

PC桁のクリープ解析に関する一考察

大阪工業大学大学院・学生会員○中谷 武弘 大阪工業大学・正会員 栗田 章光
(有) ニーデック・正会員 新平 信幸 中央復建コンクリート(株)・正会員 安田 穰

1. まえがき

コンクリート部材のクリープに関する解析方法は、今日までに数多く提案されてきた。また、除荷に伴う回復クリープに関しても、近年いくつかの実験結果、ならびに解析方法が報告されている。しかし、回復クリープは、急激な除荷のみならず、連続的な応力緩和の状態においても生じると考えられる。

そこで著者の1人は、持続応力が作用した直後から応力が減少し、それに伴い回復クリープが生じる¹⁾として、リラクセーション係数を導入した形でコンクリートの応力～ひずみ関係式を誘導した²⁾。本論では、この関係式に含まれるリラクセーション係数 (ρ_{NK}) に着目し、 ρ_{NK} に及ぼす回復クリープの影響を明らかにする。さらに、本法で導いたリラクセーション係数とTrost-Bazant法 (T-B法)³⁾によるリラクセーション係数との比較を行い考察を加える。

2. 応力～ひずみ関係式とリラクセーション係数

図-1に示すように、コンクリートに時刻 t_1 で持続応力 σ_{t_1} が作用し、その直後から応力が減少する状態を考える。ここで、応力の減少量は、クリープ係数の進行と相似と仮定する。これらより、回復クリープを考慮したコンクリートの応力～ひずみ関係式は、式(1)で表される。

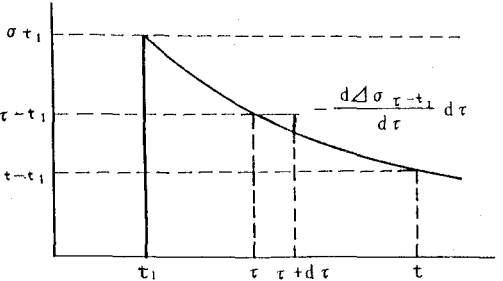


図-1 載荷と同時に減少する応力

$$\Delta \varepsilon_{t-t_1} = \frac{\sigma_{t_1}}{E_c} \phi(t-t_1) + \frac{\Delta \sigma_{t-t_1}}{E_c} \{1 + \rho_{NK} \phi(t-t_1)\}$$

ここに、 ρ_{NK} はリラクセーション係数であり、 $\phi(t-t_1)$ はクリープ係数である。 ρ_{NK} は式(2)で表される。

$$\rho_{NK} = \frac{1}{\phi(t-t_1)} \left[\int_{t_1}^t \frac{\phi(\tau-t_1)}{\phi(t-t_1)} \cdot \frac{d\phi(\tau-t_1)}{d\tau} d\tau - \frac{1}{\phi_{\infty}} \int_{t_1}^t \frac{\phi(\tau-t_1)}{\phi(t-t_1)} \cdot \frac{d\{\phi_a(\tau-t_1)\phi_d(t-\tau)\}}{d\tau} d\tau \right] \quad \dots(2)$$

回復クリープを無視した場合においては、 $\rho_{NK}=0.5$ となる。なお、T-B法では、コンクリートのひずみは変化しないものと仮定してリラクセーション係数が誘導されている。

3. 計算条件

上記のリラクセーション係数を、道路橋示方書に示されるクリープ係数の規定式を用いて導いた。次いで、初期載荷材令を3種類、フロークリープ係数を3種類変化させ、数値計算を行った。表-1にそれらの数値と計算用の共通値を示す。

表-1 パラメータ

初期載荷材令 (日)	フロー クリープ 係数	遅れ弾性 係数	有効 部材厚 (cm)	温度 (℃)
10	1.3	0.4	40.0	20.0
60	2.0			
100	3.0			

4. 計算結果、および考察

計算結果の一例として、初期載荷材令が10日と100日の場合の $t=\infty$ におけるリラクセーション係数について、本法による結果と、T-B法による結果とを比較して表-2に示す。また、それらの経時変化を、図-2～4に示す。

これらの結果より、回復クリープを考慮したリラクセーション係数は、回復クリープを無視した場合に比べ、約10～20%程度大きい値となることがわかる。これらより、回復クリープを考慮したコンクリート

表-2 リラクセーション係数 ($t=\infty$)

初 期 載 荷 材 令 (日)	フ ロ ー ク リ ー プ 係 数	本 法		Troost-Bazant法 (C)	(B) (A)	(C) (A)
		回復クリープ考慮 (A)	回復クリープ無視 (B)			
10	1.3	0.6041	0.5000	0.7781	0.8278	1.2880
	2.0	0.5759	0.5000	0.7756	0.8682	1.3468
	3.0	0.5597	0.5000	0.7941	0.8933	1.4188
100	1.3	0.6483	0.5000	0.8142	0.7712	1.2559
	2.0	0.6131	0.5000	0.7897	0.8155	1.2880
	3.0	0.5912	0.5000	0.7846	0.8457	1.3271

応力の変化量は、回復クリープを無視した値に比べ小さくなり、PC鋼材の緊張応力に関しても、損失量が小さくなると考えられる。初期載荷材令に着目すると、初期載荷材令が遅くなるのに伴いリラクセーション係数は大きくなることがわかる。もちろん、この結果は初期載荷材令が遅くなるほどクリープの影響が小さくなるからである。つぎに、フロークリープ係数に着目すると、フロークリープ係数が大きくなるほどリラクセーション係数は小さくなっている。

本法による結果とT-B法による結果とを比較すると、本法で得られた値のほうが小さくなっている。数値的には、約25～40%程度の差がみられる。

5. 結論

結論として本法で導いたリラクセーション係数について、つぎのことがいえる。

- 1) 回復クリープを考慮したリラクセーション係数は、回復クリープを無視した場合の値より、約10～20%程度大きくなり、
- 2) その $t=\infty$ での設計用値は、PC鋼材の緊張応力の減少量の算出式に用いられる慣用値0.5とT-B法による0.8とのほぼ中間の値となる。

今後これらの結果を用いて、具体的にコンクリート応力やPC鋼材の緊張応力の減少量などについて検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) 渡辺・六車：日本建築学会構造系論文報告集、第402号、1989。
- 2) 栗田・中井：構造工学論文集、Vol.37A、1991。
- 3) Schade, D.: Beton- und Stahlbetonbau 72, Heft 5, 1977。

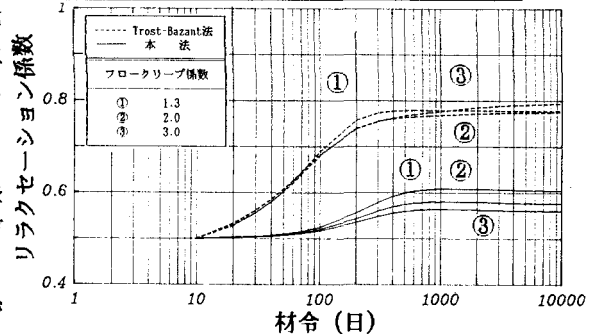


図-2 リラクセーション係数の経時変化 ($t_1=10$ 日)

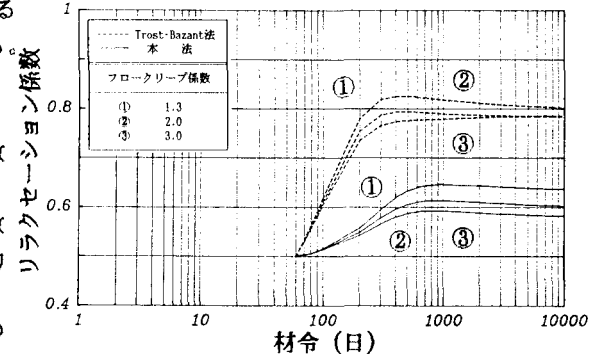


図-3 リラクセーション係数の経時変化 ($t_1=60$ 日)

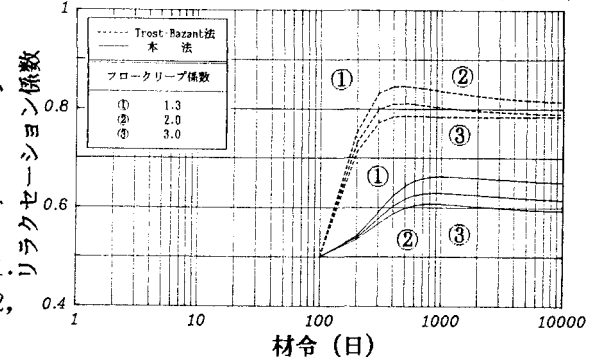


図-4 リラクセーション係数の経時変化 ($t_1=100$ 日)