

プレストレスで接合した道路橋床版補修用仮設覆工板の実験的検討

(株)富士ピー・エス 正会員 工修 ○中村 文香
 西日本高速道路(株) 正会員 福田 雅人
 西日本高速道路(株) 安里 俊則
 (株)富士ピー・エス 正会員 工博 徳光 卓

Abstract : In repairing works of the road bridge deck slab, it is important that shorten the time of traffic assurance and safety control of traffic vehicles and workers. To solve those problems, the authors devised the partial replacing method of deck slab using temporary covering plate. This covering plate is mortar injected steel box slab, the thickness of 70mm equals to asphalt pavement. This covering plate segments set that place after remove of pavement, and those segments are integrate using prestressing cable. After the repair of deck slab, this covering plate are de-tensioning and remove. In this paper, shows the outline of the repairing method using temporary covering plate, outline and test result of prestressing test and static load test. As the results, the prescribed amount of prestress was able to introduce to covering plate under short distance prestressing condition, and the joint of segments was not open by design wheel load.

Key words : Covering plate , Prestress joining , Repair method

1. はじめに

近年、凍結防止剤によりPC橋の床版の健全性が低下している例があり、とくにPC合成桁橋のRC床版において劣化が顕在化しつつある。PC合成桁橋の床版を打ち換える際は交通規制を必要とするが、規制期間は可能な限り短い方が望ましい。この課題に対処するため、筆者らは交通規制を最小限に留めながら劣化床版を部分的に補修する「覆工板を用いた床版の部分的補修工法」を考案し、覆工板を試作するとともに、施工性の確認や耐荷性能の確認試験を実施した。本稿では、覆工板を用いた床版の部分的補修工法の概要を示すとともに、二分割した覆工板をプレストレスにより接合して用いる場合の各種の性能確認実験結果について述べる。

2. 覆工板を用いた床版の部分補修工法の概要

2.1 床版補修の課題と補修工法

一般的にPC合成桁橋は現場近くで製作したI形断面のPC桁を所定の位置に架設したのち、現場打ちコンクリートにて横桁および床版を打設する手順で建設される。PC合成桁橋は単支間の単純合成桁のほかに複数の径間を連続化した連続合成桁橋も多数建設されている。写真-1に合成桁橋床版の劣化状況例を示す。単純合成桁の場合、床版はRC構造でありPCに比べて水セメント比が大きなコンクリートを使用するため



写真-1 合成桁橋床版の劣化状況例

塩化物イオン浸透も早い。連続合成桁橋では中間支点部近傍の床版にも連続化のための PC 鋼材を配置するが、支間部の床版コンクリートは中間支点部近傍の床版に打ち継ぐため、クリープ変形などによる打ち継ぎ面の肌離れを生じやすく漏水などが発生することもある。これらの劣化は舗装下に浸透した橋面の水の作用に伴うものであるが、実態としては桁上面ではなく床版支間中央付近に顕著な水しみを生じているケースがほとんどである。

この劣化に対する床版補修方法としては、全面的に床版を打ち換える方法と、劣化部のみを部分的に打ち換える方法の二通りが考えられる。耐久性上は全面的に床版を打ち換える工法が望ましいが交通規制の期間が長くなる。一方、部分的に床版を打ち換える工法は規制期間を短時間にできるメリットがあり、劣化が局所的な範囲に留まっている場合には適用性が高い。

覆工板を用いた床版打換工法の概念図を図-1に示す。本工法ではまず補修位置の舗装を除去し、舗装厚と同厚の薄厚の覆工板を設置・固定する。次に、床版の下面からウォータージェットなどの機械を用いて劣化部の除去を行い、下面からコンクリートを注入して床版を再構築したのち、覆工板を撤去して舗装を行い施工が完了する。本工法で使用する覆工板は、活荷重の作用に対して安全となるよう設計することができる。また、覆工板により床版打換え時の施工空間を車線規制内ではなく床版の下部とできるため、施工時の安全性が飛躍的に向上する。

一方、覆工板の据付けと撤去は橋面上で作業する必要がある。写真-1に示したような漏水による水しをもっとも生じやすい箇所は舗装の打ち継ぎ部であり、舗装の打換えは車線規制により行うため、打ち継ぎ部は走行・追越し車線間のレーンマーク付近となる。そのため床版の劣化もその直下で生じることが多い。覆工板をこのレーンマーク位置に据え付ける場合、広幅の覆工板では据付け・撤去時に全面通行止めを行う必要があり、走行車両の利便性に与える影響が大きい。二分割した覆工板を使用し、レーンマーク位置で接合することができれば、車線規制の条件下で覆工板の据付けと撤去を行うことができる。

2.2 分割型覆工板の概要

覆工板は PC 合成桁橋の主桁配置間隔と損傷状況を考慮して支間 1.6m とした。分割型覆工板の構造を図-2に示す。覆工板には全幅 2m を一枚の板とした一体型覆工板と分割型覆工板の 2 タイプがある。前者の一体型覆工板は既報のとおり¹⁾、所要の耐荷性能を有することを確認している。覆工板は主に厚さ 12mm の鋼板を使用し、上下鋼板間およびリブ板間の隙間に無収縮モルタルを充填する構造とした。覆工板の上面には、滑り抵抗性の向上と防錆を目的として、高クロム鋼・Al-Mg 合金をアーク溶射した。PC 鋼材の断面配置を図-3に示す。分割型覆工板の内部にはシースとなる鋼管 (SGP15A) が配置されており、覆工板目地位置で 11.7mm 偏心している。接合は PC 鋼より線 (1S15.2・SWPR7B) を

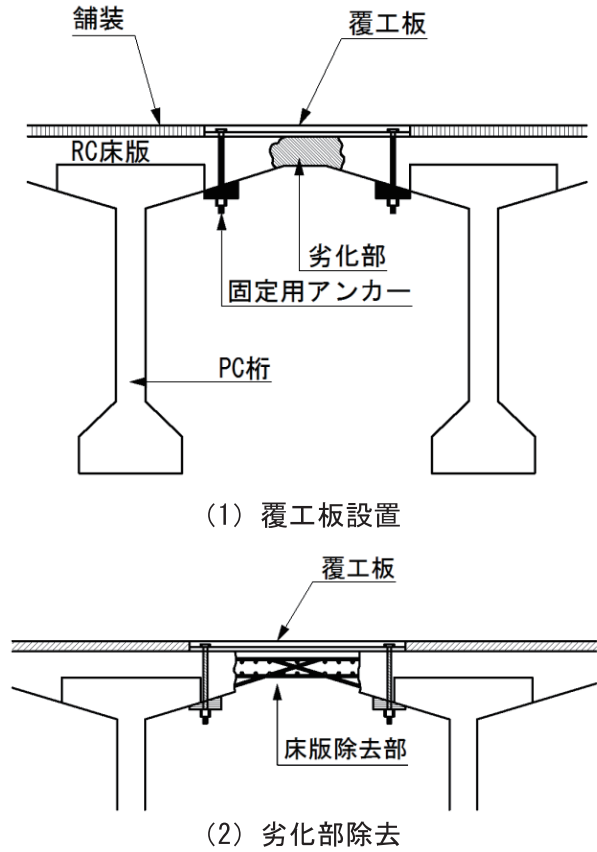


図-1 覆工板を用いた床版打換工法の概念図

緊張して圧着する。上面からの作業で厚さ 70mm の覆工板に PC 鋼より線の緊張定着を行うため、緊張には新たに開発された特殊な緊張装置と定着具を使用した。分割型覆工板は新しい構造形式となるため、施工性や構造性を確認するために各種試験を実施した。

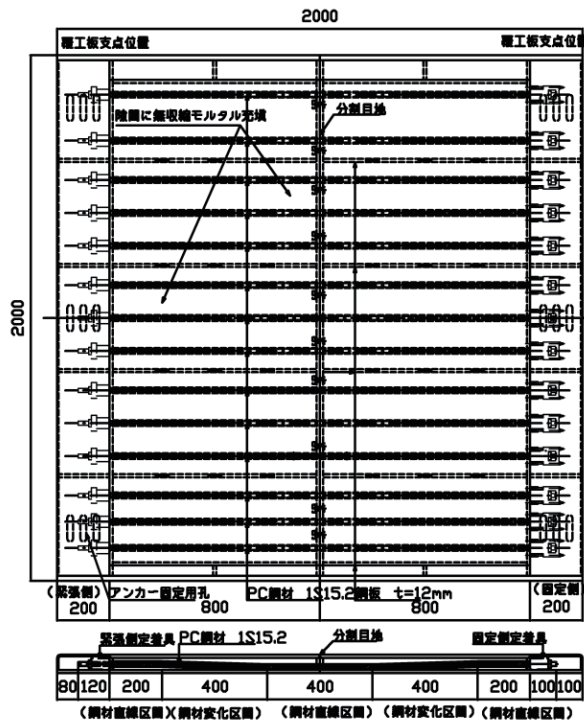


図-2 分割型覆工板の構造

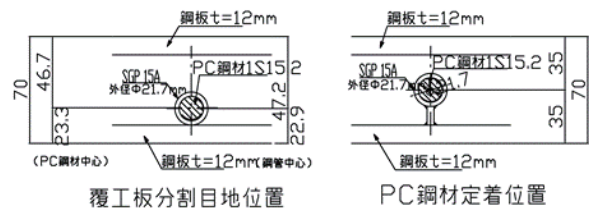


図-3 PC鋼材の断面配置

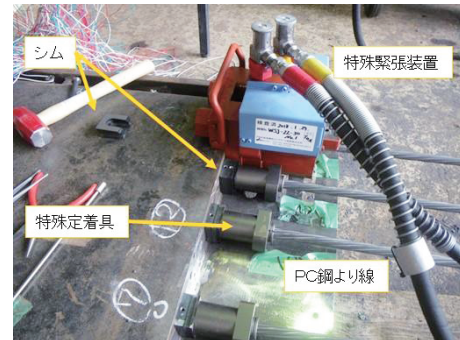


写真-2 緊張状況



写真-3 特殊緊張装置

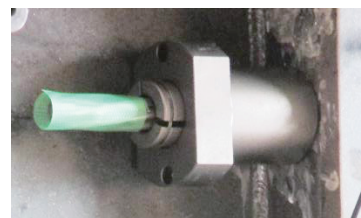


写真-4 定着具

3. 分割型覆工板の接合試験

3.1 試験概要

分割型覆工板接合時の施工性と導入プレストレスの変化を把握することを目的とし、接合試験を実施した。PC鋼より線は14本配置し、目標緊張力は170kN/本とした。緊張力は分割型覆工板の目地部の下縁応力状態とPC鋼材の配置間隔等の構造性に着目し、死荷重と活荷重、および偏心量を考慮したプレストレスを合成し、目地部の下縁に引張応力が発生しないように制御した。写真-2に緊張状況、写真-3に特殊緊張装置、写真-4に定着具を示す。ジャッキは小型の双動油圧シリンダーを有する特殊緊張装置を使用した²⁾。緊張装置はジャッキの下側に支圧用・緊張用の爪が伸びており、T形の形状をしたコーン端部に緊張用の爪を掛け、支圧用の爪を定着面にあて、二つの爪の間隔を押し広げることで緊張する。通常、セットロスの問題から短尺の部材の緊張にPC鋼より線を用いることはできないが、コーン前面と定着面に生じる隙間にシムを挟むことでセットロス

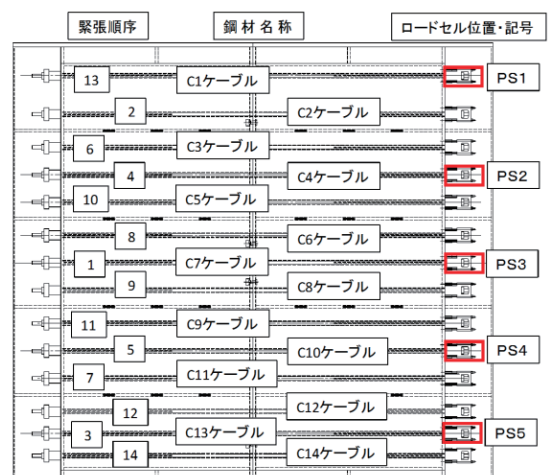


図-4 ロードセルの設置位置と緊張順序

の課題が解決できる。

ロードセルの設置位置と緊張順序を図-4に示す。緊張順序は接合面の支圧力ができるだけ均等となるように定めた。ロードセルは固定側に5箇所設置し、緊張中、緊張後の張力を測定した。

3.2 接合試験結果

緊張定着前後の緊張力変化を表-1に示す。表には緊張定着前後の緊張力変化とともに、定着時のプレストレス減少量、減少量から推定したPC鋼材の長さ変化を示した。PC鋼材の定着後に平均18.7kN程度のプレストレスの減少が生じた。定着間距離は1600mmであるから、減少量をPC鋼材伸び変化長に換算すると、およそ平均1.1mmとなる。固定側と緊張側とも定着具とくさびを使用する事から、覆工板接合のための緊張力導入に伴う隙間量は22mm~26mmとなった。PC鋼材の設計伸び量は10mm程度であることから、くさびのめり込み量は片側あたり6~8mm程度と考えられる。定着においては、この隙間に合わせてシムを数枚重ねて配置し、PC鋼材の伸び量を確保した。したがって、定着後のプレストレスの減少は重ね合わせたシムのなじみによるものと考えられる。PC鋼材定着後のプレストレス減少量は使用するシムの枚数などによっても異なると考えられるが、補填できない大きな減少量ではないため、計画段階で減少量を考慮すれば問題はないと考えられる。

緊張力解放状況を写真-5に示す。床版の補修完了後に緊張力を解放することで、覆工板が問題無く分割撤去可能であることが確認できた。このように特殊緊張装置を用いた接合・分割の作業において、とくに問題となる項目は認められなかった。PC鋼材の緊張力のほかに緊張力導入に伴う鋼板各部のひずみも測定したが、異常な鋼板のひずみや変形等は認められなかった。

なお、本試験に用いた特殊緊張装置は軽量かつコンパクトであり、定着具の側面から緊張作業が行えるというメリットがある。とくに、補修工事においては作業空間が狭隘な場合も多く、同径のPC鋼棒に比べて可とう性があり緊張力も大きなPC鋼より線を短尺で用いることができることは、今後のプレストレスを用いた補修工法の可能性を広げるものと考えられる。

表-1 緊張定着後の緊張力変化

ロードセル 記号	定着前後		定着時プレストレス減少量		変化長: ΔL
	(kN)	(kN)	(kN)	(N/mm ²)	(mm)
PS1	204.7	185.3	19.3	139.1	1.2
PS2	197.0	176.4	20.6	148.5	1.2
PS3	185.4	173.8	11.6	83.6	0.7
PS4	201.7	175.1	26.6	191.8	1.6
PS5	190.4	175.0	15.5	111.8	0.9
平均			18.7	135.0	1.1

ここで、 $\Delta L = \sigma_s / E \times L$ 、 σ_s は直後の定着具とシムのなじみ量推定値

σ_s : 定着時プレストレス減少量

PC鋼材ヤング係数: E 200000 N/mm²

PC鋼材断面積: A 138.7 mm²

PC鋼材定着間長: L1 1600 mm

くさび定着~端部調整長 L2: 60 mm (30mm×2)

L=L1+L2 1660 mm

※PS1はセットロス等の影響を検討するため大きめの緊張力を導入した

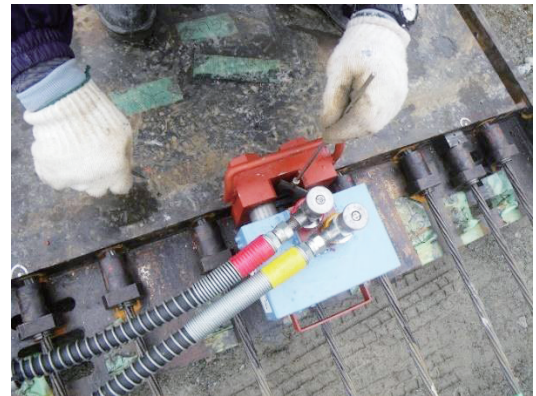


写真-5 緊張力解放状況

4. 覆工板の載荷試験

4.1 試験概要

分割型覆工板の耐荷性能の確認を目的として、載荷試験を実施した。載荷試験状況を写真-6に示す。供試体には3章で述べた緊張接合後の分割型覆工板を用いた。試験体の導入緊張力は、PC鋼材の緊張本数を14本とした14本緊張試験体、9本緊張した9本緊張試験体、5本緊張した5本緊張試験体の3水準とした。5本緊張試験体は図-4に示すC1, C4, C7, C10, C13の各ケーブルに緊張力を導入し、9本緊張試験体は前記の5本に加えC3, C6, C8, C11のケーブルに緊張力を導入した。覆工板の載荷位置、たわみ測定位置および目地離間の測定位置を図-5に示す。荷重の載荷幅はT荷重を想定し、200mm×500mm

とした。載荷位置は覆工板支間中央の中間ならびに縁端とした。最大荷重はT荷重(100kN)の1.5倍とし、10kN刻みで150kNまで載荷した。覆工板接合目地部の離間が2mmとなった場合は、載荷荷重150kN未満でも載荷試験を終了した。試験では載荷から除荷までを、それぞれの水準で3回繰り返した。耐荷性能の確認には載荷荷重とたわみ変化、載荷荷重と目地部の挙動を指標とした。



写真-6 載荷試験状況 (縁端部載荷)

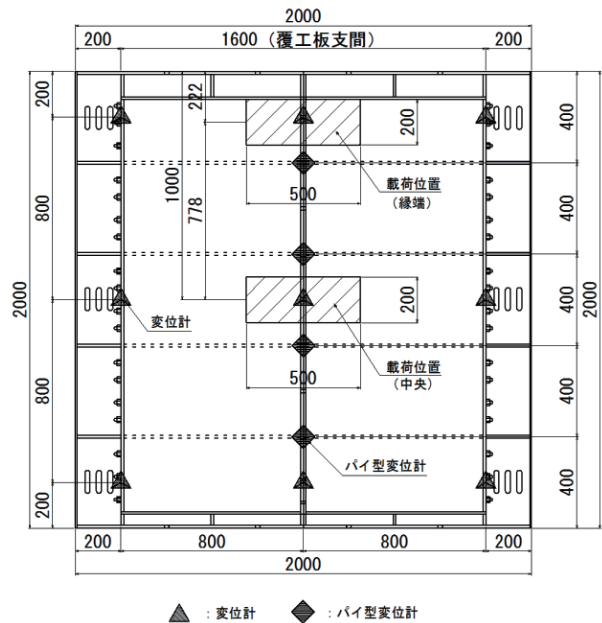


図-5 載荷および変位測定位置

4.2 載荷試験結果

図-6に載荷荷重と変位の関係を、図-7に載荷荷重と標点間距離の関係を示す。図-6には参考として目地無しの一様板の試験結果を併せて示した。変位は載荷位置直下の変位計の測定値を示している。図-7の標点間距離とは目地部を挟むように設置したパイ型変位計の固定点間の距離の変化を表しており、測定値はもっとも大きな変位量を示したパイ型変位計の結果を示している。なお、この測定値は覆工板のひずみ変化が含まれる。覆工板は鋼製であるからひび割れを生じることは無く、載荷荷重と標点間距離の関係が載荷初期の線形関係から変化した以降を接合面の目開きが生じた状態と考えることができる。荷重による覆工板の幅方向の応力分布を無視し、覆工板目地部の圧縮応力と引張応力が釣り合った合成応力状態となる載荷荷重を、覆工板目地部を全断面有効として算出すると、その荷重はPC鋼より線14本緊張試験体 (設計緊張力: 2380kN) で139kN, 9本緊張試験体 (設計緊張力: 1530kN) で90kN, 5本緊張試験体 (設計緊張力: 850 kN) で50kNとなる。図-6, 図-7に示したグラフの勾配の変化点はおおよそこれらの荷重と一致している。覆工板は仮設物であるため、設計上考慮すべき輪荷重は明確でない。目安としてT荷重に相当する100kN載荷時の目地部の状態を考えると、おのおの14本緊張試験体は圧縮状態、9本緊張試験体は微少な目開きを生じた状態、5本緊張試験体は大きな目開きを生じた状態であると考えられる。なお、載荷試験後の覆工板表面には有害な変形等の痕跡は認められなかった。

覆工板の使用形態から考えて荷重により目開きを生じなければ、とくに使用性の問題は生じないと考えられる。実験では150kNを載荷しても14本緊張試験体では明らかな目開きを生じなかった。道路橋示方書のT荷重を目安とすれば、静的には10本緊張相当のプレストレス (1700kN)を目地部に導入すればよいと考えられる。ただし、実用化にあたっては、仮設物としての安全性、過積載車や衝撃の影響、覆工板据付け部の拘束の影響などを考慮する必要がある。なお、本試験での想定より主桁間隔が広い場合には、平面的に覆工板内に配置できるPC鋼より線の本数が限られるため、覆工板の厚さを厚くする必要がある。この場合は事前に補修対象部周囲の舗装のオーバーレイを行い覆工板の据え付け高さに合わせておく必要がある。

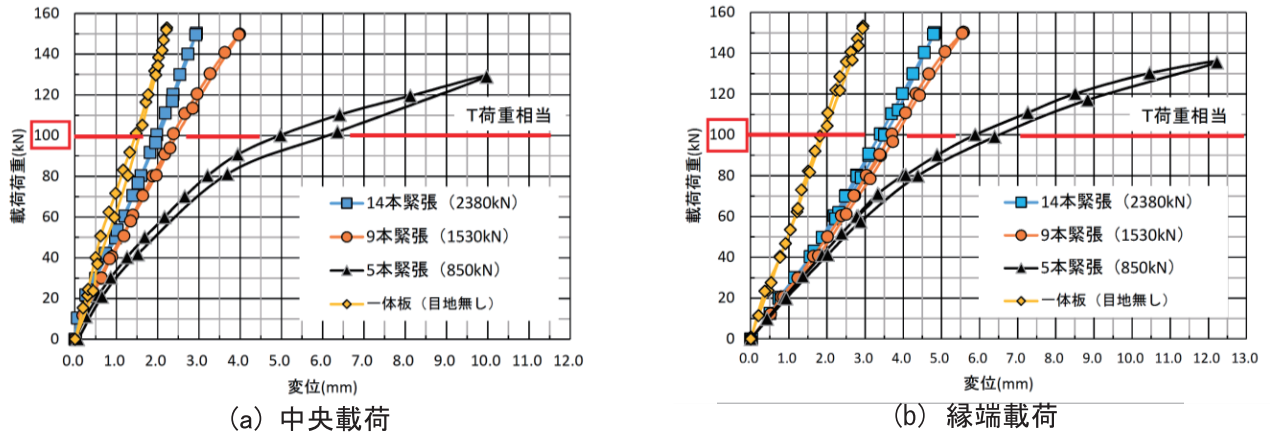


図-6 中央載荷と縁端載荷の載荷荷重と変位

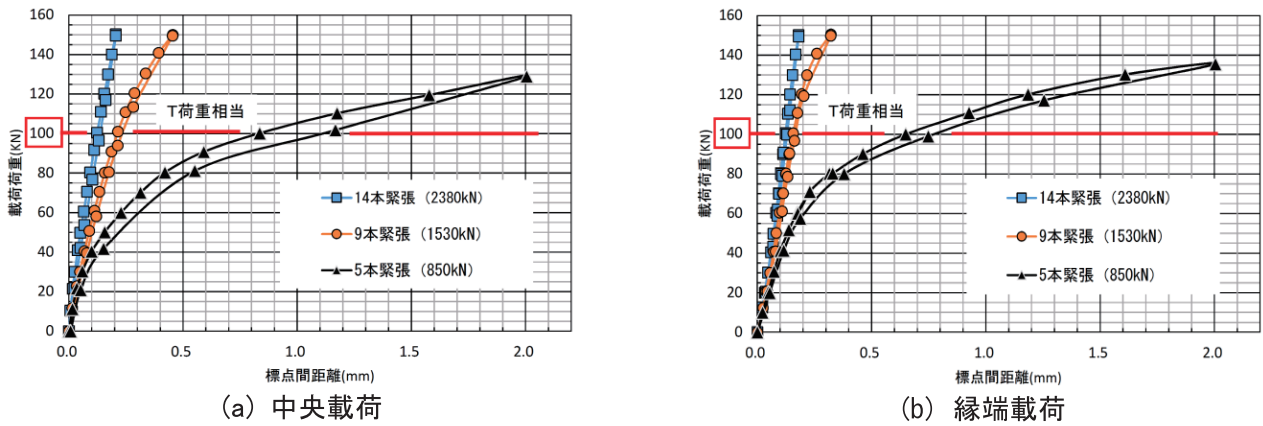


図-7 中央載荷と縁端載荷の載荷荷重と標点間距離

5. まとめ

本稿では分割型覆工板の接合・解体と耐荷性に関する実験的検討の結果を示した。本論文をまとめると以下のとおりである。

- (1) PC 鋼より線を使用しても、特殊緊張装置を用いて短尺の分割型覆工板に所要のプレストレスを導入することは可能であった。
- (2) 分割型覆工板の接合・解体の施工性についてとくに問題は認められなかった。
- (3) 分割型覆工板に 15.2mm(SWPR7B)の PC 鋼より線を 14 本配置した場合、載荷荷重 150kN までに明らかな目開きを生じなかった。

謝辞

特殊緊張装置および定着具については極東鋼弦コンクリート株式会社、滑り止め方法については株式会社富士技建にご協力およびご助言を頂きました。ここに、あらためて謝意を表します。

参考文献

- 1) 徳光卓・松井隆行・横山和昭・鈴木正範：覆工板を活用したコンクリート床版の部分打換工法に関する検討，土木学会第 69 回年次学術講演会，VI-081，pp.161-162，2014.9
- 2) 日本特許庁：定着システムおよびジャッキ，特許 5779705 号，2015.9