

# 鋼箱桁の最小桁高の検討

こんどうおさむ ほんますすむ つかもとえり いかり やりょうすけ  
近藤 治<sup>1</sup>・本間 進<sup>1</sup>・塚本 絵理<sup>1</sup>・五十里屋 亮佑<sup>1</sup>

<sup>1</sup>開発技建株式会社（〒950-0914 新潟県新潟市中央区紫竹山7-13-16）

橋梁の架け替え計画に伴い、既設橋梁では勾配が急だった取付道路の縦断勾配を緩やかにするため、桁高を低くする必要があった。新橋の上部工形式として選定されていた鋼箱桁は、桁高を低くしにくい構造であるが、箱桁内部に設置される座屈防止のための部材（縦リブ、横リブ）の寸法及び配置を工夫することで、桁高を一般的なものより低くすることが可能となった。これにより、取付縦断勾配は緩やかになり、走行性や安全性向上を図ることができた。

**Key Words** : 鋼箱桁, 最小桁高, 橋梁詳細設計, 維持管理, 座屈, 取付道路勾配, リブ

## 1. はじめに

交通安全面に問題のある既設橋梁の架け替え計画に伴い、道路線形改良や歩道設置等、安全性向上をポイントとした鋼箱桁橋の詳細設計を実施した。本橋は、降雪地域であることから、取付縦断勾配をできる限り緩やかにすることが求められ、桁高を低く設定する必要があったが、一般的な箱桁の最小桁高で設定された縦断勾配では不十分で、さらなる改善が望まれた。このため、鋼箱桁の細部構造に様々な工夫をすることで、一般的な最小桁高よりさらに桁高を低く設定し、取付縦断勾配をより緩やかにするための検討を行った。

本稿は、この縦断勾配改良を目的とした鋼箱桁の最小桁高の検討について報告するものである。

### (1) 橋梁の概要

本橋は、新潟県の降雪地域に位置し、既設橋の上流側に隣接して計画されている。橋梁予備設計では、維持管理が比較的容易なことから、鋼3径間連続曲線箱桁橋を選定した。鋼箱桁は、曲げ、ねじり剛性が大きく、長支間橋や曲線橋に適す一方、中小規模の橋梁では桁高を低くしにくいことが課題である。これは、鋼板を補剛するための部材を桁内に取り付けた上で、製作や維持管理のための人の通り抜けスペースが必要となるためである。

橋長111m、支間長33.45m+41.8m+33.45m、総幅員15.8mの道路を2つの箱桁と3つの縦桁で支えた構造で、桁の側面形状は、道路高と桁下高の制約から、端部は桁高を低く、中央部は桁高を高くした、上に凸の変断面形状としている（図-2）。

### (2) 縦断線形改良の課題

橋梁の右岸側には交差点があり、この交差点に接続するため、既設橋の右岸側取付道路の縦断勾配は6.1%とかなり急勾配となっている。新橋の取付道路も同交差点に接続する計画であるが、交差点の高さは、用地等の制約により現況から変更できないため、橋梁端部の桁高が縦断勾配のコントロールとなっている。

新橋の取付縦断勾配は、本来は、新潟県の橋梁設計の基準書「道路橋計画のてびき」<sup>1)</sup>に示される冬季の積雪を考慮した4%以下の勾配とする必要があるが、予備設計では、どの橋梁形式を選定してもこの勾配を満足することが困難となった。協議の結果、取付縦断勾配は、最大でも現橋の6.1%以下とし、出来る限り勾配を緩やかにすることで道路管理者の承認を得た。なお、4%以下の勾配を遵守できないことに対しては、消雪パイプによって通行車両のスリップを防止することとしている。

以上より、縦断勾配改良のため、出来る限り桁高を低くするとともに、製作が可能で維持管理時の箱桁内の人の通り抜けにも配慮することを課題とした桁高の検討を行った。なお、本橋は、縦断方向に桁高を変化させており、桁の中央部は桁高を高く設定できることから、桁端部付近の桁高に対して検討を行っている。

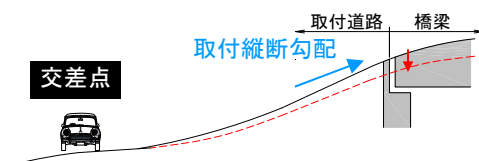


図-1 右岸側取付道路

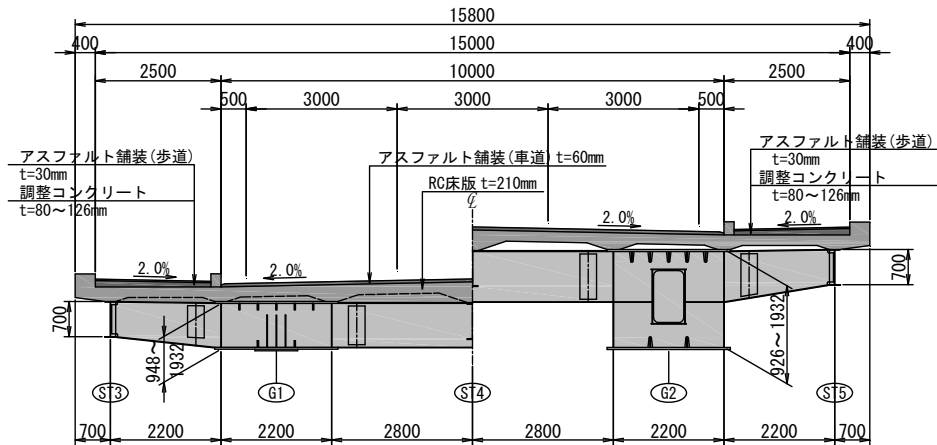
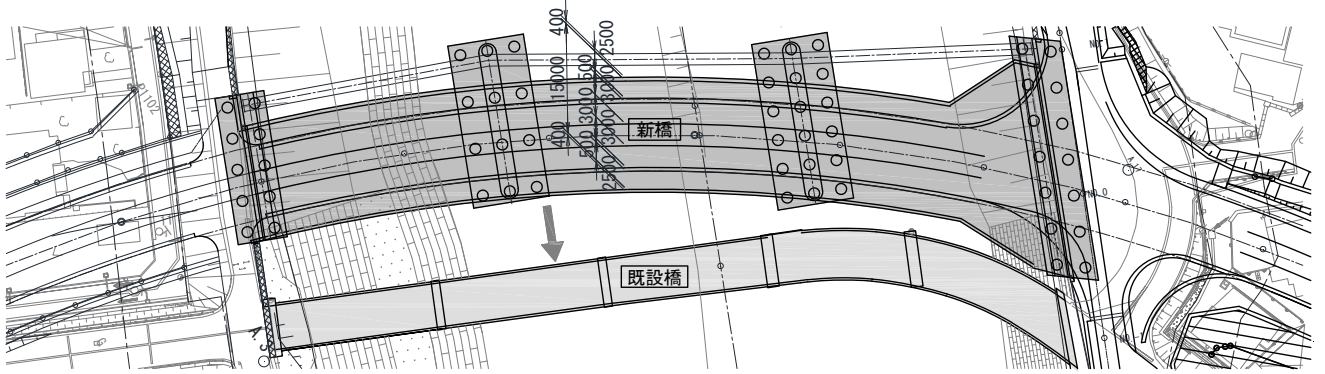
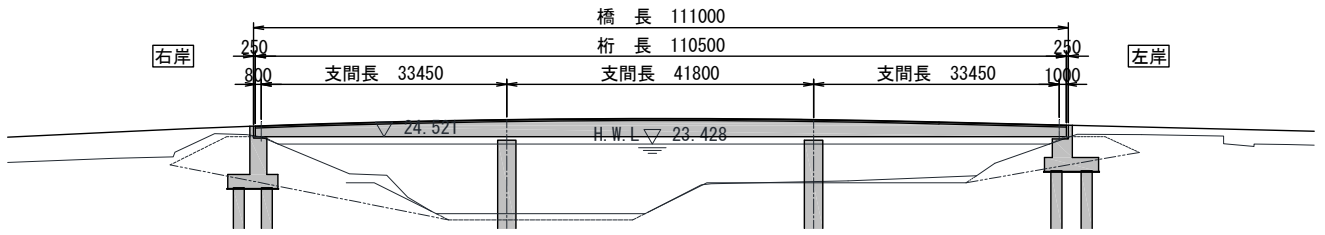


図-2 橋梁一般図

## 2. 鋼箱桁の構造

鋼箱桁は、上下にフランジ、左右にウェブと呼ばれる薄い鋼板を箱型に組み、リブ、補剛材と呼ばれる小部材で補強し、断面を構成している。薄い鋼板は座屈（板に両側から力を加えていくと一定の力を超えた時に急激に板が折れ曲がる現象）しやすいが、補強することで板を厚くすることなく、座屈しにくい構造としている。

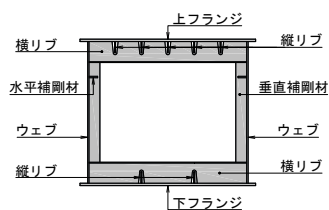


図-3 一般的な箱桁の断面

## 3. 桁高を決定する条件

一般に箱桁断面は以下の4つの条件から決定する。

- ①作用力（曲げモーメント、ねじりモーメント、せん断力）に抵抗できる桁高、桁幅の確保
- ②桁の製作が可能となる桁内寸法（ $b$ 、 $h$ ）の確保
- ③桁内の点検が可能となる桁内寸法（ $b$ 、 $h$ ）の確保
- ④補剛材寸法（ $B$ ）、リブ寸法（ $H$ ）

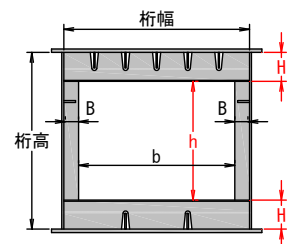


図-4 箱桁形状を決定する断面寸法

桁への作用力で支配的となるのは、曲げモーメントである。曲げモーメントは、桁端部では小さいことから、本検討では作用力によって桁高、桁幅は決定されない。また、本橋は、幅員及び主桁配置から、桁幅は十分確保するスペースがあり、製作及び点検に必要な横方向の桁内寸法 (b) や補剛材寸法 (B) に対する制約はない (図-4)。一方、桁高はできる限り低くしたいため、桁の製作及び点検に必要な縦方向の桁内寸法 (h)、リブの縦寸法 (H) を小さくすることが桁高を低くする条件となる。

以上より、人の通り抜け寸法 (h) 及びリブ寸法 (H) に対する工夫を行うことで、桁高を低くする検討を行った。

#### 4. 一般的な最小桁高の決定方法

人が通り抜け可能な桁内の高さについては、「鋼橋構造詳細の手引き (日本橋梁建設協会)」<sup>2)</sup> (以下、「橋建の手引き」という。) に示される箱桁内部での作業を行う理想的な最小寸法600mmを適用する。縦リブ高は、「道路橋示方書Ⅱ (日本道路協会)」<sup>3)</sup> (以下、「道示」という。) に示されるフランジ座屈防止に必要な剛度を確保するよう決定する。試算の結果、縦リブ寸法は、160mm×16mmとなった。横リブ高は、c縦リブ高160mmに、a座屈防止剛度を確保できる横リブフランジ厚10mm (道示)、b製作寸法の最小値である残り寸法125mm (橋建の手引き) を加えて合計295mmとなる。

以上より、上下の横リブと人の通り抜け寸法を合計した約1.2mが一般的な方法で決定した最小桁高となった (図-5)。

この桁高で取付縦断勾配を設定すると、5.5%となった。

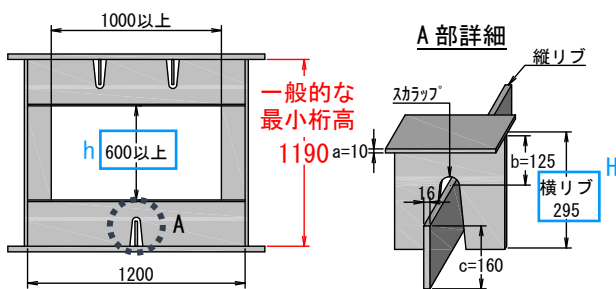


図-5 一般的な方法による最小桁高

#### 5. 本検討で工夫した最小桁高の決定方法

##### (1) 人の通り抜け寸法の再検討

まず、桁高の半分を占める人の通り抜け寸法600mmをさらに小さくできないか検討を行った。

箱桁に設置されるマンホール (箱内部へ入るための扉) の一般的な開口形状は、縦600mm×横400mmであり、これが人の通り抜けに必要な最小寸法と考え

られる。開口形状が横型 (縦400mm×横600mm) でも通り抜けは可能と考え、既設橋梁の横型マンホールで出入りを確認したが、通り抜けに問題はなかった (図-6)。よって、縦横にかかわらず、人の通り抜けは600mm×400mmの寸法があれば可能といえる。本橋では、縦に400mm確保し、通り抜け寸法、縦400mm×横1960mmとなる桁断面を考え、発注者に提案したが、「橋建の手引き」に準じて縦に600mm確保するよう指示を受けたため、人の通り抜け寸法を小さくすることはできなかった。

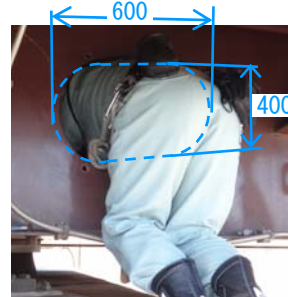


図-6 横型通り抜け検証

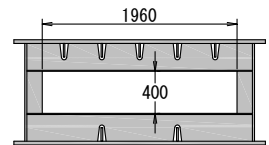


図-7 通り抜け縦400mm

##### (2) 縦リブと横リブの高さの工夫

次に、リブ高さを低くできないか検討を行った。

縦リブの最小必要高は、リブ同士をボルトでつなぎ合わせるのに必要な高さから決まる。d連結板の縦リブ端から塗装を考慮した控え寸法5mm (橋建の手引き)、eボルトの最小縁端距離40mm (道示)、fボルトの締付けレンチが入る最小寸法82mm (橋建の手引き) の計127mmが最小必要高となることから、縦リブ高は130mmとした (図-8)。一般的な決定方法による縦リブ160mm×16mmから、高さを130mmに抑えるため、板厚を28mmに厚くし必要剛度を確保した。縦リブ高さ130mmに横リブの必要寸法を加え、横リブ高は、一般的な方法より30mm低い265mmとすることができた (図-9)。

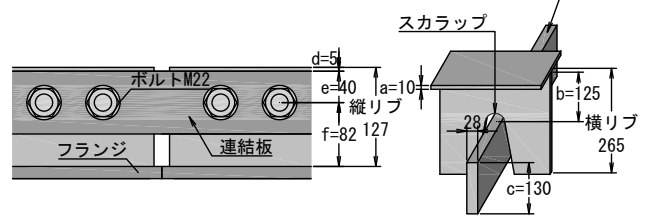


図-8 リブの連結部

図-9 横リブ形状

##### (3) 横リブ配置の工夫

次に、横リブ配置の検討を行った。

一般に上下の横リブは同位置に配置するが、本検討ではずらして配置し、横リブが人の通り抜け寸法に与える影響を軽減した。その結果、一般的な配置より135mm桁高を低くすることができた。

工夫した配置では、圧縮側の横リブ本数が減り、座屈パネル長が長くなるため、フランジ厚を厚くすることで対応した。

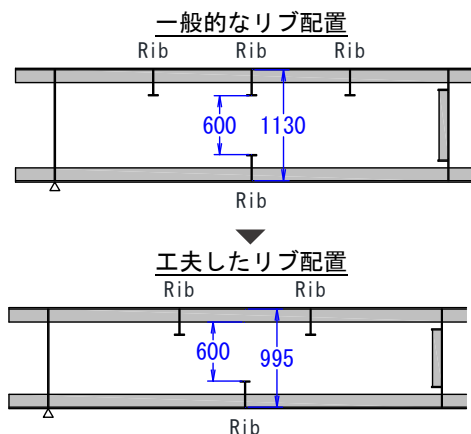


図-10 横リブ配置の工夫

#### (4) 工夫した最小桁高

以上の工夫から決定した桁高は、一般的な最小桁高より約200mm低い約1mとなった。取付縦断勾配は、5.5%から4.8%に緩やかにすることができた。

一方、鋼材重量は、端部のフランジと縦リブの板厚が増加したため、全体で11t増え、3%の増加となった(表-1)。

表-1 比較表

項目	一般的な方法	工夫した結果	増減
最小桁高	1190mm	995mm	-195mm
取付縦断勾配	5.5%	4.8%	-0.7pt
鋼材重量	391 t	402 t	+11 t
鋼重比率	1.00	1.03	+3%

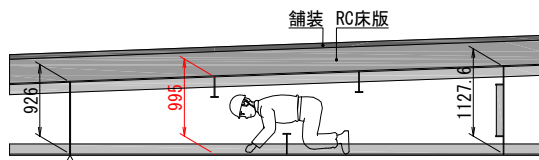


図-11 工夫した最小桁高

## 6. 桁高の妥当性検証

決定した桁高で、桁の製作は可能か、また、点検は可能かについて、妥当性の検証を行った。

#### (1) 桁の製作は可能か

主桁構造図と寸法決定根拠を示して製作メーカーにヒアリングを行った結果、本検討の人の通り抜け寸法を400mmとした場合であっても、「桁製作は可能」との意見を得られた。

#### (2) 桁内の点検は可能か

図面に人を描き入れ、寸法上は人が入れることを確認したが、この中を移動しながらの点検作業は実際に可能かどうか疑問が残った。このため、類似橋梁の管理者の許可を得て桁内に入り、作業性を確認した。この橋は、鋼床版箱桁で桁端部を低く計画していることから、本橋とリブ配置が類似していると

思われた。現地計測で桁高は本検討より低い約900mm、通り抜け寸法400mmであったが、内部作業が可能なことを確認できた(図-13)。よって、本検討の箱断面で点検は十分可能と判断した。

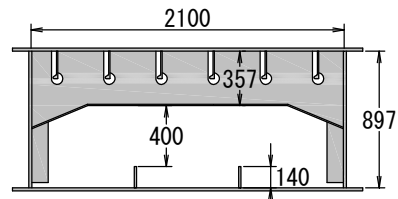


図-12 類似の低桁高橋梁の箱桁断面図

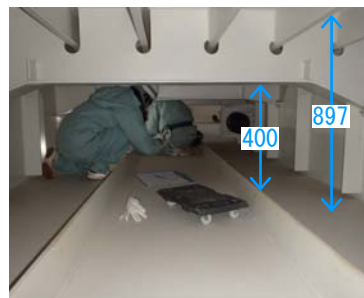


図-13 類似の低桁高橋梁の箱桁内部

## 7. おわりに

#### (1) 現時点での評価

新橋の取付縦断勾配は、現橋の勾配6.1%や一般的な最小桁高の勾配5.5%より緩やかな4.8%となり、走行性や冬季の安全性を改善できた。また、桁高を低く計画した結果、鋼材重量は11 t 増となり、工事費が増したが、全体の概算工事費約15億円に対してはわずかであり、経済性に大きな影響は与えなかった。

#### (2) 今後の課題

鋼箱桁は、長支間や平面曲線にも対応しやすく経済的な形式である一方、中小規模の橋梁では、桁高を低くしにくい点が課題だが、細部構造の工夫により、経済性を犠牲にすることなく、取付道路を低く計画する場合にも適用可能となる。

今後は、より低い桁高に対応するため、人の通り抜け寸法を400mmとしても桁の製作及び点検が可能であることを発注者に提案したい。更に、人の通り抜け寸法を縮小しても桁内の作業が容易に行えるようにリブを省略するなど、構造高が低く、維持管理も容易な構造を検討することが今後の課題である。

#### 参考文献

- 1) 新潟県：道路橋計画のてびき，2016.
- 2) 社団法人 日本橋梁建設協会：鋼橋構造詳細の手引き，2013.
- 3) 社団法人 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，Ⅱ鋼橋編，2012.

