

## ポリエチレン製シースを用いたPC橋の緊張時期に関する一考察

プレストレスト・コンクリート建設業協会 正会員 ○天谷 公彦  
 プレストレスト・コンクリート建設業協会 正会員 博士(環境) 二井谷教治  
 プレストレスト・コンクリート建設業協会 正会員 北野 勇一

キーワード：PEシース，すり減り抵抗性試験，コンクリート温度，緊張時期

### 1. はじめに

ポリエチレン製（以下、PE）シースを用いたプレストレストコンクリート（以下、PC）橋にてPC鋼材を緊張すると、曲げ配置区間のシース壁面にPC鋼材の腹圧力が作用する。同時に、PC鋼材がシース壁面を滑りながら移動することで、シースにすり減りが生じて肉厚が減少する。PEシースは高温環境下で損傷に対して敏感となるため、水和熱の影響でコンクリート温度が高い状態で緊張作業を行うと、PEシースに破れなどの損傷が発生し所要の遮蔽性能が発揮できない可能性がある。

現在市販されているPEシースは、「PEシースを用いたPC橋の設計施工指針（案）」に基づいたすり減り抵抗性試験が行われており、50℃以下の環境下での緊張作業であれば所定の残留肉厚を確保できることが確認されている<sup>1)</sup>。その一方で、PC橋のシース周辺のコンクリート温度が50℃以下となる条件（以下、緊張可能材齢）を整理したデータなどは示されていない状況にある。

これらの背景から、（一社）プレストレスト・コンクリート建設業協会（以下、PC建協）にて、コンクリートが高温になることが予測される構造のPC橋の温度解析結果を収集し、シース周辺のコンクリート温度の傾向について分析を行った。さらにこれらのデータを活用し、PEシースを用いたPC橋の緊張材齢を設定する際の参考となる「PC橋におけるシース周辺のコンクリート温度に関する資料」を作成した。本稿では、この資料の概要と要点について報告する。

### 2. アンケート調査の概要

#### 2.1 アンケート調査の実施方法

アンケート調査は、PC建協の会員会社を対象とし、PC鋼材の緊張時にシース周辺のコンクリート温度が50℃を超えるおそれのある下記の構造・部位に関して実施した。

- ・箱桁橋（張出し架設）の柱頭部および側径間の主ケーブルおよび横締めケーブル
- ・箱桁橋（固定支保工架設）の主ケーブル
- ・中空床板橋（固定支保工架設）の主ケーブル

#### 2.2 アンケート調査の回答数と調査範囲

アンケート調査の回答数と調査範囲（養生方法、セメントの種類、設計基準強度、水セメント比W/Cなど）の情報を表-1に示す。主ケーブルに関しては、張出し架設工法で40橋梁42部位、固定支保工架設工法で25橋25部位の回答が、横締めケーブルに関しては34橋44部位の回答が得られた。また、得られた回答は、設計基準強度が36または40N/mm<sup>2</sup>のものが大部分を占めた。

表-1 アンケート調査の回答数と調査範囲

対象ケーブル	架設工法	アンケート回答数		養生方法	セメント種類	設計基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )	W/C (%)	単位水量W (kg/m <sup>3</sup> )	単位セメント量C (kg/m <sup>3</sup> )
		橋梁	部位						
主ケーブル	張出し架設	40	42	湿潤養生、クーリング養生	早強、普通	40 ~ 45	35.0 ~ 47.0	148 ~ 174	345 ~ 471
	固定支保工架設	25	25	〃	〃	36 ~ 50	33.5 ~ 50.0	146 ~ 175	337 ~ 451
横締めケーブル	—	34	44	〃	〃	36 ~ 50	35.0 ~ 47.0	148 ~ 174	344 ~ 471

### 3. アンケート調査の結果

#### 3.1 コンクリート温度の解析値と実測値の比較

コンクリート温度の解析値と実測値を比較した結果を表-2に示す。表中のH高架橋の解析値は、コンクリート温度などの与条件を実測値に合わせた事後解析の結果を示している。

解析値と実測値を比較すると、コンクリートの最高温度はよく一致していたが、最高温度に達するまでの日数やコンクリート温度が50℃以下になるまでの日数には若干の差が認められた。ただし、今回示した解析値は実測値よりもそれぞれの期間が長くなる傾向であり、PC鋼材の緊張時期を設定するうえで温度解析は有効と考えられる結果であった。

表-2 コンクリート温度の解析値と実測値の比較

橋梁概要			対象部位	配合		養生方法	コンクリート温度(℃)		最高温度 日数	50℃以下 日数	データの 種類	備考
橋名	構造形式	架設工法		設計条件	W/B (%)		打込み時	最高温度				
O橋	PC2径間連続 ラーメン箱桁橋	張出し架設	柱頭部 上床版	40-12-20N	42.0	パイプクーリング	19.5	73.2	1.8	5.2	解析値	
							25.0	76.0	1.0	4.0	実測値	
H高架橋	PC4径間連続 中空床版橋	固定支保工 架設	中間支点 横桁	36-12-20H	41.0	パイプクーリング	25.0	77.6	0.9	2.4	解析値	事後解析
							23.6	77.0	0.5	1.7	実測値	

#### 3.2 コンクリートの最高温度および打込み時のコンクリート温度が緊張可能材齢に及ぼす影響

シース周辺のコンクリート温度は、水和熱の影響によるコンクリートの最高温度（最高温度）、打込み時の外気温やコンクリートの温度、部材寸法、セメントの種類などの影響を受けると考えられる。そこで、張出し架設工法において早強セメントを用いた場合の“最高温度と緊張可能材齢の関係”、“打込み時のコンクリート温度と緊張可能材齢の関係”について、その傾向を調査した。それぞれの関係を図-1、図-2に示す。なお、図中の実線と点線は、それぞれ湿潤養生とクーリング養生のデータの近似直線を示している。

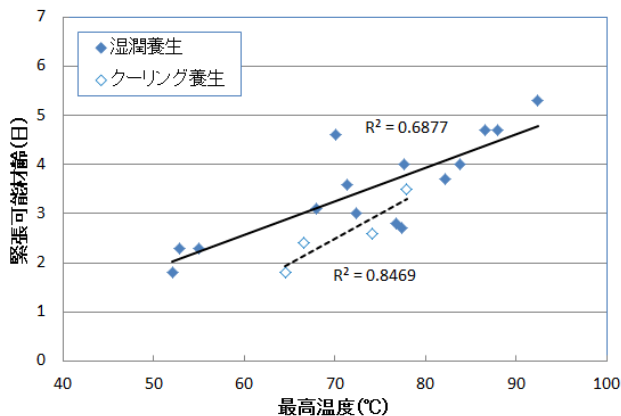


図-1 最高温度と緊張可能材齢の関係の例

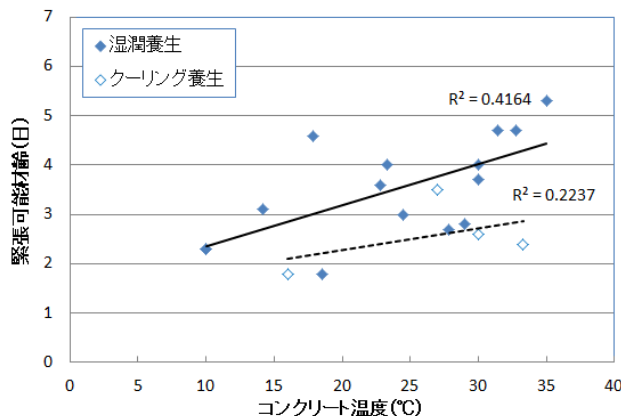


図-2 コンクリート温度と緊張可能材齢の関係の例

最高温度と緊張可能材齢の関係に着目すると、湿潤養生、クーリング（パイプクーリングまたはエアクーリング）養生のいずれにおいても、最高温度が高くなるほど緊張可能材齢も長くなる傾向であった。一方、打込み時のコンクリート温度と緊張可能材齢の関係に着目すると、両者の関係に一定の傾向はみられるが、最高温度と緊張可能材齢の関係と比較するとばらつきの大きい結果であった。とくにクーリング養生は、冷却方法が緊張可能材齢に影響していることから、打込み時のコンクリート温度から緊張可能材齢の推定精度を高めることは難しいと考えられた。一方、湿潤養生に関しては部材寸法の影響を考慮することにより、打込み時のコンクリート温度から緊張可能材齢の推定精度を高めることができると考えられた。そこで以下にて、コンクリート温度と部材寸法が主ケーブルおよび横締めケーブルの緊張可能材齢に及ぼす影響について検討した。

### 3.3 主ケーブルの周辺の打込み時のコンクリートが緊張可能材齢に及ぼす影響

#### (1) 張出し架設

張出し架設工法におけるコンクリート温度およびリフト高さとの緊張可能材齢の関係を図-3に示す。

早強セメントを用いた場合、コンクリート温度が10℃以下の場合には緊張可能材齢が3日以下に、10℃を超え30℃以下であれば緊張可能材齢が5日以下となる結果であった。また、リフト高さを700mm以下とした場合に、コンクリート温度によらず緊張可能材齢が3日以下となった。なお、緊張可能材齢の最大値は5.3日であった。

普通セメントを用いた場合、コンクリート温度が15℃以下で緊張可能材齢が4日以下となった。また、リフト高さが650mm以下の場合に、コンクリート温度によらず緊張可能材齢が3日以下となった。緊張可能材齢の最大値は5日となり、早強セメントを用いた場合よりも若干短くなる傾向であった。

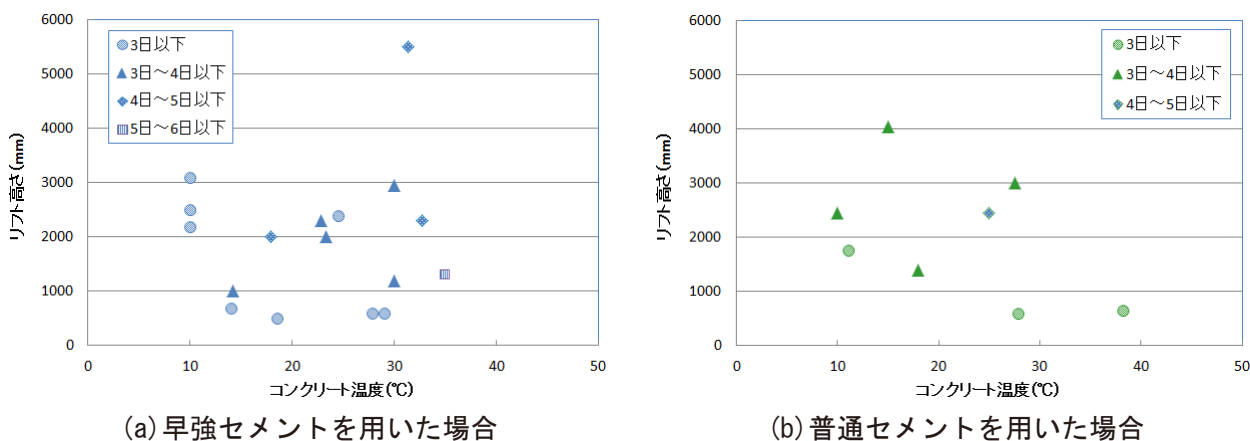


図-3 コンクリート温度およびリフト高さとの緊張可能材齢の関係 (張出し架設)

#### (2) 固定支保工架設

固定支保工架設におけるコンクリート温度およびリフト高さとの緊張可能材齢の関係を図-4に示す。

固定支保工架設のリフト高さは概ね1000~2000mmの範囲に分布しており、この範囲において早強セメントを用いた場合、コンクリート温度が15℃以下の条件で緊張可能材齢が4日以下となった。15℃を超える場合は、コンクリート温度の変化が緊張可能材齢に及ぼす影響は小さく、4~6日以下に多く分布する結果であった。普通セメントを用いた場合のデータは1点のみであり、緊張可能材齢は6日以下であった。

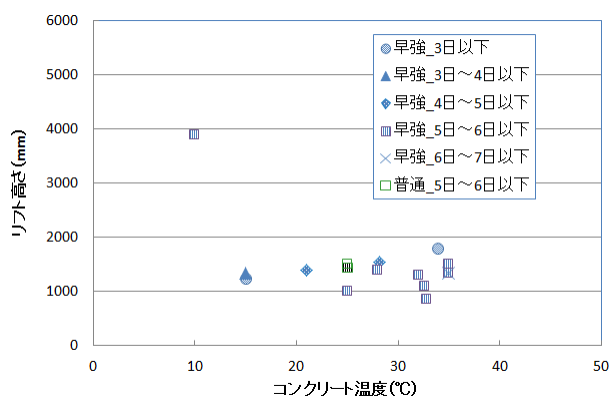


図-4 コンクリート温度およびリフト高さとの緊張可能材齢の関係 (固定支保工架設)

### 3.4 横締めケーブルの周辺の打込み時のコンクリートが緊張日数に及ぼす影響

#### リフトが緊張日数に及ぼす影響

横締めケーブルのコンクリート温度およびリフト高さとの緊張可能材齢の関係を図-5に示す。

床版横締めケーブルに関しては、コンクリート温度が10℃以下の場合、またはリフト高さが600~650mm程度以下の場合に緊張可能材齢が3日以下となった。緊張可能材齢の最大値は、早強セメントを用いた場合で4.7日、普通セメントを用いた場合で4.0日となり、主ケーブルと比較するとコンクリート温度が低下しやすい傾向であった。

横桁横締めケーブルに関しては、サンプル数が少なく特に傾向は得られなかった。ただし、リフト

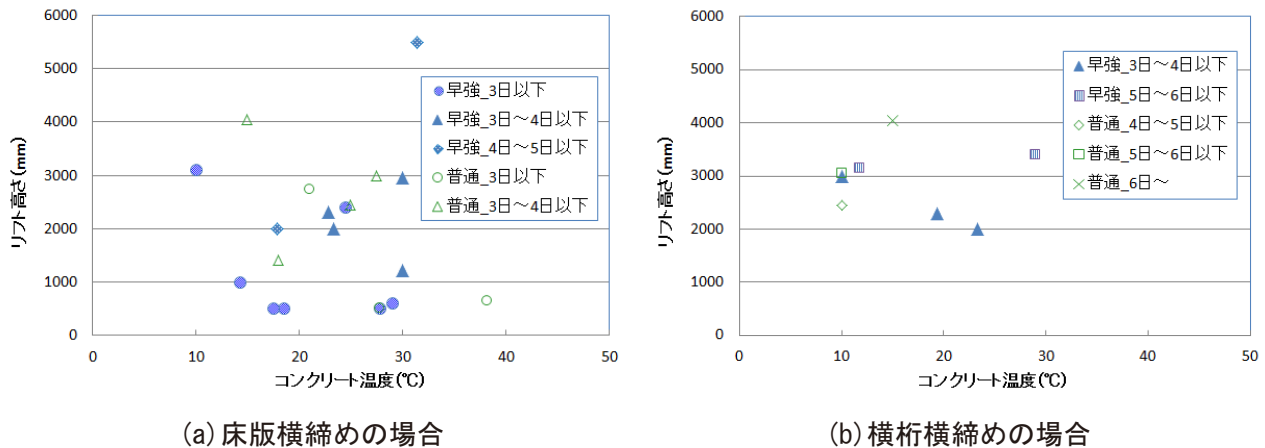


図-5 横締めケーブルのコンクリート温度およびリフト高さとの緊張可能材齢の関係

高さが大きい場合が多いと想定され、緊張可能材齢は4日～6日程度になるケースが多いと考えられる。

#### 4. PEシーすを用いたPC橋の緊張時期に関する考察

シーす周辺のコンクリート温度に関するアンケート調査にて得られた知見を以下に示す。

##### 1) 温度解析値による緊張可能材齢の推定精度

- 温度解析の解析値と実測値の比較により、コンクリート温度や外気温などの条件を正確に与えることで、コンクリートの最高温度や温度履歴を精度良く推定できることが分かった。よって、本調査範囲から諸条件が外れる構造においても、与条件を実測値に合わせた温度解析結果を用いることで、適切なPC鋼材の緊張時期が推定可能と考えられる。

##### 2) 主ケーブル位置の打込み時のコンクリートが緊張可能材齢に及ぼす影響

主ケーブルの緊張作業は、下記の緊張可能材齢の傾向を参考として決定するのがよいと考えられる。

- 張出し架設の柱頭部は、“リフト高さが650～700mm程度以下の場合”と“コンクリート温度が10℃以下かつリフト高さが3000mm以下の場合”に、緊張可能材齢が3日以内となった。
- 張出し架設の柱頭部で上記の条件を満たさない場合でも、緊張可能材齢は概ね5日以内であった。
- 固定支保工架設での緊張可能材齢は、コンクリート温度が15℃以下の場合で概ね4日以下、15℃を超える場合で概ね6日以下であった。

##### 3) 横締めケーブル位置の打込み時のコンクリートが緊張可能材齢に及ぼす影響

横締めケーブルの緊張作業は、下記の緊張可能材齢の傾向を参考として決定するのがよいと考えられる。

- 床版横締めケーブルの緊張可能材齢は、“リフト高さが600～650mm程度以下の場合”と“コンクリート温度が10℃以下の場合”に3日以下となり、これらの条件を超える場合でも5日以下であった。
- 横桁横締めケーブルの緊張可能材齢は、床版横締めケーブルよりも長くなる傾向にあり、6日程度を想定するのが妥当と考えられる。

**謝辞** 本稿は、PC建協会員各社を対象としたコンクリート温度に関するアンケート調査の成果をもとに作成した。アンケート調査にご協力頂いたPC建協技術部会の委員各位、PC建協会員各社の担当者各位に深く感謝いたします。

#### 【参考文献】

- (公社)プレストレストコンクリート工学会：PEシーすを用いたPC橋の設計施工指針(案) 参考資料X PEシーすのすり減り抵抗性試験報告,平成27年8月