

岐阜大学 学生員 ○河合 敦, 平田 正成

岐阜大学 正会員 小柳 治, 森本 博昭

1. まえがき コンクリート構造物に発生する温度応力を正確に予測するためには、コンクリートの構成方程式としてクリープやリクセーションなどの粘弾性的性質を表現したものを用いることが必要となる。このうち、特にリクセーション特性の解明については、今までわずかな数の研究¹⁾²⁾しか報告されておらず極めて不十分な状態にある。そこで本研究は、温度応力解析において特に重要となる若材令コンクリートの引張りひずみの拘束下におけるリクセーション特性について、長期間引張応力緩和試験を実施し、拘束ひずみレベルおよび載荷材令の影響を明らかにするとともに、圧縮リクセーション特性との比較検討を行ったものである。

2. 実験概要 引張りラクセーション試験は材令 3,7日で実施した。供試体のひずみを規定する方法として、本研究では引張強度に対する一定比率の応力により間接的に試験時のひずみ設定を行った。実験を実施した設定応力レベルは強度の 20%~60% とした。コンクリートの示方配合を表-1 に示す。引張りラクセーション試験には図-1 に示すような高い剛性をもった鋼製フレームを用いた。供試体の両端には定着板を埋め込み、この定着板を利用してボルト締めを行うことにより供試体に一定のひずみを与えた。ひずみ負荷後の引張荷重の変化量はボルトに貼布したひずみゲージにより X-Y レコーダ上に応力緩和曲線として記録した。引張荷重載荷時には供試体を弾性的に支持し、かつ偏心荷重が作用しないように供試体のひずみを入念にチェックしながらボルト締めを行った。またリクセーション試験に先立って実施した引張強度試験は割裂試験によった。なお供試体の養生およびリクセーション試験は全て恒温室(20±2℃, R.H.90%以上)の中で行った。

表-1 コンクリートの示方配合

3. 実験結果と考察 リクセーション試験の結果の整理には西林・木山の実験式¹⁾を参考にした次式を用いた。

$$\sigma = (B + Ct) / (A + t) \quad \cdots (1)$$

(σ : 供試体の応力, $A \cdot B$: 実験定数,

t : 時間(h) 式(1)において $t=0$ のとき $\sigma_i = B/A$ となり定数 B/A は設定応力を表し、また $t=\infty$ のとき $\sigma_\infty = C$ となり定数 C は終局残留応力値を表す。さらに $t=t_a$ のとき $\sigma = \sigma_a = (\sigma_i + \sigma_\infty) / 2$ とおくと $t_a = A$ となる。すなわち定数 A は応力緩和が進んで緩和量が終局緩和量の半分となる時間を表す。これらの特性値 A, C および設定応力 σ_i を用いると式(1)は $\sigma = (A\sigma_i + Ct) / (A + t) \quad \cdots (2)$ となり、さらに両辺を σ_i で割ると

$$\sigma / \sigma_i = (A + C't) / (A + t) \quad \cdots (3) \quad (C' = C / \sigma_i)$$

となる。ただし C' は終局残留応力値の設定応力に対する割合を表す。本研究では、式(3)における定数 A および C' の値を実験曲線に最小自乗法を適用することにより決定した。各供試体の引張強度、載荷応力レベルおよび実験定数 A, C' の値をそれぞれ表-2 に示す。また実験より得

られた材令 3日と 7日の応力緩和曲線をそれぞれ図-2, 3に示す。図-2, 3 から応力緩和曲線と実測値との対応は全般的に良好であり、本研究で用いた関数は、若材令コンクリートの引張りラクセーション関数として適用が可能であると考えられる。次に、図-2, 3および表-2 よりリクセーション特性に及ぼす載荷応力レベルおよび載荷材令の影響を検討する。

スランブ (cm)	細骨材率 s/a (%)	水セメント比 w/c (%)	単 位 量 (kg/m ³)			
			C	W	S	G
2.5	4.4	5.0	346	173	793	996

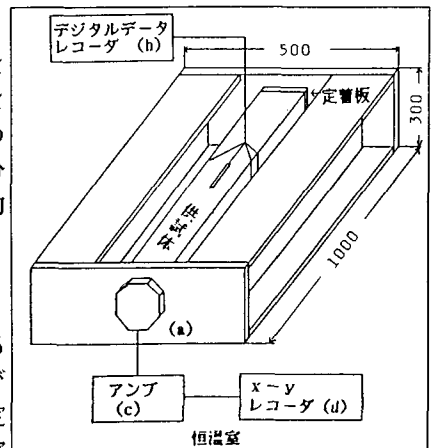


図-1 引張試験装置の概要

まず、1/2緩和時間を表す定数 A に着目すると材令 3日では載荷応力レベルが 26%, 44%, 61% と変化するにもかかわらず 0.048~0.066 時間とほぼ一定の値を示し、平均は 0.054 時間（約3分）程度となる。一方、材令 7日においても載荷応力レベルにかかわらず、平均は材令 3日とほぼ同じ値の 0.045 時間となっている。すなわち 定数 A

表-2 引張強度および実験定数 A , C'

材令	引張強度 (kg/cm ²)	応力レベル (%)	A (h)	C' ($=c/\sigma_1$)
3日	16.0	26	0.049	0.96
		44	0.048	0.94
		61	0.066	0.97
7日	22.8	22	0.044	0.94
		47	0.045	0.95

は載荷材令および載荷応力レベルに関係なくほぼ一定値を示すものと考えられる。次に、終局残留応力度を示す定数 C' をみると、定数 A と同様に載荷応力レベルにかかわらずほぼ一定で、いずれの材令においても平均 0.95 前後となっている。以上のことから、若材令コンクリートの引張りラクセーション特性は 1/2 緩和時間が 0.050 時間、終局残留応力度は 0.95 程度となり、少なくとも強度の 60% 程度までは載荷応力に対して線形則が成立し、しかも材令の影響は小さいと考えても大きな誤りはないものと考えられる。次に、図-4は載荷材令 7日において載荷応力レベルを強度の 50% としたときの圧縮リラクセーション特性を示したものであるが、図-3と図-4から引張りラクセーションの特性値が $A=0.045$ 時間、 $C'=0.95$ に対して圧縮応力下におけるそれは $A=9$ 時間、 $C'=0.543$ となる。すなわち引張応力下におけるリラクセーションは圧縮応力下のそれに比べ著しく短期終結性で終局緩和量も小さな値となる。

4. まとめ 若材令コンクリートの引張りラクセーション特性について本研究の範囲内で次のような結論が得られた。〔1〕初期載荷応力レベルが少なくとも強度の 60% 程度までは、リラクセーション特性は式(3)のようなリラクセーション関数により評価することができる。〔2〕引張りラクセーションにおける 1/2緩和時間は 0.050 時間、終局残留応力度は 0.95 程度となり、圧縮特性に比べ短期間の内に応力の緩和現象が終結し、終局緩和量も小さな値となる。〔3〕引張りラクセーション特性に及ぼす載荷材令の影響は小さくまた 載荷応力レベルが強度の 60% 程度までは初期載荷応力に対して線形則がほぼ成立すると考えられる。

〈参考文献〉 1)西林新蔵, 木山英郎: コンクリートの応力緩和に関する一研究, 土木学会論文報告集241号, pp.145~153(1975) 2)野中資博: コンクリートの引張応力緩和に関する一考察, 農業土木学会96号, pp.58~63(1981) 3)河合, 平田, 小柳, 森本: 若材令コンクリートのリラクセーション特性について, 土木学会中部支部講演概要集, V-21, pp.434~435(1986)

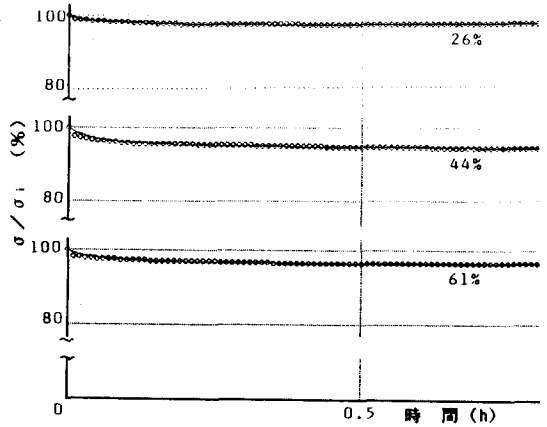


図-2 応力緩和曲線 (3日)

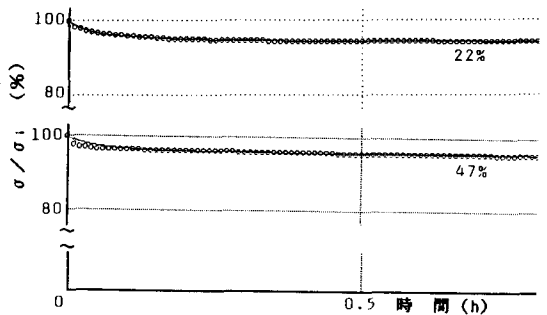


図-3 応力緩和曲線 (7日)

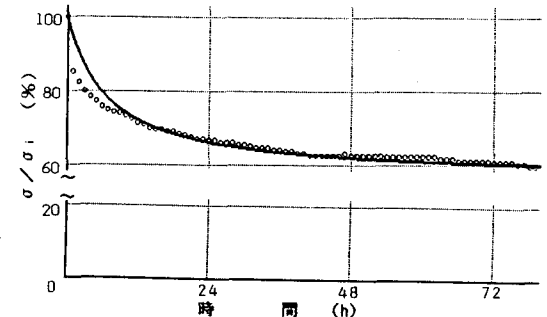


図-4 応力緩和曲線 (圧縮, 7日, 50%)