

## 鋼製片持ち梁を用いたコンクリート箱桁橋の拡幅工法 - Orthotropic Steel Cantilever Widening Method of Concrete Box Girder -

著：Qian Wang, Zhe Zhang  
訳：プレストレストコンクリート海外部会\*

昨今、都市部の橋梁は、増加する交通量に対応するため拡幅することが求められている。本紙では、鋼製片持ち梁を用いたコンクリート箱桁橋の拡幅工法（Steel Cantilever Widening Concrete Box girder Method without piers、以下 SCWCBM と称する）を紹介する。

本工法は、既設箱桁の両側に鋼製片持ち梁と鋼製床版を接合することで、既設橋梁を拡幅するものである。鋼製片持ち梁は、新たに配置する横方向外ケーブルで既設箱桁に固定する。本紙では、施工例とともに SCWCBM の施工手順を詳述する。従来の拡幅工法に比べ、SCWCBM は、工期短縮・桁下空間の確保・交通規制の低減・工事費用の縮減などの利点がある。SCWCBM は都市部の橋梁に適した拡幅工法である。

キーワード：コンクリート箱桁橋、拡幅工法、SCWCBM、鋼製片持ち梁、横方向外ケーブル

### 1. はじめに

近年、中国では経済の発展に伴い、驚異的なスピードで交通量が増加している。交通量増加の予測や計画が不十分であったため、ここ数十年に建設された都市部の橋梁は、現代の交通量に対応できなくなっており、取り壊して造りなおすという現実に直面している。橋梁の交通容量を改善する方法としては、橋梁の新設、既設橋梁の拡幅があげられる。拡幅の方法としては、増桁による拡幅、張出し床版にリブを設けて張り出し長を延長するなどの工法がある。資金と資源という観点からすると、既設の構造物を補強して拡幅するという方法が合理的である。

橋梁の新設、すなわち橋脚と上部工を新たに建設する方法は、もっとも効果的な交通容量の改善であり、拡幅に比べて設計・施工の両面でシンプルであるという利点がある。しかし、長期にわたる工期・交通規制、広い工事用地を必要とするため、工事用地が貴重かつかぎられる都市部において橋梁を新たに建設することは難しい。

増桁、あるいは張出し床版の延長は、新しく橋脚を建設することなく適用することが可能である。しかし、増設される桁やリブは、既設橋梁に接続することが不可欠であることから、橋梁新設に比べると複雑な工事が必要となる。また、両者とも拡幅量はかぎられている。

こうした背景から、都市部の橋梁においては、新しく橋脚を建設することなく、より広い拡幅が可能となる工法が求められている。本紙では、その目的を達成するための新しい拡幅工法（SCWCBM）を紹介する。

*This article was first published in English in Structural Engineering International, SEI Vol.21, Nr.2, 2011, pp.228-232, IABSE, Zurich, Switzerland, www.iabse.org*

### 2. SCWCBM により拡幅した箱桁の構造形式

SCWCBM は、図 - 1 に示すとおり既設コンクリート箱桁を鋼製片持ち梁によって拡幅するものであり、拡幅後の横方向は鋼とコンクリートの複合構造となる。既設箱桁の両側に等間隔（図 - 2 中の  $L$ ）で鋼製片持ち梁を接合し、その上に鋼製床版を敷設することで拡幅する。

図 - 1 に示すとおり、鋼製片持ち梁と既設箱桁は横方向外ケーブルによって接続する。図 - 3 に示すとおり、それぞれの鋼製片持ち梁のウェブ両面に横方向外ケーブルを対称に配置する。プレストレスを導入することにより、鋼製片持ち梁と既設箱桁は堅固に接合し、一体化する。横方向外ケーブルは腐食に強いエポキシ樹脂被覆鋼材を使用し、ケーブルの保護には亜鉛メッキ鋼管（図 - 1 および図 - 4）を用いる。緊張後、亜鉛メッキ鋼管および鋼材定着部にはエポキシモルタルを充てんする。



図 - 1 SCWCBM により拡幅した箱桁橋の断面図

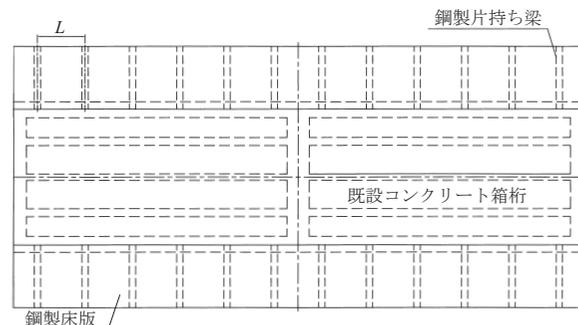


図 - 2 SCWCBM により拡幅した箱桁橋の平面図

○ 海外文献 ○

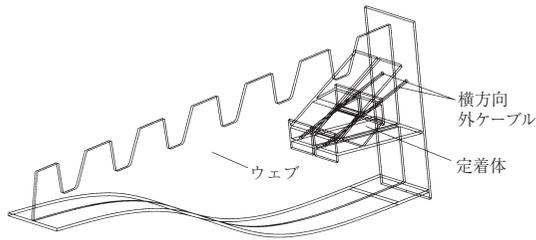


図 - 3 鋼製片持ち梁詳細図

また、横方向外ケーブルのセットロスを防止するために、すべり防止装置のある定着体を用いる。

鋼製片持ち梁と既設箱桁の斜ウェブとは直接接合せず、図 - 4 に示すとおり、接合部に新たにダイアフラムを設ける。鋼製片持ち梁設置位置の斜ウェブおよび上床版のコンクリートを切り欠いた後、ダイアフラムと既設箱桁を一体化させるため、既設箱桁の鉛直ウェブにアンカーバーを設置する（図 - 4）。次に、ダイアフラムの補強筋として格子状の鉄筋を配筋する。そこにコンクリートを打ち込み、既設箱桁の鉛直ウェブと一体となったダイアフラムを構築する。

鋼製片持ち梁とダイアフラムとの接合がこの複合構造の重要な部分であることから、図 - 4 に示すとおり、接合を確実なものとするため、ダイアフラム表面に作用する圧力を均等に分配するための補剛材の設置、およびダイアフラム上下端部に角欠け防止用鋼製部材を設置する。

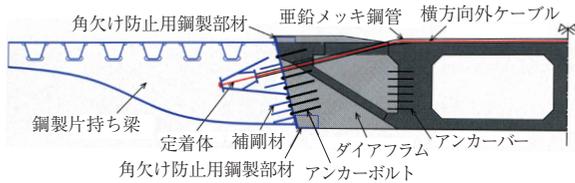


図 - 4 SCWCBM により拡幅した箱桁断面概要図

3. 実橋による例

SCWCBM により拡幅を行った事例として、大連北東跨道橋を紹介する。図 - 5 に大連北東跨道橋の標準断面図を示す。この橋では、幅員 9.5 m の 2 車線道路を、SCWCBM によって 4 車線へ拡幅した。鋼製片持ち梁は既設箱桁の両側に 3 m ピッチで取り付けられている。（図 - 2,  $L = 3$  m）

鋼製片持ち梁の詳細を図 - 6 に示す。鋼製片持ち梁のウェブの両側に各 5 本ずつ、計 10 本のエポキシ樹脂被覆鋼材（ $\phi 15.2$  mm）を配置した。横方向外ケーブルは、既設箱桁を一部切り欠いて、鋼製片持ち梁の背面板に垂

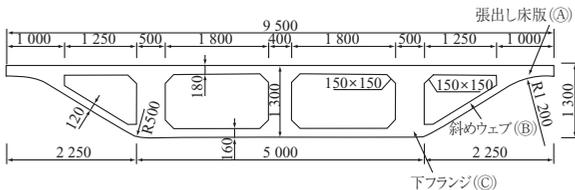
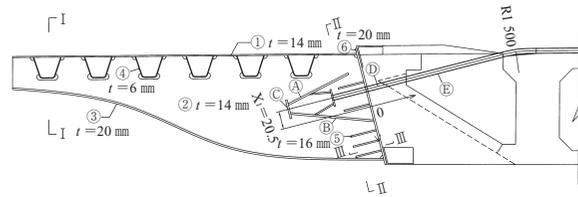


図 - 5 大連北東跨道橋の標準断面図（単位：mm）



①：床版 ②：ウェブ ③：下フランジ ④：U型リブ  
⑤：補剛材 ⑥：背面板

図 - 6 鋼製片持ち梁正面図（単位：mm）

直に配置している。可能なかぎり既設箱桁の切欠きを小さくすると外ケーブルの曲げ半径の制約を考慮し、鋼製片持ち梁背面板の角度を  $75.5^\circ$  とした。

4. 拡幅方法

4.1 既設橋への処理

はじめに、既設舗装と高欄を撤去し、図 - 5 に示す片持ち梁接続部の張出し床版 (A)、斜ウェブ (B) および下フランジ (C) に切欠きを設けた。また、既設箱桁とダイアフラムの付着性向上を目的に既設のコンクリート表面を粗面仕上げした。切欠き部の既設箱桁の鉄筋のうち、下フランジと斜ウェブの鉄筋は残したが、鋼製片持ち梁と干渉する張出し床版の鉄筋は、一部を切断し、さらに曲げ加工を行った。切欠き後の状況を図 - 7 に示す。



図 - 7 既設箱桁の切欠き状況

次に、既設箱桁とダイアフラムの一体化を目的として、鉄筋探査により既設の鉄筋の位置を把握したうえで、既設箱桁の鉛直ウェブ側にそれぞれ 12 本のアンカーバーを設置した。

続いて、ダイアフラムの鉄筋組立て、コンクリート打設の工程である。アンカーバーまわりには格子状の補強鉄筋を配置し、コンクリート打設前に亜鉛メッキ鋼管を型枠内に設置した。型枠は、既設箱桁に固定し、吊形式とすることで、橋梁下に支保工を設置することなく、ダイアフラムの施工を行うことが可能となった。図 - 8 は鉄筋組立ておよび角欠け防止用鋼製部材、亜鉛メッキ鋼管の施工状況写真である。



図 - 8 ダイアフラム施工状況

## 4.2 鋼製片持ち梁による拡幅手順

鋼製片持ち梁はクレーンによって箱桁に取り付けた。図-4に示すアンカーボルトは、横方向外ケーブルを緊張する前に鋼製片持ち梁とダイヤフラムを仮留めするためのものである。鋼製片持ち梁を設置したあと、横方向外ケーブルを左右同時に緊張する。横方向外ケーブルは、荷重計の数値とPC鋼材の伸び量により緊張管理を行った。図-9に鋼製片持ち梁がセットされた状態を示す。



図-9 鋼製片持ち梁設置状況

次のステップは、鋼製片持ち梁に直交する鋼製床版を設置することである。鋼製床版のU型リブは、鋼製片持ち梁に現場溶接する。鋼製床版のセット状況を図-10に示す。上向き溶接は下向きに行う溶接と異なり、難易度が高く特別な技能が要求される。そのため、素早く効率的に溶接作業を完了するために上向き溶接の資格を有する多数の溶接工が必要となる。



図-10 鋼製床版設置状況

橋梁の下面に設置する型枠は、簡便に解体撤去できるように設計されている。また、溶接作業はラッシュアワーを避けて交通量の少ない時間帯に行うことで、溶接作業が交通に与える影響を最小限に抑えた。

鋼製片持ち梁の構造は、既設橋梁の形状とその周辺環境を考慮して設計される。この橋では周辺の景観を考慮して魚腹形とした(図-12)。また、鋼製片持ち梁は、

露出したままにしておくか(図-11)、装飾的な鋼製のプレートによって被覆する(図-13)ことが考えられる。



図-11 SCWCBMの実施例



図-12 大連北東跨道橋の施工状況



拡幅前

拡幅後

図-13 SCWCBMによる拡幅(大連北東跨道橋)

## 5. 拡幅に伴う補強工事

### 5.1 外ケーブル緊張による箱桁の補強

SCWCBMによる拡幅に伴い、死荷重と活荷重が増加する。そのため、既設箱桁を増強するために主方向の外ケーブルを箱桁内に追加した。外ケーブルは、中間横桁にケーブルを通すために穴をあけて横桁で定着した。端支点横桁では鉄筋を配置しコンクリートを増し打ちすることで定着部の補強を行った。

### 5.2 橋脚の補強

同様に、上部工の拡幅によって橋脚に発生する応力が増加するため補強が必要となる。SCWCBMでは、活荷重によるねじりモーメントが増加するため、支承を増やす必要がある。そこで、橋脚に対して断面増し厚工法により補強を行う。加えて、フーチングの補強や増し杭により支持力の強化を行う。

上部工と橋脚を補強するには費用を要する。しかし、

## ○ 海外文献 ○

古い橋梁を撤去し新設することと比較すると SCWCBM による拡幅が経済的である。そのため、都市部の橋梁では SCWCBM が大部分のケースにおいて効果的に適用できる。

### 6. SCWCBM の利点

#### 6.1 工期短縮と交通への影響低減

新設の橋梁を建設する場合に比べ、橋脚を新設する必要の無い SCWCBM では、周辺の構造物や街路樹、地下埋設物などの取壊しや移動を低減することが可能であり、建設コストの低減に繋がる。拡幅方法、補強方法を適切に計画することで、工期は最小限に抑えられる。また、橋脚の新設や桁下の支保工が不要であることから、地上の交通に与える影響は低減される。

#### 6.2 経済的利益と資源の節約

既設橋梁の耐用年数が残っている段階で、それを取り壊すことは、無駄な瓦礫を生むことになる。そのうえ、新たな橋梁の建設材料と工事期間中のエネルギーの使用により資源は消費される。そのため、資源を節約する観点から、既設橋梁の構造はできるだけ活用されるべきであり、SCWCBM は、既設橋梁を最大限活用する工法といえる。構造物の取壊しや移設を最小限にすることは、経済利益を産出することになる。

### 7. おわりに

本紙では、コンクリート箱桁橋を拡幅する新しい工法として SCWCBM を紹介した。SCWCBM では、既設のコンクリート箱桁に鋼製片持ち梁を連結することで拡幅を行う。既設箱桁と鋼製片持ち梁は横方向の外ケーブルにより連結する。

拡幅した後の橋梁は、横方向が鋼とコンクリートの複合構造となる。本紙では、拡幅の手順を説明した。主な断面や施工手順の詳細は実際に拡幅を行った橋梁に基づいて示している。拡幅の主な2つの手順は、既設橋梁と鋼製片持ち梁の接合部の構築と、鋼製片持ち梁の設置から鋼製床版による拡幅があげられる。接合部の構築手順は、既設橋梁の舗装と高欄の撤去、既設箱桁コンクリートの切欠き、鉛直ウェブ部分へのアンカーバーの設置、ダイヤフラムの鉄筋組立て、ダイヤフラムのコンクリート打設である。次いで、鋼製片持ち梁を既設コンクリート桁にクレーンで設置、横方向のプレストレスを導入、鋼製床版を鋼製片持ち梁上に設置し拡幅を行う。

上部工の荷重増加に伴い既設橋梁に対し2つの補強を行う。1つは外ケーブルによる主方向の補強、もう1つは橋脚の断面増し厚による補強である。

SCWCBM には、一般的な拡幅工法に比べ、工期短縮、周辺交通への影響緩和、資源の有効活用による経済的利益、外観などのように多くの利点があり、都市部の橋梁では、効果的な拡幅工法である。

#### 謝 辞

本工法の検討は、the Fundamental Research Funds for the Central Universities の助力を得て行った。

\*：プレストレスコンクリート海外部会委員  
池上浩太郎（ピーシー橋梁 ㈱）  
喜多 俊介（鹿島建設 ㈱）  
藤田 知高（㈱ピーエス三菱）  
前川 敦（首都高速道路 ㈱）  
水谷亮太郎（㈱ 銭高組）

【2011年7月15日受付】



刊行物案内

## 高強度 PC 鋼材を用いた PC 構造物の設計施工規準

2011年6月

定 価 4,800 円／送料 500 円

会員特価 4,000 円／送料 500 円

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会