は認められなかった。また、当該箇所周辺はライフラインとなる埋設管や大阪市営地下鉄の函体と近接しており、柱部のコンクリート増し厚や基礎部の増杭による補強は困難であると判断された。

これらの状況を踏まえ、既設橋脚の間に新たな橋脚を設置し、地震時の水平力のみを負担する構

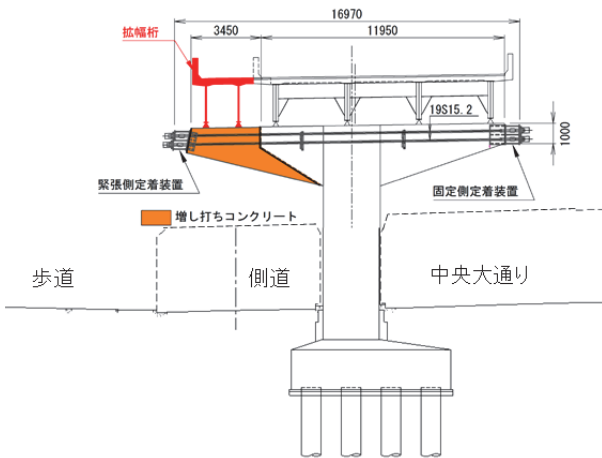


図-3 既設橋脚拡幅構造

造を採用した。設置する新たな橋脚は、経済性や地震時の復旧性を総合的に判断し、阪神高速3号神戸線海老江JCTでも施工実績⁴⁾のある鋼管集成橋脚の設置を採用した。

鋼管集成橋脚は地震時水平荷重の一部を分担するとともに、本橋脚を構成する横つなぎ材（せん断パネル）にのみ損傷を集中させることで、既設橋脚の応答を低減させるもの⁵⁾で、既設橋脚間に設置する。ここでは、常時荷重は分担せず、地震時の水平力のみ分担することとしているため、上下部構造間にストッパーを設置し、相対変位が遊間を超えると、ストッパーを介して鋼管集成橋脚に水平力が伝達される構造としている。遊間は、橋軸方向、橋軸直角方向とも、L1地震時に確実に水平力が伝達されるよう設定している。なお、当該事業では施工性や経済性などを勘案し、当社として初めてとなる杭基礎一体型鋼管集成橋脚を採用している（図-4）。

1-4 動的解析による照査

前節の設計において、L2地震動に対して耐震性能2を満足することを照査するため、以下のとおり動的解析を行った⁶⁾。入力波は道路橋示方書に示されるタイプI、タイプIIの標準加速度波形の各3波を入力した。地盤種別はⅢ種地盤であ

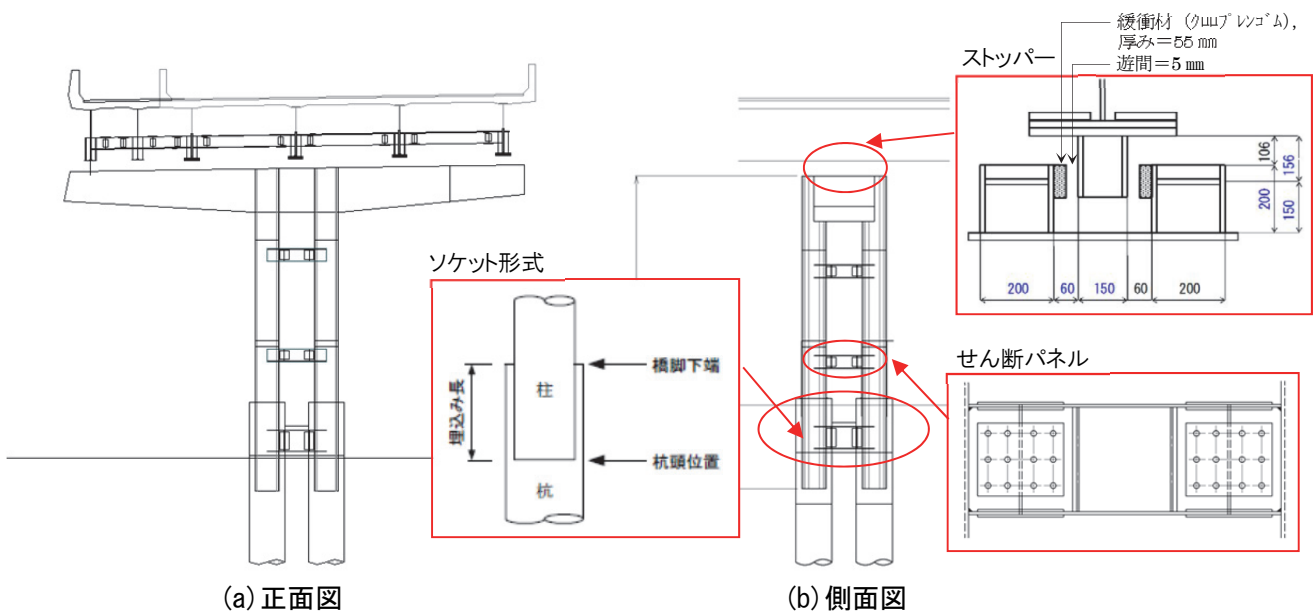


図-4 杭基礎一体型鋼管集成橋脚構造

表-1 L2地震動に対する照査（大阪港線）

		RC橋脚										鋼管集成橋脚							
		曲げの照査					せん断力の照査					ひずみの照査		せん断の照査					
入力方向	地震動	塑性ヒンジ回転角					せん断力					変位		安全率					
		応答値	降伏値	許容値	塑性率	安全率	応答値	許容値	安全率	照査	変位	許容変位	安全率	照査	塑性率	照査			
		θ_{max}	θ_{py}	θ_{pa}	θ_{max}/θ_y	θ_{pa}/θ_{max}	照査	Smax	Ps	Ps/Smax	照査	δR	δRa	$\delta Ra/\delta R$	照査	塑性率	照査		
		$\mu \cdot rad$	$\mu \cdot rad$	$\mu \cdot rad$			kN	kN			m	m							
橋軸方向	タイプI	1456	1280	10285	1.14	7.06	○	9620	15370	1.6	○	0.002	0.102	63.68	○	1.10	○	14.02	○
橋軸方向	タイプII	3084	1280	10285	2.41	3.33	○	11612	15995	1.38	○	0.016	0.108	6.8	○	1.76	○	20.19	○
直角方向	タイプI	1378	1287	13469	1.07	9.77	○	7137	13347	1.87	○	0.005	0.119	23.33	○	0.48	○	3.90	○
直角方向	タイプII	2419	1287	13469	1.88	5.57	○	8211	13989	1.70	○	0.015	0.115	7.88	○	0.58	○	6.30	○

る。なお、本稿では大阪港線拡幅部のうち、東下 P42-P49 の 7 径間連続鋼桁橋梁（図-5）を代表として解析結果を示す。上部構造を線形弾性、RC 橋脚を M- ϕ モデル（塑性ヒンジは M- θ モデル）、鋼管集成橋脚をファイバーモデルとそれぞれモデル化した。

L2 地震動に対する照査結果を表-1 に示す。鋼管集成橋脚による耐震補強の結果、既設 RC 橋脚は基部が塑性化するものの、すべて許容値を満足する結果となった。また、鋼管集成橋脚については、設計で想定したとおりせん断パネルが塑性化した。なお、柱（鋼管）は塑性化するが、構造弾性の範囲内に収まっている。

以上より、鋼管集成橋脚の設置により既設橋脚の応答を低減し、L2 地震時に耐震性能 2 の確保を確認できたことで、橋梁構造を具体的に確定した。

2. 維持管理に配慮した細部構造

2-1 鋼桁接合部の全断面溶接

阪神高速道路では、鋼桁や鋼製橋脚の添接部におけるボルトや添接板端部において数多くの腐食が確認されている。この原因は、使用しているボルトの角部においてケレンの品質が一定でないことや塗装の膜厚が薄く施工されていることにより、防食機能が低くなっているためである（図-6）。

これを受けて西船場 JCT 改築事業で新たに拡幅する鋼桁接合部には、極力ボルト接合を避け、全断面溶接による構造を採用した。なお、既設桁と新設桁の接続部では添接板によるボルト接合としているが、その対応については後述する。

2-2 皿型高力ボルトの試験的採用

鋼構造物の部材接合方法としては、経済性、信

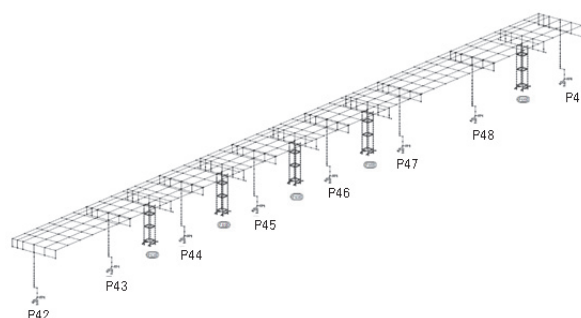


図-5 東下 P42～P49 の 7 径間連続鋼桁橋梁解析モデル



図-6 添接板端部の腐食

頼性などの観点から、高力ボルト摩擦接合が広く採用されており、阪神高速道路も例外ではない。一方で、高力ボルトにはボルト頭部の凹凸に起因して十分な舗装厚が確保できないといった問題点も抱えており、実際、阪神高速道路では鋼床版デッキプレートの接合に用いた高力ボルトにより、舗装厚が減少し、舗装の早期劣化の可能性を高めるほか、舗装補修時の施工性に支障をきたしている。今般試験的に取り入れる皿型高力ボルトによる摩擦接合継手は、連結部上面を平滑化することで、上記弱点を解消し、舗装の高耐久化を図ることを狙いとしている（図-7）。

大阪港線拡幅部において、既設桁と新設桁の連結部で施工を予定している位置は、東下 P38-P39

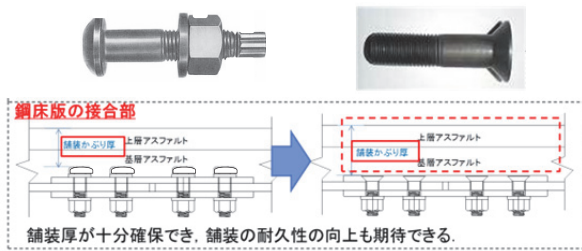


図-7 皿型高力ボルトによる効果

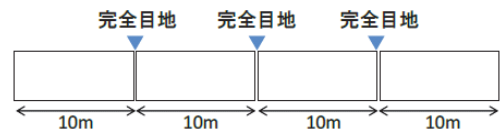
及び東下 P49-P50 の鋼床版拡幅における既設と新設とのデッキ取合い部などである。なお、本施工は試験段階であるため、具体的な効果については今後引き続き注視していく必要がある。

2-3 コンクリート製高欄目地への工夫

当社設計基準⁷⁾では、鋼床版上の高欄は温度応力が主原因で発生するひび割れ対策として、10m ピッチの完全目地を設置するよう規定されている。また、RC 床版や合成床版上の高欄は完全目地を20m ピッチとし、その中間位置に誘発目地を設けることとなっている。しかし、過去にこの基準を用いた RC 床版上の高欄において、誘発目地部の近傍に想定外のひび割れが発生した。これを受け、守口 JCT では図-8 に示すような 10m ピッチの完全目地を設けたが、それでも最大 0.9mm 幅のひび割れが発生し、さらに高欄ハンチ部から床版までクラックが発生しているものも確認された(写真-1)。これは目地間隔が広く、高欄の収縮に対して地覆(床版)が拘束するためにひび割れが生じたものと考えられる。

一方で、守口 JCT 整備を共同で実施していた NEXCO 西日本の施工区間では、図-9 に示すような V カット目地を 4m ピッチで施工しており、大きなクラックは認められなかった。

この経験を踏まえ、西船場 JCT では床版へのクラックの発生が懸念されること、ハンチ部のひび割れ幅が大きいことなどから、RC 床版においては NEXCO 西日本の施工を参考に、中間支点上の高欄には伸縮目地を設け、さらに 4m ピッチで V カット目地を設けることとした。なお、鋼床版はハンチ部まで目地を設け、従来どおり 10m ピッチの完全目地とし、ハンチ部のクラック幅を抑制する



伸縮目地詳細 S = 1/20
(1ヶ所当たり)

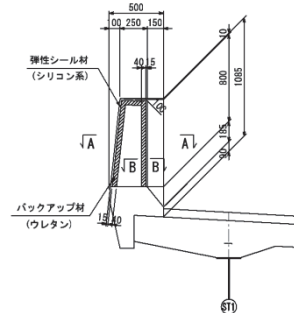


図-8 高欄構造



写真-1 高欄ハンチ部のひび割れ状況
(守口 JCT 実績)

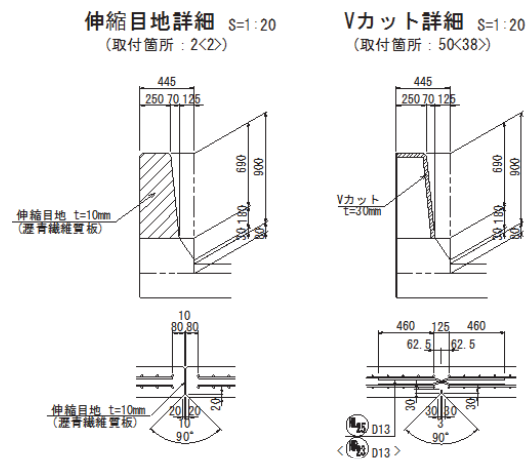


図-9 NEXCO 西日本の事例
(守口 JCT 実績)

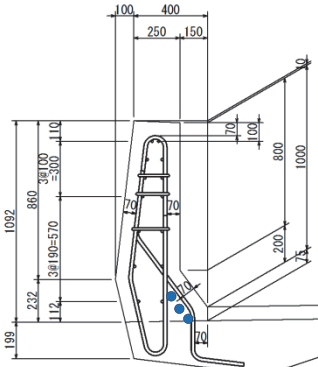


図-10 高欄ハンチ部の鉄筋増量

ため、ハンチ部配力筋を3本追加する設計とした(図-10)。

2-4 その他

西船場 JCT 改築事業では、上記以外にもこれまで建設された4JCT(海老江 JCT, 三宝 JCT, 守口 JCT, 松原 JCT)で既に採用した鋼製橋脚根巻部の止水対策, RC 床版張出部の水切り対策, 点検作業性向上のための透明マンホール・ダイヤフラム開口形状・桁端部の切欠き, 中間横桁と縦桁フランジの接続や鋼桁ナックル部の完全溶け込み溶接, 鋼床版バルブ仕上げ等の疲労対策など, きめ細かい設計を施している。

おわりに

本稿では、西船場 JCT 改築事業の大阪港線拡幅部における構造物の長寿命化を目的とした設計について報告した。現在、現場では鋭意工事が進め

られており、既設橋脚梁の拡幅工や鋼管集成橋脚の施工等は概ね完了している。

本事業で取り入れた建設後の維持管理を見据えた設計が機能し、構造物が長く健全な状態を保ち、お客さまに末永くご利用頂けるジャンクションとなることを切に願う。

参考文献

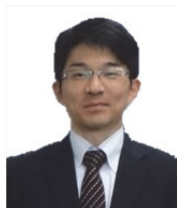
- 1) 高村義行, 大坪英一, 崎谷浄: 阿波座縦目地の改良検討, 阪神高速道路㈱ 技報第25号, 2010.
- 2) 山名宗之, 岡崎展也, 光岡弘範: 守口ジャンクションの事業経緯及び施工概要について, 阪神高速道路㈱ 技報第27号, 2014.
- 3) 森川信, 小坂崇, 小川佳裕: 都市高速道路の高架橋の拡幅設計等に関する基礎調査, 阪神高速道路第44回技術研究発表会論文集, 2012.
- 4) 小坂崇, 金治英貞, 伊藤大一: 海老江 JCT における鋼管集成橋脚の設計・施工, 阪神高速道路第45回技術研究発表会論文集, 2013.
- 5) 阪神高速道路株式会社: 鋼管集成橋脚の設計製作架設手引き, 2015.
- 6) 谷口惺, 堀岡良則, 杉山裕樹: 西船場 JCT における既設橋梁拡幅部の耐震設計, 阪神高速道路第47回技術研究発表会論文集, 2015.
- 7) 阪神高速道路株式会社: 設計基準, 2015.

DESIGN OF RECONSTRUCTION OF THE NISHISEMBA JUNCTION WITH CONSIDERATION FOR FUTURE MAINTENANCE

Yasumasa SOGA, Hiroki SUGIYAMA, Takashi KOSAKA and Makoto MORIKAWA

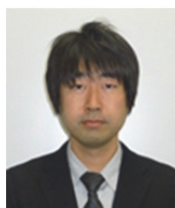
The Nishisemba Junction of the Hanshin Expressway will be modified to connect the Osakako Route to the Loop, reducing the travel times and thus the carbon emissions. The new junction is designed to have an integral structure with the existing girder, without using vertical joints for driving comfort and ease of future maintenance. To ensure adequate seismic performance, each pier column consists of multiple steel pipes which are connected directly to the piles without a footing. This is the first time for the Hanshin Expressway Company Limited to adopt this technology. This report describes the design of the Nishisemba Junction structure with these new techniques used in consideration for future maintenance activities.

曾我 恭匡



阪神高速道路株式会社
建設・更新事業本部
大阪建設部 企画・設計課
Yasumasa Soga

杉山 裕樹



阪神高速道路株式会社
建設・更新事業本部
大阪建設部 企画・設計課
Hiroki Sugiyama

小坂 崇



阪神高速道路株式会社
技術部技術推進室
Takashi Kosaka

森川 信



阪神高速道路株式会社
神戸管理部保全管理課
Makoto Morikawa