

東京大学 正会員 岡村 甫
足利工業大学 ○正会員 辻 幸和
東京大学 学生会員 丸山 久一

1. ま え が き

膨張コンクリートに圧縮応力を加えた場合におけるクリープについては、これまでにいくつかの研究成果が公表されているが、引張応力を加えた場合についての報告はなされていない。膨張コンクリートを鉄筋コンクリートに利用し、その力学的特性の改善をはかる場合には、外力によって圧縮応力が作用する位置におけるクリープよりも、引張応力が作用する位置におけるクリープの影響がより重要である。

本研究は、膨張コンクリートを用いた鉄筋コンクリートばりに持続荷重を作用させ、その変形性状を実測した結果に基いて、膨張コンクリートのみかけのクリープが部材の力学的特性に及ぼす影響を明らかにすることを目的としたものである。

2. 膨 張 エ ネ ル ギ ー

鋼材によって膨張コンクリートの膨張を拘束すると、比較的若い材令で、膨張の増加が認められなくなるが、その場合でも拘束を解除すると、再び膨張し、ケミカルプレストレスも新たに導入される現象について既に報告した¹⁾。Fig.1 は、その後にに行った実験結果であって、材令1週～4週に拘束をいったん解放し、その後の膨張を同じ鋼材で拘束することによって新たに生じたケミカルプレストレスの材令に伴う増加の様子を示したものである。拘束状態では、材令2週を過ぎるとプレストレスの増加はほとんど認められないが、拘束を解放すると再び膨張しはじめ、その後2週間で約 5 Kg/cm^2 のプレストレスが導入された。また、材令4週に拘束を解放した場合も、その後の2週間で約 2 Kg/cm^2 のストレスが導入された。このことは材令4週においてもなお「みかけの膨張エネルギー」が存在していることを示す例である。

Fig.1 のデータを再整理し、拘束を解放し直ちに新たな拘束を開始した材令とそれ以後2週間に生じたプレストレスとの関係をFig.2 に示した。この図から、「みかけの膨張エネルギー」は、材令の増加と共に減少するが、相当の長期間にわたって存在する可能性が認められるのである。

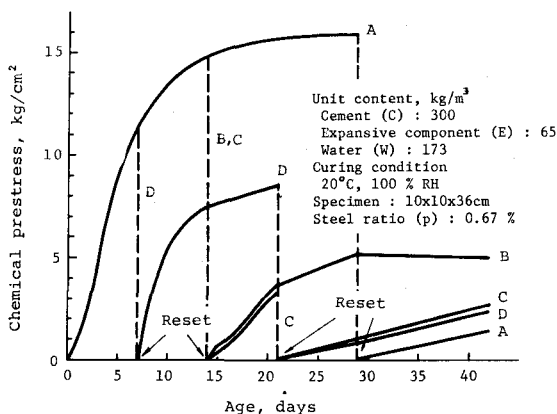


Fig.1 History of chemical prestress in concrete

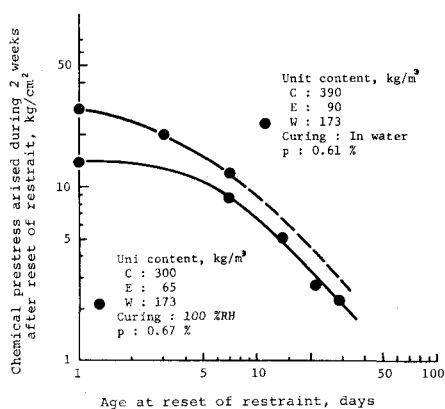


Fig.2 Energy of expansion of concrete

Fig.3は、膨張コンクリートを用いた鉄筋コンクリートはり供試体を11日間湿潤養生を行った後、その両側面をエポキシ樹脂でシールし、東京大学工学部1号館の中庭に放置した場合における膨張ひずみの測定結果である。側面からの水分の移動を断ったのは、スラブを模したからである。鉄筋を断面非対称に配置しているので、上下の鉄筋の膨張ひずみの測定結果から、図中に示した式で平均膨張ひずみを計算し、図示した。なお、それぞれの鉄筋のひずみも同様の傾向である。材令180日までの測定であるが、その間鉄筋のひずみは、膨張混和材量の異なる3個の供試体共に、増加の傾向を示し続けており、ケミカルプレストレスの減少は認められない。戸外に放置した場合には、室内で乾燥を続ける場合とは異なり、いったん導入されたケミカルプレストレスは、膨張エネルギーの存在によって、簡単には減少しないことを示している。

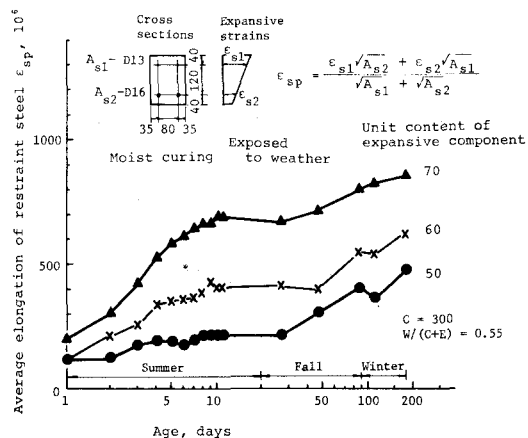


Fig.3 Elongations of restraint steel in specimens exposed to weather

3. 曲げ部材における膨張コンクリートのクリープとその影響

膨張コンクリートを用いてケミカルプレストレスを導入した鉄筋コンクリート部材に持続荷重が作用すると、部材圧縮側では、圧縮応力が増加し、それに伴うクリープによって、圧縮側におけるプレストレスは減少することになる。しかし、部材引張側では、外力によって圧縮応力は減少し、それに伴うクリープ回復によって、みかけ上プレストレスは幾分増加することになる。膨張コンクリートのクリープが大きいとすれば、そのクリープ回復も大きいことが予想される上に、膨張エネルギーが残存している場合には、2. に述べたように、拘束の減少と同じ効果でコンクリートが新たに膨張しはじめる可能性もある。

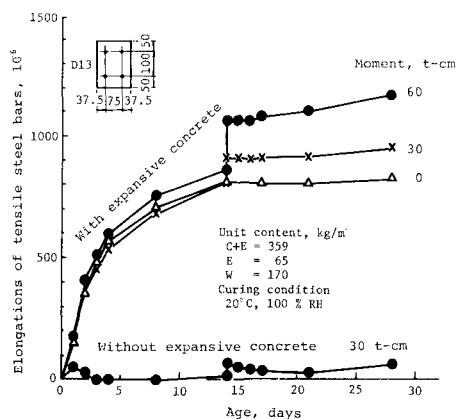


Fig.4 Elongations of tensile steel bars in bending creep tests

以上の考察の結果、膨張コンクリートのクリープが既往の研究結果²⁾が指摘するように大きいとすれば、膨張コンクリートを用いた鉄筋コンクリート部材に持続荷重が作用する場合、部材引張側におけるプレストレスはみかけ上増加する傾向を示すものと思われたのである。これを確かめるために、膨張混和材量、鉄筋比、鉄筋配置などを变化させた合計16体の鉄筋コンクリート部材を作成し、2体を1組として、PC鋼棒とベネとを利用し、一定の曲げモーメントを持続的に作用させたのである。

Fig.4は、材令14日に載荷した場合における引張側鉄筋のひずみと材令との関係を示した例である。引張鉄筋位置での載荷直後におけるコンクリートの応力度は、 n を7として計算し、プレストレスを含めると、32, 19, 5 Kg/cm^2 の圧縮応力度(以上膨張コンクリートの場合)および14 Kg/cm^2 の引張応力度(普通コンクリートの場合)であった。この図から、膨張コンクリートを用いると、持続荷重による引張鉄筋のひずみ増加は、モーメントが大きくなると幾分大きい傾向が認められる。また、Fig.5に示すように、ケミカルプレストレスおよび持続モーメントが同じ場合には、鉄筋位置のコンクリートに引張応力度(9 Kg/cm^2)が作用

するような鉄筋配置を行うと、持続荷重による鉄筋引張ひずみの増加が顕著となる。以上の実験結果は、膨張コンクリートのクリープが、部材引張部の鉄筋の引張ひずみを減少するおそれのないことを実証したものであると思われる。

膨張コンクリートに圧縮応力を載荷した場合には、そのクリープが普通コンクリートよりも大きくなることのあることが指摘されており、そのため膨張コンクリートによるケミカルプレストレスの効果が疑問視され、その利用が制限される大きな理由となっている。しかし、膨張コンクリートを鉄筋コンクリート部材に用いる主目的は、そのひびわれ耐力、ひびわれ幅などの曲げ特性を改善することであって、部材引張部におけるケミカルプレストレスあるいはそれに伴って生ずる鉄筋の引張ひずみの大きさが重要である。本実験の結果は、外力による膨張コンクリートのクリープは、部材の変形を増大させることを除けば、引張鉄筋の引張ひずみを増大させ、その結果部材の力学的特性を改善させるのに役立ち、むしろ好ましい現象であるという我々の主張を裏付けるものである。なお、早期に外力が作用するほどケミカルプレストレスの効果によってプラスとなる傾向を示すのは、これまでの考察から明らかである。また、載荷時期が遅い場合には、持続荷重によるクリープも減少し、その影響も小さいものと思われる。

4. む す び

膨張コンクリートを用いてケミカルプレストレスを導入した鉄筋コンクリート部材を、外力が作用しない状態で長期間放置しておいても、室内で乾燥が続ければともかく、戸外に放置し風雨にさらされるような場合には、いったん導入されたケミカルプレストレスは簡単には減少しない。この点は通常のプレストレストコンクリートと異なる点である。すなわち、通常のプレストレストコンクリートでは、外力が作用しない状態のときは、PC鋼材位置におけるコンクリートの圧縮応力度は著しく大きいばかりでなく、コンクリートに膨張エネルギーが存在しないので、この間に生ずるクリープによるプレストレスの減少が著しいのである。

部材に持続荷重が作用すると、部材圧縮側では圧縮クリープが生ずるが、部材引張側では圧縮クリープの回復あるいは引張クリープが生じ、「みかけのプレストレス」は引張側では増加することになる。膨張コンクリートの「みかけのクリープ」が大きいことあるいは拘束をゆるめた場合に現われる「みかけの膨張エネルギー」の存在は、これを促進することになり、部材の力学的特性にとってむしろ好都合である。

本研究のうち、持続載荷実験は日曹マスタービルダースKK中央研究所で行ったものである。関係各位に深く御礼申し上げる。また、実験は、東京大学工学部土木工学科榎本松司技官が担当した。ここに感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 岡村甫, 辻幸和, 「ケミカルプレストレストコンクリート部材の力学的特性」, 膨張セメント混和材を用いたコンクリートに関するシンポジウム講演概要, 土木学会, 1972年8月
- 2) 例えば, 長滝重義, 後藤祐司, 「膨張セメントコンクリートのクリープ特性に関する基礎研究」, 土木学会論文報告集, 第207号, 1972年11月

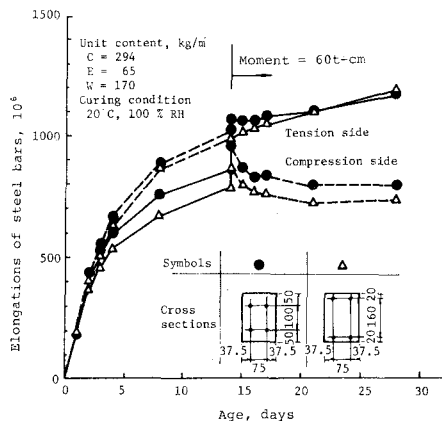


Fig.5 Effects of arrangement of steel bars on the creep strains