

氏 名	鈴 木 計 夫 すず き かず お
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 721 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 49 年 9 月 24 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	STUDY ON THE EFFECTS OF CREEP AND SHRINKAGE OF CONCRETE UPON CONCRETE STRUCTURAL MEMBERS (コンクリート構造部材におよぼす クリープおよび 乾燥収縮の 影響に関する研究) (主 査) 教 授 六 車 照 教 授 若 林 実 教 授 横 尾 義 貫
論 文 調 査 委 員	

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、コンクリートのクリープの進行を表わす Whitney 則が回復クリープひずみの表現ができないことから、これにかわるものとして、標準クリープ係数と相似係数との組み合わせによって回復クリープの表現が可能な相似則を用い、これと Davis-Glanville 則および重畳則を適用して鉄筋コンクリートおよびプレストレスコンクリート部材や架構におよぼすコンクリートのクリープおよび乾燥収縮の影響の解析方法を論ずるとともに、これらの影響の構造物実用設計への導入のための実用計算法について述べ、さらにこれに関連する基礎的資料を提供したもので、3編10章よりなっている。

第1章は序論であって、本研究の分野における従来の研究の現状と問題点をあげ、本研究の目的と内容について述べている。

第1編はコンクリートのクリープおよび乾燥収縮の構造物に対する影響を解析するための基本事項について述べたもので3章からなる。第2章では、コンクリート構造部材のクリープおよび収縮応力に関する従来の理論を整理概説し、コンクリートのクリープを表わす基本仮定と構造部材のクリープ応力解析の理論展開のための仮定とが区別されていない点に問題があることを指摘し、従来慣用の Whitney 則にかわって、標準クリープ係数と相似係数の組み合わせによってコンクリートのクリープひずみの進行を表現する相似則を提示している。第3章では、種々の載荷条件のもとでの無筋コンクリートおよび鉄筋コンクリート部材のクリープ実験を行ない、上記の相似則が成立することを確かめるとともに、Davis-Glanville 則、相似則および重畳則によって回復クリープを含むコンクリートのクリープひずみの進行を精緻に説明できることを示している。第4章では、構造物のクリープおよび収縮応力解析のための準備として、標準クリープ係数、相似係数などのコンクリートのクリープ特性値を多項e関数で近似する方法を考案し、従来の方法と比較して簡単かつ高精度の近似が行なえることを示している。さらに、種々の品質のコンクリートのクリープ特性値を多項e関数であたえ、実際計算への利用の便宜をはかっている。

第2編は鉄筋コンクリートおよびプレストレストコンクリート構造部材のクリープおよび収縮挙動解析

法について述べたもので4章からなる。第5章では、コンクリートのクリープを表わす Davis-Glanville 則、相似則と重畳則とを適用して、部材断面のクリープおよび収縮応力解析のための基礎方程式を導いている。基礎方程式は一般にはコンクリート断面の負担する軸力および曲げモーメントの鉄筋（またはPC鋼材）への移行量を未知数とする二元連立積分方程式となるが、実用的には互に独立な2個の第二種ボルテラ積分方程式に帰着し得ることを示している。第6章では、前章で誘導した基礎積分方程式の厳正解を求めることが困難であることから、クリープおよび収縮によるコンクリート断面負担応力の鉄筋（またはPC鋼材）断面への移行量と時間との関係がコンクリートのクリープの進行とほぼ相似である点に着目して、第4章で得たコンクリートのクリープ特性値の多項e関数表示を導入することによって、結果的には多項e関数で表わした解の係数を未知数とする多元連立方程式としてこれを解く近似解法を考案し、基礎積分方程式の直接数値解や、厳正解の得られる特別の場合の解と比較して、筆者の近似解法が極めて良い精度を持つことを示している。さらに、種々の载荷条件に応じて解の重ね合わせが可能であることを示し、筆者の近似解法が複雑な条件のもとでの構造部材のクリープおよび収縮挙動解析に適用できることを明らかにしている。第7章では、筆者の近似解法による鉄筋コンクリート断面のクリープおよび収縮応力解析結果、従来の理論による解析結果を比較して、コンクリートの回復クリープひずみの影響が極めて大きく、これを無視できないことを指摘している。また、コンクリートのレラクセーションに着目した H. Trost らの数値解法とくらべ、筆者の近似解法はクリープおよび収縮応力最終値の計算が可能である点ですぐれていることを示している。さらに、クリープおよび収縮応力の影響を構造物実用設計に導入する目的で、一定持続応力を受けるコンクリートの自由クリープひずみに対する基礎方程式積分項で表わされる変動応力によるクリープひずみの比をクリープ近似係数と名付け、種々の大きさの標準クリープ係数、相似係数、载荷条件に対する筆者の近似解法による数値解からこれを定量化し、クリープおよび収縮応力、変形計算の簡易化をはかっている。第8章では、クリープ近似係数を実際の部材のクリープおよび収縮挙動の解析や、不静定架構におけるクリープおよび収縮による応力再分配の解析に適用する方法を論じ、一例として一次不静定力学モデルおよび門形ラーメンにつき基礎方程式を導いてその実用解法を述べ、実用設計におけるクリープおよび収縮応力解析法の基本を示している。

第3編は温度応力との重畳効果について論じたもので1章からなる。すなわち、第9章では、相似則で表わされるコンクリートのクリープの影響を、不静定架構が気温の年変化を受ける場合における温度応力に対して考慮し、一次不静定架構モデルを例にとりてクリープを考慮した温度応力解析の基本式を導き、その数値解と弾性温度応力との比較から、クリープ進行の初期においては回復クリープの影響によって架構に生ずる温度応力は弾性温度応力をこえることはなく、応力振幅も弾性的場合とくらべてかなり小さくなるが、長期材令においては応力振幅が増幅されて弾性のそれに無限に近付き、かつ、年変化の平均応力も応力0の軸線から圧縮または引張側に偏していくという、従来の理論解では説明し得なかった初期材令における応力緩和現象や、長期材令における応力増幅現象および平均応力の応力0の軸線からのずれ現象が説明できることを示している。同時に部材の変形についても応力の場合と同様の諸現象が説明できることを述べている。

第10章は本研究の結論をとりまとめたものである。

論文審査の結果の要旨

コンクリートのクリープおよび乾燥収縮ひずみは、弾性ひずみの数倍にも達することがあり、鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリートなどのコンクリート系構造物における架構応力再分配、部材の大変形、コンクリートのひびわれ発生などの主要原因の1つとなっている。このようなコンクリートのクリープおよび乾燥収縮の構造物におよぼす影響に関しては、従来はコンクリートのクリープひずみが載荷応力の大きさに正比例するとする Davis-Glanville 則、任意材令におけるクリープひずみの進行速度は載荷開始材令には関係なく一定不変であるとする Whitney 則および収縮ひずみの進行はクリープの進行と相似であるとする仮定にもとづく解析結果が多く発表されているが、これらの解析結果はコンクリートの回復クリープひずみの影響が考慮されていないため、実際の構造物の挙動を適確には表わし得ないことが多い。

本論文は、任意の材令から載荷した場合のコンクリートのクリープひずみ曲線が、標準クリープひずみ曲線と相似であるとする相似則によって、回復クリープを含むコンクリートのクリープ挙動を極めて良く説明できることを実験により確かめ、これを用いたコンクリート構造部材のクリープおよび乾燥収縮挙動の解析法を論じ、さらに、種々の載荷条件、拘束条件に対する解析結果から回復クリープひずみの影響を論ずるとともに、構造物の実際設計への利用を目的とした部材および架構のクリープおよび収縮挙動実用計算法を示し、あわせて実用計算に用いる基礎的資料を提供したもので、得られた主な成果を要約すれば次のようになる。

(1) 標準クリープ係数と相似係数との組み合わせによってコンクリートのクリープひずみの進行を表わす相似則を提示し、種々の載荷条件のもとでの無筋コンクリートおよび鉄筋コンクリート部材のクリープ実験結果と比較して、相似則が回復クリープを含むコンクリートのクリープ挙動を極めて良く説明できることを示した。

(2) 各種コンクリートのクリープひずみ実測結果を整理して標準クリープ係数曲線および相似係数曲線をあたえ、かつ、これらの多項 e 関数近似法を考案して実際計算への便宜をはかった。

(3) Davis-Glanville 則、相似則および重畳則を用いて鉄筋コンクリートおよびプレストレストコンクリート部材断面のクリープおよび収縮応力解析基礎方程式を導き、一般にはコンクリート断面負担軸力および曲げモーメントの鉄筋（または PC 鋼材）断面への移行量を未知数とする二元連立積分方程式となるが、実用的には互いに独立の 2 個の第二種ボルテラ積分方程式に帰着し得ることを示した。

(4) コンクリート断面負担応力の鉄筋（または PC 鋼材）断面への移行量の時間的推移が、コンクリートのクリープひずみの進行とほぼ相似である点に着目し、かつ、コンクリートのクリープ特性値の多項 e 関数による近似表示を用いて、上記基礎積分方程式の簡単かつ精度の高い近似解法を考案した。この近似解法は複雑な載荷条件に応じて解の重ね合わせが可能であり、種々の条件のもとでのクリープおよび収縮挙動解析に広く適用できるものである。

(5) 鉄筋コンクリート部材についての筆者の方法によるクリープおよび収縮応力解析結果と、従来の理論によるものとを比較して、コンクリートの回復クリープの部材のクリープ挙動におよぼす影響は極めて

大きく、これを無視できないことを明らかにした。

(6) 種々の载荷条件，拘束条件，鉄筋比を持つ鉄筋コンクリートおよびプレストレストコンクリート部材断面のクリープ挙動計算結果を整理して，一定持続応力のもとでのコンクリートの自由クリープひずみに対する基礎積分方程式の積分項で表わされる変動応力のもとでのクリープひずみの比で定義されるクリープ近似係数を定量化し，これを用いた部材の応力および変形，不静定架構における応力再分配の実用計算法を示して，クリープおよび乾燥収縮の影響の実用設計への導入をはかった。

(7) 相似則によって表わされるコンクリートのクリープの影響を考慮して，気温の年変化による不静定架構の温度応力解析法を示し，一次不静定架構モデルおよび門形ラーメンの温度応力解析結果から，クリープ進行の初期における温度応力の緩和現象，長期材令における気温の上昇，下降にともなう温度応力振幅の増幅現象および年変化の平均応力の応力 0 の軸線からのずれ現象などを明らかにした。

以上要するに本論文は，コンクリートのクリープひずみの進行を表わす相似則を用いて，回復クリープの影響を考慮した構造部材および架構のクリープおよび収縮挙動の解析法を研究するとともに，種々の载荷条件，拘束条件に対する部材のクリープ挙動解析結果を整理して，コンクリートのクリープおよび乾燥収縮の影響の構造物実用設計への導入をはかるための実用計算法と，それに関する基礎的資料について述べたもので，学術上，實際上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価値あるものと認める。