

氏名	ともんまさなお 外門正直
授与学位	工学博士
学位授与年月日	昭和 56 年 2 月 4 日
学位授与の根拠法規	学位規則第 5 条第 2 項
最終学歴	昭和 44 年 3 月 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻修士課程修了
学位論文題目	ポストテンション方式 PC 橋のプレストレス 減少に関する研究
論文審査委員	東北大学教授 後藤 幸正      東北大学教授 佐武 正雄 東北大学教授 尾坂 芳夫      東北大学教授 倉西 茂

## 論 文 内 容 要 旨

PC 橋のコンクリートに導入されたプレストレスは、時間の経過にもなっている程度まで次第に減少する。PC 橋の設計に際して、プレストレスの減少量を正しく推定することは極めて重要なことであって、これが正しく推定されない場合には、橋の安全性が不足したり、あるいは、不経済な設計となったりするばかりでなく、橋の縦断線形が設計通りにならないおそれがある。

PC 橋のプレストレスが時間の経過にもなっている減少する主な原因は、コンクリートのクリープや乾燥収縮、PC 鋼材のレラクセーションである。

コンクリートのクリープや乾燥収縮によるプレストレスの減少について、室内実験にもとづく研究は数多く行われており、また、PC 実橋での調査・研究もある程度行われているが、コンクリートのクリープや乾燥収縮が、いずれも、気象条件など外的因子の影響を強く受けるばかりでなく、一般に、時間依存の変形であって、通常の気象条件下では、平衡状態に達するのに長い時間を要すること、乾燥が進行する状態で持続応力を受けるコンクリートのクリープひずみと乾燥収縮ひずみとを分離して求めることが不可能であることなどのため、PC 実橋におけるコンクリートのクリープや乾燥収縮によるプレストレスの減少について、十分明らかにされていないことが多い。

また、実際の PC 橋の設計に用いる PC 鋼材のレラクセーションによるプレストレスの減少量を正しく定めるためには、PC 鋼材の引張ひずみが時間の経過にもなっている減少する状態におけ

るレラクセーション率を求めることが必要であって、このためにも、コンクリートのクリープや乾燥収縮について明らかにすることが重要である。

この研究は、PC実橋が置かれる環境と同じ条件のもとでコンクリートの乾燥収縮を求める方法を考案し、構造形式や架設工法の異なる5つのポストテンション方式のPC橋を実験橋として用いて、各種のひずみ、たわみ等を実測し、それらの実験結果にもとずいて、プレストレスの減少に影響する主桁コンクリートの乾燥収縮ひずみやクリープ係数について検討し、合理的なPC橋の設計に役立つ資料を得んとするもので、要約すれば以下の通りである。

## 第1章 緒 論

この章では、PC橋におけるプレストレスの減少量の推定を正しく行うことの重要性、プレストレスの減少に影響をおよぼすコンクリートの乾燥収縮やクリープについて研究することの意義を述べるとともに、これらの問題に関する既往の研究の問題点を概観し、本研究の方針について論じている。

## 第2章 実験に用いたPC橋

この章では、実験に用いた5つのポストテンション方式のPC実橋について、橋の一般形状および寸法、構造形式、架設工法、設計・施工上の諸条件などの概略を述べている。

## 第3章 PC実橋における主桁コンクリートの橋軸方向の “クリープ・乾燥収縮によるひずみ”

ポストテンション方式PC橋の主桁コンクリートに生ずる橋軸方向のひずみは、プレストレスや桁自重などによる応力が作用して生ずる弾性ひずみのほかに、プレストレス導入後、時間の経過にともなって増大するひずみがある。後者の発生原因は、持続応力の作用、コンクリートの乾燥および炭酸化などであって、これらの発生原因によって生ずるひずみは、プレストレスの減少に直接影響するものと考えられる。

そこで筆者は、実験に用いたPC橋の主桁コンクリート中に、あらかじめ、カールソン型ひずみ計を埋設して、主桁コンクリートの橋軸方向のひずみの総量（全ひずみ）を実測するとともに、プレストレス導入、荷重状態変化などによって生ずる主桁コンクリートの橋軸方向の弾性ひずみを実測、あるいは、計算によって求め、全ひずみの値から弾性ひずみの値を差し引いた残りのひずみ量を“クリープ・乾燥収縮によるひずみ”として求め、プレストレス導入直後から材令1800日（約5年）程度までの“クリープ・乾燥収縮によるひずみ”の進行状況を調べ、次のような一般的傾向を明らかにしている。

1. “クリープ・乾燥収縮によるひずみ”は、プレストレス導入後、一般に、時間の経過にともなって増大するが、材令の若い時ほど単年当りの増加量が多い。
2. 材令1500日（約4年）程度経過すると、“クリープ・乾燥収縮によるひずみ”の増加速度は極めて小さくなるが、材令1800日（約5年）程度経過した時点においても、平衡状態に達

しているとは言えず、さらに10～15%程度の進行が予測される。

実験に用いた5つのPC橋のうち、八木山橋および越田橋については、主桁の長さ変化を実測し、主桁の長さ変化測定結果より求めた平均ひずみの値と同じ期間における“クリープ・乾燥収縮によるひずみ”の値とがほぼ一致していることより、両者の妥当性が裏付けられたことを明らかにしている。

#### 第4章 PC橋におけるコンクリートの乾燥収縮

PC橋の主桁コンクリートに生じる“クリープ・乾燥収縮によるひずみ”は、これを発生原因別に分割測定することは難しいが、PC橋の設計において、プレストレスの減少を計算するためには、クリープひずみと乾燥収縮ひずみとを区別して取り扱うことが必要である。

そこで、“クリープ・乾燥収縮によるひずみ”のうち応力が作用しなくても進行する部分を乾燥収縮ひずみとし、残りを持続応力が作用することによって増加するひずみ、すなわち、クリープひずみとして取り扱うこととした。

この章では主桁コンクリートの持続応力を受けない状態における乾燥収縮ひずみを調べるために工夫した独得の方法について述べるとともに、実験に用いた5つのPC橋における主桁コンクリートの乾燥収縮ひずみの実測結果にもとづいて、乾燥収縮ひずみの進行状況や材令約1800日（約5年）における値を示し、従来、PC橋の設計においてプレストレスの減少計算に用いている乾燥収縮ひずみの値を用いるのが妥当と考えられることを明らかにしている。

#### 第5章 PC実橋におけるコンクリートのクリープひずみ

##### およびクリープ係数

この章では、第3章で求めた“クリープ・乾燥収縮によるひずみ”の値から第4章で求めた乾燥収縮ひずみの値を差し引いた値をクリープひずみとして取り扱うこととし、実験に用いた5つのPC橋のうち、宮城松川橋を除く4橋について、クリープひずみの経時変化を調べた結果を示し、クリープひずみがプレストレス導入後の500日程度の間に急激に進行し、その後は、時間の経過にともなって極めてわずかな増加することを明らかにしている。

また、材令約1800日におけるクリープひずみの値を橋りょう竣工時橋軸方向弾性ひずみで除した値をクリープ係数として求めた結果、八木山橋および第二阿武隈川橋りょうについては、実測クリープ係数の平均値が設計においてプレストレスの減少の計算に用いた値をやや上回り、越田橋および第一北上川橋りょうについては、実測クリープ係数の平均値が設計計算に用いた値より小さくなっていることを示し、若い材令で大きいプレストレスを導入するような場合には、クリープ係数の決定に特別の配慮を要すること、従来、PC橋の設計においてプレストレスの減少の計算に用いているクリープ係数は、おおむね妥当な値と考えられることなどを明らかにしている。

#### 第6章 PC橋におけるプレストレスの減少

この章では、宮城松川橋を除く4橋におけるプレストレスの減少量について検討するため、“ク

リープ・乾燥収縮によるひずみ”の実測値と、設計計算においてプレストレスの減少の計算に用いたクリープひずみの値と乾燥収縮ひずみの値との和の値とを比較し、八木山橋および第二阿武隈川橋りょうにおいては、実測値が設計計算値を上回っている測点が多く、その原因が、主として、設計においてプレストレスの減少の計算に用いた乾燥収縮ひずみの値が過少であったためであることを明らかにするとともに、乾燥収縮ひずみの値が設計計算に用いた値より  $100 \times 10^{-6} \sim 150 \times 10^{-6}$  大きい場合の影響について検討し、有効プレストレスの3～4.5%の減少、ひびわれ安全度の低下などが考えられることを明らかにしている。

また、八木山橋および越田橋について、主桁のたわみ量の実測結果を示し、八木山橋の中央径間スパンセンター付近のブロックにおけるプレストレスの減少が設計計算より大きくなっていることを裏付けている。

さらに、本研究の実験結果より総合的に判断して、昭和53年度制定の土木学会PC標準示方書の規定のうち、プレストレスの減少の計算に用いるコンクリートの乾燥収縮ひずみの値は過小と考えられること、クリープ係数の値は、やや大きい値と考えられることを明らかにしている。

## 第7章 結 論

この章では、ポストテンション方式PC橋を実験桁として用いて、プレストレスの減少について実験的に検討した結果をまとめて得られた結論を述べている。

この研究によって、PC橋の主桁コンクリートの乾燥収縮ひずみの簡便な測定方法を明らかにするとともに、PC橋の主桁コンクリートの乾燥収縮ひずみやクリープひずみの進行状況およびその大きさについて、新しい知見を得た。

## 審査結果の要旨

PC橋におけるプレストレスの減少の主な原因となるコンクリートのクリープと乾燥収縮は、施工条件、環境条件などによって大きく影響を受けるため、多くの実験・研究が行われているにもかかわらず、実際の橋については十分明らかでない点が多い。

著者は、実際のPC橋で、直接コンクリートのひずみを長期間にわたり測定し、プレストレスの減少について研究を行った。本論文は、その成果をまとめたもので、全編7章よりなる。

第1章は、緒論であり、研究の目的、意義、方針などについて述べている。

第2章では、実際に用いた5つの典型的なポストテンション方式PC橋の設計・施工上の諸条件について述べている。

第3章では、PC橋の主桁コンクリートに生ずる全ひずみ、弾性ひずみなどを測定した結果にもとづいて、クリープ・乾燥収縮によるひずみを求め、その経時変化を明らかにしている。

第4章では、PC実橋について、実際の環境条件のもとで、独自に考案した方法によって、持続応力の影響を受けない主桁コンクリートの乾燥収縮ひずみを実測して、その経時変化を示している。これは、従来得られていない重要な成果である。

第5章では、第4章までの測定結果を解析・整理して、第3章で求めたクリープ・乾燥収縮によるひずみを、実際の設計手順に合わせて、クリープと乾燥収縮とに分離して求め、これをもとにクリープ係数の経時変化について考察している。

第6章では、第5章までの成果にもとづいてPC橋の設計でプレストレスの減少の計算に用いるコンクリートの乾燥収縮ひずみおよびクリープ係数について検討し、従来用いられているクリープ係数はおおむね妥当と考えられるが、乾燥収縮については、従来用いられている値は過小で、少なくとも $300 \times 10^{-6}$ 程度とすべきことを提案している。これらは極めて有用な成果である。

第7章は結論である。

以上要するに、本論文はPC橋の実際の環境下でおこるコンクリートのクリープおよび乾燥収縮を明らかにし、プレストレスの減少量の評価に役立つ重要な知見を得たもので、コンクリート工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。