

# 軸方向ひび割れを有する既設 PC 橋の維持管理に関する一考察†

西 弘\* 近藤 拓也\*\* 横飛 翔太\*\*\* 大西 弘志\*\*\*\*

## Maintenance of Existing PC Bridges with Cracks along PC Cables

by

Hiroshi Nishi\*, Takuya Kondo \*\*, Syota Yokotobi \*\*\*and Hiroshi Onishi\*\*\*\*

Initiation of cracks along PC cables is regarded as a cause of degradation of PC bridges. In the presented study the existing PC bridges with cracks along PC cables were investigated, and their visual condition and condition of PC cables and sheath were inspected by means of Non-Destructive Testing and Semi-Destructive Testing methods. The results showed, that there is a strong relationship between presence of water in the sheath and initiation of cracks. Assuming, that expansion pressure of freezing water in sheath is the cause of initiation of cracks, the experimental and analytical study was carried out. The obtained results allowed to clarify the mechanism of cracks' initiation and to conduct risk assessment of the existing bridges with cracks along PC cables.

### Key words:

PC bridges, Crack initiation along the PC cables, Water inside sheaths, Expansion pressure of freezing water, Latent heat, Maintenance

### 1 緒 言

国内に架橋されている PC 橋のうち最も多いのは、ポストテンション方式 T けた橋（以下、PCT けた橋と称す）である。玉越ら<sup>1)</sup>の道路橋の定期点検に基づく分析では、PCT けた橋に認められている変状のうち、最も多いのが、主けた下面に発生している橋軸方向のひび割れであり、次いでウェブの主ケーブルに沿ったひび割れの発生頻度が高いと示されている<sup>1)</sup>。これらの軸方向ひび割れは PC グラウト充填不良や PC 鋼材腐食に起因する劣化と考えられ、原因はシース内に滞水した水の凍結膨張圧、プレストレスの横方向ひずみ、グラウト注入圧、コンクリートの乾燥収縮、鋼製シースの腐食膨張圧などが単独あるいは複合的に形成し、顕在化するとされている<sup>2)~5)</sup>。一方、アルカリシリカ反応による劣化（以下、ASR と称す）の場合も軸方向にひび割れが発生するが、前者と比べひび割れ幅が大きく、断面当たりのひび割れ本数が多いことが PC 構造物に現われる ASR 劣化の特徴として知られている。Fig.1 に既設 PCT けた橋の変状事例を示す。この橋梁は寒冷地域に架橋されており、漏水、遊離石灰を伴うひび割れが散見されている。林ら<sup>2)</sup>の研究ではシース内に滞水した水が凍結膨張圧によって、ひび割れが発生することを定性的な実験により明らかにしているが、既設 PC 橋の健全性を外観上で判断するには、凍結膨張圧と軸方向ひび割れの関係やシース周辺のひずみ挙動を定量的に確認する必要がある。一方、PC 構造物の生命線である

PC グラウト充填不良や PC 鋼材腐食に対する健全性を外観上では診断できないリスクを保有している。そのためリスク低減策として予防保全的に専門的な詳細調査を実施することが望ましいとされている<sup>6)</sup>。以上から、橋梁点検の実務者が目視レベルで PC 構造物の健全性を評価する指標が必要であると考えられる。本検討では、PC 構造物特有の軸方向ひび割れとして、シース内に滞水した水の凍結膨張圧に着目して、既設 PCT けた橋における外観変状とシース内の詳細調査、軸方向ひび割れ付近のコンクリート性状を調査して、その結果に基づく PC 橋のリスク評価を行った。また、小型供試体を用いて凍結融解試

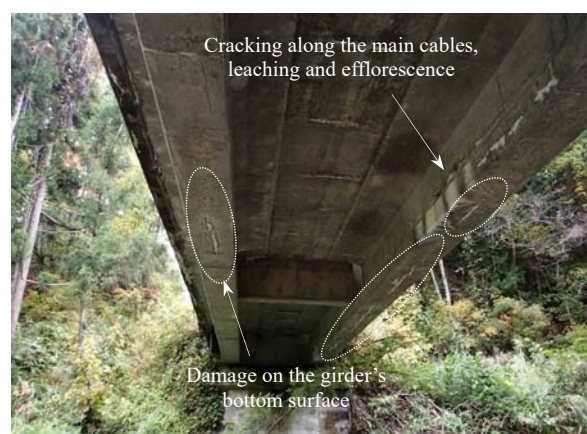


Fig.1 Example of the damaged existing PCT bridge.

† 原稿受理 平成30年 8月10日 Received Aug.10,2018

©2019 The Society of Materials Science, Japan

\* 岩手大学 工学研究科 〒020-8551 盛岡市上田

Graduate School of Engineering, Iwate University, Ueda, Morioka 020-8551.

\*\* 高知工業高等専門学校 ソーシャルデザイン工学科 〒783-8508 南国市物部乙

Department of Social Design Engineering, National Institute of technology, Kochi College, Monobeotsu, Nangoku 783-8508.

\*\*\* 高知工業高等専門学校 建設工学専攻 〒783-8508 南国市物部乙

Department of Environmental Design Engineering, National Institute of technology, Kochi College, Monobeotsu, Nangoku 783-8508.

\*\*\*\* 正会員 岩手大学 理工学部システム創成工学科 〒020-8551 盛岡市上田

Department of Systems Innovation Engineering Faculty of Science and Engineering, Iwate University, Ueda, Morioka 020-8551.

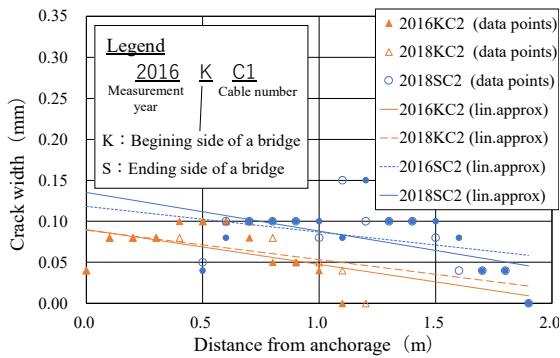


Fig.2 Crack width in 2016 and 2018.

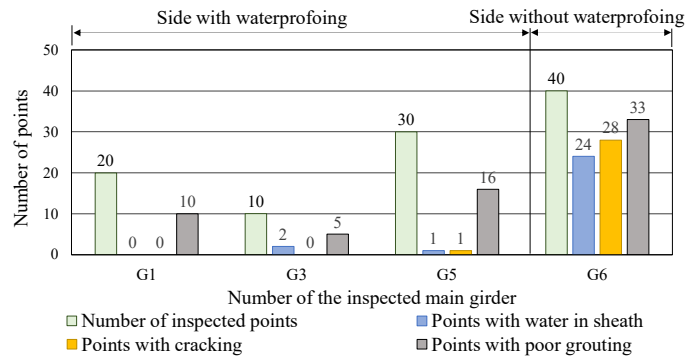


Fig.3 Relationship between presence of water in sheath, grouting condition and cracking.

験および解析を行って、軸方向ひび割れの発生メカニズムを考察するとともに、寒冷地域におけるPC橋のリスク評価を行ったので、その内容について報告する。

## 2 軸方向ひび割れを有する既設PCTけた橋の調査に基づくリスク評価

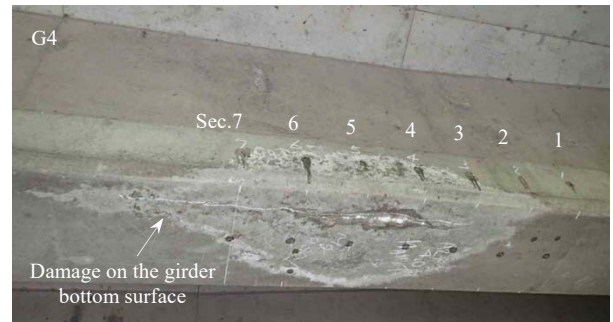
### 2・1 既設PCTけた橋の調査

2・1・1 A橋の調査 過年度に行われた点検業務でASR劣化と認められてなく、軸方向ひび割れが確認された既設PCTけた橋の2橋(A橋, B橋)について実橋を調査しリスク評価を行った。

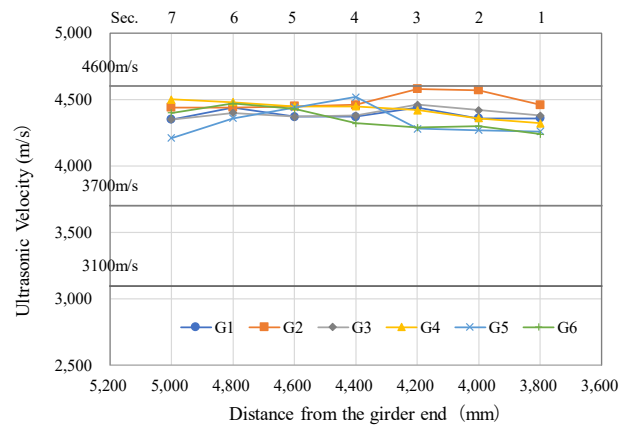
A橋は1975年に架設されたけた長31.2m/径間、幅員11.25m、6主けたの4径間単純PCTけた橋である。調査項目は軸方向のひび割れ幅の測定とシース内のグラウト充填状況、PC鋼材腐食状況、滞水状況を確認した。ひび割れ幅の計測位置は定着部(床版と主けたの付根部)から100mm間隔で2m区間とした。ひび割れの進行性を確認するため2016年と2018年の計測値を比較した。計測方法は、ひび割れ幅にはクラックスケールを、グラウト充填状況は衝撃弾性波法を、PC鋼材腐食と滞水状況はドリル削孔とCCDカメラを用いた。調査箇所数は橋面防水工が施されている車道部のG1, G3, G5けたのうち任意の主ケーブルを6箇所と、橋面防水工が施されていない歩道部のG6けたの主ケーブルを40箇所、合計100箇所の主けたの上縁定着ケーブルを調査対象とした。

Fig.2に代表例としてG6けた両端部C2ケーブルのひび割れ幅の計測結果を示す。2016年と2018年の計測結果はおおむね一致しており、ひび割れの進行は認められなかった。また、PCケーブル定着位置から支間中央部に向かってひび割れ幅は減少傾向にあり、一定の規則性を有していることが判った。

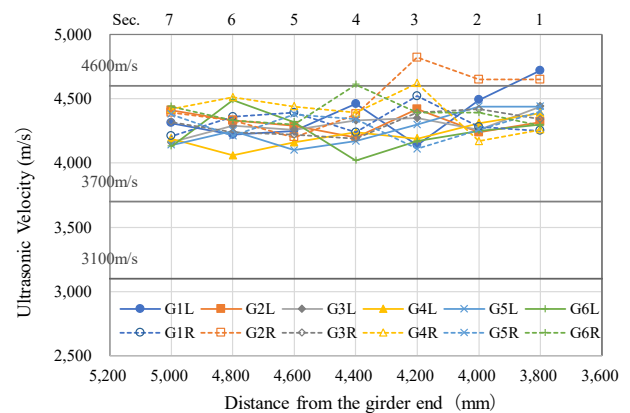
Fig.3にシース内に水が滞水している箇所数(以下、滞水箇所数と称す)、ひび割れ箇所数、グラウト未充填箇所数の調査結果を示す。滞水箇所数は橋面防水工が施されているG1, G3, G5けた(以下、防水有側と称す)では調査箇所数60箇所に対し滞水箇所数は3箇所(滞水割合=滞水箇所数/調査箇所数×100=5%)であり、橋面防水工が施されていないG6けた(以下、防水無側と称す)は、調査箇所数40箇所に対し滞水箇所数は24箇所(滞水割合60%)であった。橋面防水工が施されている場合、滞



(a) Cracking condition (G4)



(b) Case-1: The symmetry method



(c) Case-2: The angle beam method

Fig.4 The result of ultrasonic testing.

水割合が小さいことから橋面防水工は重要であり、シース内の滞水に対して、有効なリスク低減策であることが

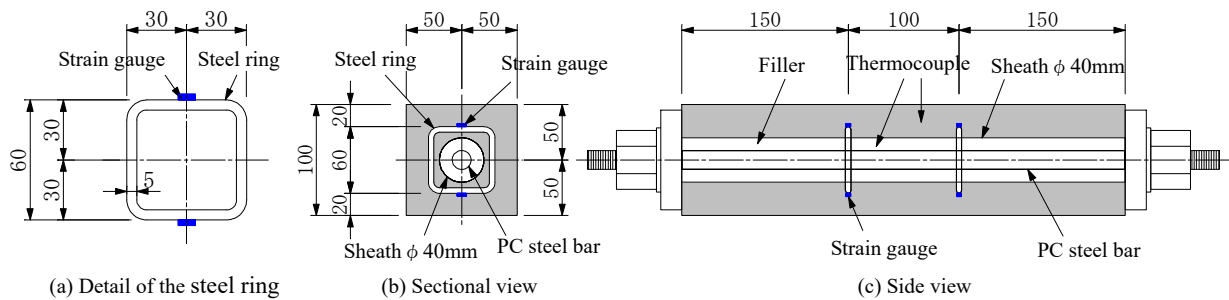


Fig.5 General view of the specimen.

確認できた。

滞水とひび割れの関係は、滞水割合が5%の防水有側では滞水箇所数2箇所うちひび割れ箇所数1箇所であり、滞水箇所数とひび割れ箇所数がともに少ないが、滞水箇所にひび割れが発生している。一方、滞水割合60%の防水無側では滞水箇所数24箇所、ひび割れ箇所数28箇所であり、防水無側では滞水していない箇所においても若干ひび割れは認められるが、滞水箇所数、ひび割れ箇所数ともに多い傾向を示している。以上からシース内の滞水とひび割れの関係性は強いと考えられる。

ひび割れとグラウト未充填の関係は、防水有側のひび割れ箇所数は1箇所であり、調査箇所数60箇所に対しグラウト未充填箇所は31箇所(未充填割合=グラウト未充填箇所数/調査箇所数×100=52%)であった。ひび割れ箇所数が1箇所と少なくとも未充填割合が52%と多く認められた。一方、防水無側ではひび割れ箇所数が28箇所とひび割れ箇所数が多くなると、調査箇所数40箇所に対しグラウト未充填箇所が33箇所(未充填割合83%)と多いことから、グラウトとひび割れの関係性は弱いと考えられる。軸方向ひび割れの有無は、グラウトより滞水の影響の方が強い関係があると考えられることから、後述する試験の要因として、シース内の水の充填量とひび割れの間を考慮することとした。

**2・1・2 B橋の調査** B橋は1980年に建設された橋長25.5m、幅員10.0m、6主けたの1径間単純PCTけた橋である。Fig.4(a)に示す軸方向ひび割れ付近のコンクリート性状について超音波法を用いて判定した。測定方法はCase-1として主けた下フランジの両側側面が対面となるようセンサを挟んで配置する対称法と、Case-2として主けた下フランジ側面と主けた下面を対面とし、センサを挟んで斜めに透過させる斜角法の2種類の配置方法にて測定を行った。測定位置は橋軸方向ひび割れ区間(Sec.2~7)と、外観上、健全な箇所(Sec.1)を選定して、測定区間はけた端部から3.8m~5.0m、測定間隔は200mmピッチ、1けた桁当たり7箇所とした。なお、コンクリート品質の評価方法は、超音波パルス伝ば時間の標準測定方法<sup>8)</sup>にて評価した。

Fig.4(b)にCase-1対称法による調査結果を、Fig.4(c)にCase-2斜角法による調査結果を示す。すべての測点および計測方法において4000m/s以上の伝ば速度であり、超音波パルス伝ば時間の標準測定方法<sup>8)</sup>の指標では「Generally

Table1 Experiment parameters.

Parameter		Sheath	Steel bar in sheath	Water in sheath
Specimen	Type-1	φ 40mm	—	0%
	Type-2	φ 40mm	—	100%
	Type-3	φ 40mm	φ 22mm	71%
Temperature cycle		Step-1	-5~20°C	5 cycles
		Step-2	-15~20°C	5 cycles

good (良)」以上の結果となった。超音波法はコンクリート内部に欠陥が存在する場合、発信した弾性波が欠陥部分を迂回して受信側に到達するため、伝ば速度は低下するが、健全な箇所(Sec.1)と外観上不具合な箇所(Sec.2~7)を比較しても、大きな伝ば速度に差は認められなかった。つまりB橋において外観上、セメント水和物の溶出が認められるひび割れでも、コンクリート自体には著しい劣化は認められず、現時点では、健全箇所と同等な健全性(密実性)を有していると考えられる。

## 2・2 調査結果に基づくリスク評価

**2・2・1 建設年次のリスク評価** 調査対象としたA橋は1975年、B橋は1980年に建設されたPCTけた橋である。一般に建設時期が古いPC橋は経年の影響を受け、古い橋梁ほど健全度が劣る傾向が示されている。また、グラウト技術が未熟であったことなどから、完全にグラウトが充填されていない可能性を有していると指摘されている<sup>9)</sup>。建設年次からA、B橋共通のリスクを評価すると以下の通りとなる。

- (1) グラウト材料のブリージング、グラウトの先流れ現象など、品質管理や施工管理が原因でグラウト充填不足のリスクが高く、PC鋼材が腐食し、破断した場合、著しく耐荷性能が低下する。
- (2) 鋼製シースの空隙率が小さいことによるグラウト充填不足や鋼製シースの腐食に対するリスクが高いため、グラウト充填不足がある場合、シースへの水の侵入と凍結融解の繰り返しにより、耐久性能が低下する(ひび割れが進展する)。
- (3) 1990年以前までに建設されたPCTけた橋は、上縁定着ケーブルを有するため、主けた天端の定着部から水が侵入すること、定着部のあと処理の不具合などのリスクを保有しているため、グラウト充填不足がある場合、PC鋼材腐食や破断に至ると耐荷性、耐久性能が低下する。

2・2・2 A 橋のリスク評価 A 橋の調査結果からリスク評価すると以下の通りとなる。

- (1) 橋面防水工がシース内への侵入に対して有効な抑止対策であるため、橋面防水工を施していない場合はシース内に水が滞水するリスクが高いと言える。
- (2) シース内の滞水と軸方向ひび割れの強い関係性を有することが確認できたことから、軸方向ひび割れが認められた場合、滞水に対するリスクが高いと言える。
- (3) 軸方向ひび割れは、定着位置から支間中央部に向かってひび割れ幅は減少傾向にあることから、定着部付近から劣化するリスクが高いと言える。

2・2・3 B 橋のリスク評価 B 橋の調査結果からリスク評価すると以下の通りとなる。

- (1) 超音波法による調査の結果、外観上、不具合箇所において、コンクリート自体は健全性を有していることが確認できたが、そのままにしておくと、今後、さらにシース内へ水が侵入し、凍結融解が繰り返されると、ひび割れが進展するため、そのリスクが高いと考えられる。
- (2) B 橋ではグラウト充填、PC 鋼材腐食状況に関する調査が実施されていないことから、建設年次によるリスク評価の通り、PC 鋼材腐食、破断に対してリスクを保有していると言える。

2・2・4 リスク評価のまとめ A, B 橋は 1980 年以前に建設された PCT けた橋のため①グラウト充填不足、②シース内への水の侵入に対するリスクが高いと言える。詳細調査からは③橋面防水工が施されていない場合と、④軸方向ひび割れが認められた場合は、シース内に滞水を有するリスクと、⑤定着付近から劣化するリスク、⑥遊離石灰を伴うひび割れを放置しておくこととひび割れが進展し、凍結防止剤散布による塩害、PC 鋼材腐食、破断に対するリスクが高いと言える。リスク低減するためには、早期にシース内への水の侵入を防ぐための防水工、グラウト充填不足箇所の再注入など補修を施すことが必要であると考えられる。

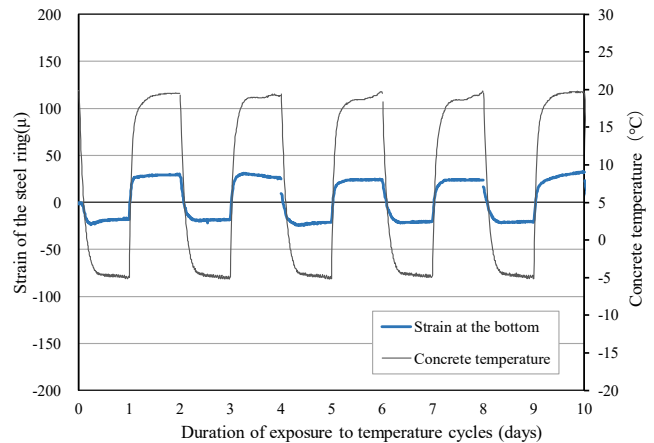
### 3 小型供試体による凍結融解試験

#### 3・1 試験要因

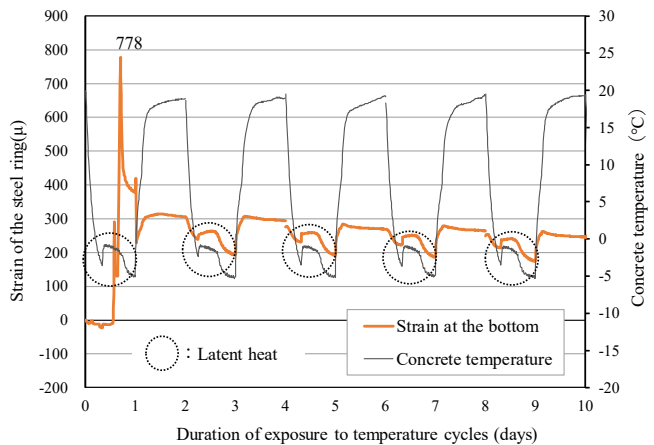
凍結融解試験の要因を Table1 に示す。シースかぶり(以下「i」と表記)とシース径(以下「d」と表記)は、林ら<sup>2)</sup>のひび割れ発生時の内圧と  $i/d$  の関係は  $i/d$  が 0.5 以下の場合には、ひび割れ発生時の内圧と  $i/d$  の直線関係が認められないとの研究成果を参考に  $i/d=0.75$  に設定した。シース径と PC 鋼材の関係は、実橋にあわせてシースに占める PC 鋼材率(シースの空洞断面積に占める PC 鋼材断面積の割合)を 29.0%に設定した。シース内に充填する水の量は、既設 PCT けた橋の調査結果より滞水量とひび割れの影響を確認するため、水充填度 0%、水充填度 100%、水充填度 71%の 3 種類とし、水充填度 71%はシース内に PC 鋼材を配置させることによって調整した。なお、供試体は 1 要因につき 1 体とした。

#### 3・2 供試体諸元

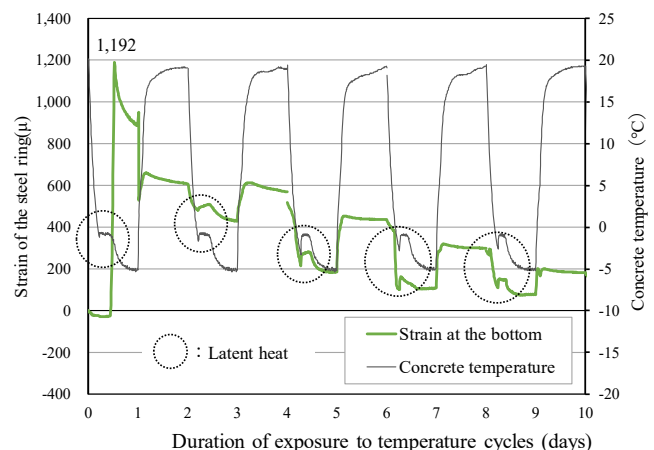
供試体一般図を Fig.5 に示す。供試体は 100mm×100mm×400mm の角柱供試体とした。鋼材  $\phi 22$ mm, シースは直径  $\phi 40$ mm, 鋼板厚 0.25mm のものを供試体断面中心に配置し、実橋で使用されている普通鋼板の鋼製シースを用いた。コンクリートの配合は、西ら<sup>5)</sup>、鈴木ら<sup>7)</sup>の研究を参考に 1970 年代に架設された PCT けた橋(設計基準強度 40N/mm<sup>2</sup>)を想定して水セメント比を 40%とした。内部ひずみを測定するためのひずみゲージの配置は、鈴木ら<sup>7)</sup>の実験を参考に、鋼製シース周辺に鋼製リングを 2 断面



(a) Type-1



(b) Type-2



(c) Type-3

Fig.6 Strain and concrete temperature.

設置し、1リングにつき上下辺に1枚ずつの合計2枚を設置した。また、コンクリートとシース内部の温度を測定するため1箇所ずつ供試体の中央部に熱電対を配置した。

### 3・3 試験方法と測定項目

供試体の養生は材齢3日までを湿布養生とし、その後の材齢3日以降は空中養生とした。ひずみ測定はコンクリート材齢41日に開始した。冷却装置は市販の冷凍庫(庫内温度「-20~8℃」、有効内容量1460)を使用した。凍結融解温度とサイクルは、道路橋示方書の支承移動量の設計に用いる温度変化「-5~35℃」を目安として、Step-1は「-5~20℃を5サイクル」、Step-2は「-15~20℃を5サイクル」の2ステップに設定し、供試体内部のコンクリート温度にて温度管理を行った。

### 3・4 測定項目

鋼製リングに取り付けたゲージにてひずみを、コンクリート内とシース内に配置した熱電対にて温度を測定した。凍結によるひずみ測定は10分毎にひずみを測定し、ひずみゲージの測定値の平均値を凍結によるひずみとし、温度とひずみの関係を観察した。

### 3・5 試験結果

凍結融解試験は、Step-1 (-5~20℃を5サイクル)、Step-2 (-15~20℃を5サイクル)のひずみと温度の測定を行った。本試験では鋼製リングに貼り付けた上下側のひずみゲージの値を上下側毎に2断面の値の平均値を横方向ひずみとした。Fig.6に下側の横方向ひずみ、コンクリート温度と経時変化の関係を示す。なお、「-」は圧縮、「+」は引張を示している。Type-1はシース内が空(水充填度0%)のため、温度変化に伴ってコンクリートとシース内および周辺のひずみは同様な挙動を示し、温度の低下に伴って圧縮側に、温度が上昇するに従って引張側に移行している。一方、シース内に水を充填しているType-2, 3では、1サイクル目の温度0℃以下になると急激に引張ひずみが生じ、Type-2では最大値778 $\mu$ 、Type-3では最大値1192 $\mu$ の横方向ひずみが生じた。この1サイクル目にType-2, 3とも供試体下側にひび割れが発生した。後述するシースに管内等方圧力を載荷させた解析では、横方向ひずみが740 $\mu$ となり、Type-2の実験値とほぼ一致している。一方、Type-3では実験値の方が大きな値を示しているがType-3ではシース中心にPC鋼棒を配置しているため、PC鋼棒の熱伝導の影響によりシース内の水がPC鋼棒からも冷やされType-2とは異なる凍結メカニズムであったと考えられる。2サイクル以降のType-2, 3の横方向ひずみは1サイクル目の挙動とは異なり、Type-1と同様、温度の低下に伴って圧縮側に、温度が上昇すると引張側に移行する挙動を示した。これは軸方向ひび割れが生じたことで、2サイクル以降はひび割れ付近の応力分布が変化したと考えられる。一方、2サイクル以降の1サイクル当たりの変動量はType-1と比べType-2, 3は約2~4倍大きな値であった。また、Fig.6(b), (c)に示すように温度が0℃以下になり、シース内の水が氷に相変化する際に潜熱

Table2 Material properties.

Parameter	Unit	Concrete	Sheath	Anchor plate	Steel ring
Elastic modulus	N/mm <sup>2</sup>	31,000	200,000	200,000	200,000
Linear expansion coefficient	$\mu/^\circ\text{C}$	10.0	12.0	12.0	12.0
Poisson ratio	-	0.20	0.30	0.30	0.30

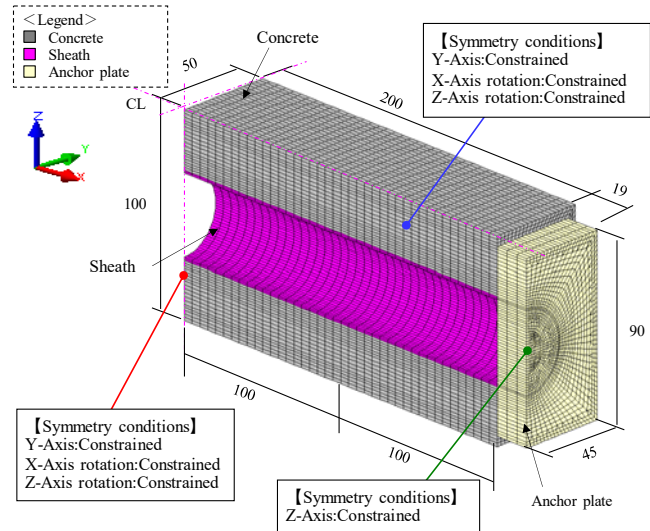


Fig.7 Analysis model.

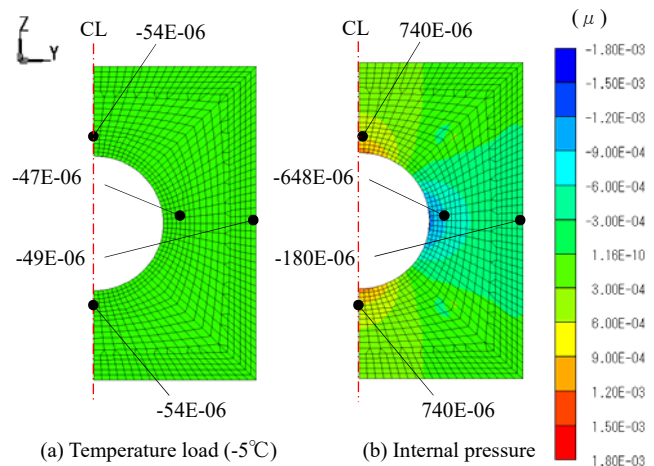


Fig.8 Strain in the Y-axis direction (Sectional View).

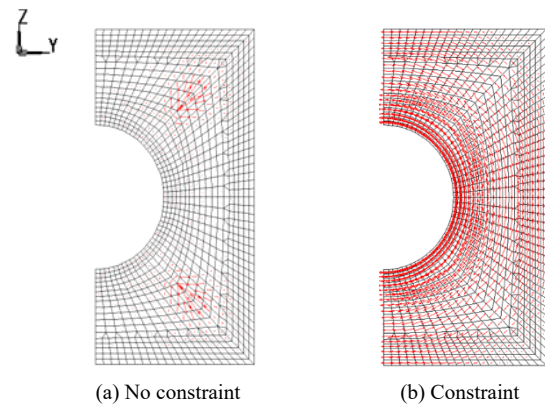


Fig.9 Vector diagram of Principal Stress (Sectional View).

の事象が確認できた。この時、温度低下によるコンクリートの収縮ひずみをシースが拘束して引張ひずみが生じ

ると考えられる。このように軸方向ひび割れが入った 1 サイクル目と 2 サイクル以降では異なった挙動を示すことが判った。

#### 4 弾性解析による検討

##### 4・1 検討方法

凍結膨張圧によるひずみ性状を把握する目的で 3 次元ソリッドモデルによる弾性温度解析を用いて、ひずみ、主応力の算出を行った。Fig.7 に解析モデルを示す。解析モデルは供試体の形状寸法を再現して、部材軸方向、部材直角方向の対称性を考慮した 1/4 モデルとした。なお、シースおよび鋼製リングは部材として考慮した。解析に用いる材料特性値を Table2 に示す。部材の拘束条件は対称面で部材軸方向、部材軸直角方向の Y 方向、X 軸回り、Z 軸回りと、支圧板中心点の Z 方向を拘束とした。

検討内容は、供試体 Type-2 の 1 サイクル目の挙動を再現するため、追分ら<sup>10)</sup>の研究を参考に $-5^{\circ}\text{C}$ で  $58\text{N}/\text{mm}^2$ の管内等方圧力をシース内に載荷する検討を実施した。また、Type-2、3 の 2 サイクル以降の挙動が 1 サイクル目と異なった挙動を示したことから、シース内の水が凍結することで水およびシースが膨張し、シースがコンクリートの収縮を拘束するものと仮定したケース（以下、シース拘束有りと呼ぶ）と、シース内に水が無い場合、温度低下によってコンクリートとシースは一体となって収縮するため、シースがコンクリートの収縮を拘束しないケース（以下、シース拘束無しと呼ぶ）の 2 ケースを設定して、 $-5^{\circ}\text{C}$ の温度荷重を部材に載荷する検討を実施した。

##### 4・2 解析結果

温度荷重と凍結膨張圧による横方向ひずみ（Y 軸方向）の解析結果を Fig.8 に示す。Fig.8(a)では $-5^{\circ}\text{C}$ の温度荷重を載荷すると、コンクリートとシースが一体となって収縮するため、断面均等に $-54\mu$ の圧縮ひずみが生じ、水が無い場合ひび割れが発生しない。一方、Fig.8(b)の凍結膨張圧による横方向ひずみはゲージ位置で  $740\mu$ の引張ひずみが生じており、Type-2 の 1 サイクル目の実験値  $778\mu$  と概ね一致していたことから、シース内の水が凍結するとシース内に  $58\text{N}/\text{mm}^2$ 程度の管内等方圧力が作用し、ひび割れが発生することが判った。

Fig.9 にシース拘束の有無による温度荷重 $-5^{\circ}\text{C}$ 載荷した場合のベクトル図を示す。Fig.9(a)のシース拘束が無しの場合、コンクリートとシースが一体となって収縮するため、円周方向に引張力は発生しない。一方、シース拘束が有りの場合、Fig.9(b)のようにシース円周方向に引張力が発生する。

このようにシースの拘束条件によってシース周辺の応力分布が異なり、Type-2、3 の 2 サイクル以降の挙動は、温度低下では圧縮側に、温度上昇では引張側にひずみ、シース内の水が凍結する時には潜熱が発生し、コンクリートの収縮ひずみをシースが拘束してシース周辺に引張ひずみが生じると考えられる。

##### 4・3 ひび割れ発生メカニズムの考察

凍結融解実験から 1 サイクル目にコンクリート温度  $0^{\circ}\text{C}$  以下になると急激に横方向に引張ひずみが生じ、供試体下側にひび割れが発生した。この時の実験値  $778\mu$ 、解析値  $740\mu$  とほぼ一致しており、シースに  $58\text{N}/\text{mm}^2$ 程度の管内等方圧力が作用したと考えられる。これらのことから、シース内の水が凍結し体積膨張による内圧が生じてひび割れが発生したと考えられる。

シース拘束有りの温度解析結果、凍結時の潜熱の影響から、2 サイクル以降は 1 サイクル目の挙動とは異なり、シース内の水が凍結する時にコンクリートの収縮ひずみをシースが拘束して引張ひずみが生じ、これが繰り返されることでひび割れが進展すると考えられる。

##### 4・4 実験、解析結果からのリスク評価

実験、解析結果からリスク評価を以下に示す。

- (1) 小型供試体のように密閉した管内に水が充填している場合、その中の水が凍結すると、膨張して、初期の段階にひび割れが発生するため、実橋においてシース内に水が滞水していると、軸方向ひび割れが生じるリスクが高いと言える。
- (2) 凍結融解が繰り返されると、ひび割れが進展するリスクが高いと考えられる。
- (3) 寒冷地区の既設 PCT けた橋では、上記(1)、(2)のリスクに加え、凍結防止剤が散布される地域では、シース内の鋼材腐食に対するリスクを保有する。

#### 5 結 言

既設 PCT けた橋の調査と小型供試体を用いた凍結融解試験、解析を行った結果、以下のことが得られた。

- (1) 1980 年以前に建設された PCT けた橋ではグラウト充填不足、シース内への水の侵入に対するリスクが高い。
- (2) 詳細調査から、橋面防水工が施されていない場合や、軸方向ひび割れが認められた場合は、シース内に滞水を有し、定着付近から劣化するリスクが高いと言える。
- (3) 遊離石灰を伴うひび割れを放置しておくとしび割れが進展し易く、凍結防止剤による塩害、PC 鋼材腐食、破断に対するリスクが高いと言える。
- (4) 小型供試体のように密閉した管内に水が充填している場合、その中の水が凍結すると、初期の段階にひび割れが発生するリスクが高いと言える。
- (5) 凍結融解が繰り返されると、ひび割れが進展するリスクが高いと考えられる。
- (6) 既設 PCT けた橋で凍結防止剤が散布される寒冷地域ではシース内の鋼材腐食に対するリスクを保有する。
- (7) リスク低減策として、シース内への水の侵入の防止、PC 鋼材の腐食防止のためグラウト充填不足箇所の再注入などが、PCT けた橋の長寿命化を図るための重要な対策であると言える。

#### 参 考 文 献

- 1) T. Tamakoshi and M. Okubo, "Utilizing inspection data for road structures group management", Civil Engineering Journal, 53-12, pp.18-21 (2011).

- 2) M. Hayashi, "Experimental study on the grout for Post-Tensioned prestressed concrete members", Report of the Civil Engineering Research Institute No.29 (1962).
- 3) S. Kobayashi, M. Nakanishi, Y. Kitano and H. Homma, "Analytical study on causes of crack along duct in web of PCT girder", Proceedings of the 23th Symposium on Developments in Prestressed Concrete, pp91-94 (2014).
- 4) Y. Sakurai, Y. Kunitomi, H. Taniguchi and Y. Kimura, "Analytic Examination on the factor that causes longitudinal cracks at the lower side of PCT girder", Proceedings of the 23th Symposium on Developments in Prestressed Concrete, pp85-90 (2014).
- 5) H. Nishi, T. Kondo, A. Nakatani and H. Onishi, "Influence of sheath diameter and cover depth on crack due to corrosion of PC member", Proceedings of the Japan Concrete Institute, Vol39, No.2, pp.1267-1272 (2017).
- 6) Japan Prestressed Concrete Contractors Association, "Guidelines for inspection of prestressing steels and repair & strengthening of existing bonded post-tensioned concrete bridge" (2016).
- 7) Y. Suzuki, T. Kondo, T. Yamamoto and T. Miyagawa, "An experimental study on corrosion of sheath on in PC members and crack of concrete surface", Proceedings of the Japan Concrete Institute, Vol33, No.1, pp.1091-1096 (2011).
- 8) Japan Concrete Institute, "Standard method for measurement (tentative plan) of the supersonic wave pulse communication speed", pp269-276 (2004).
- 9) S. Kobayashi, Y. Kitano, T. Hanai and Y. Kimura, "The effect of grout filling condition on corrosion of prestressing steel", Proceedings of the 21th Symposium on Developments in Prestressed Concrete, pp443-448 (2012).
- 10) S. Oiwake and K. Kanayama, "Strains and failure of pipes filled with water and sealed at ends as water freezes and expands", Memoirs of the Kitami Institute of Technology