

V-136 若材齢コンクリートの繰返し一軸圧縮試験およびその粘弾塑性モデルによる解析

○ 名城大学 学生会員 高野祐介
 名城大学 正会員 石川靖晃
 名城大学 正会員 菊川浩治

1. 序論

従来の研究において持続性荷重に関するクリープ試験のようなコンクリートの長期的な挙動の研究は多く行われてはいるが、変形が軟化領域までゆく一軸圧縮試験のような短期的な時間依存挙動を捉える実験はあまり行われてはいない。

よって本研究では、若材齢コンクリートに対して荷重速度を変化させた一軸圧縮繰返し試験を行い若材齢コンクリートにおける短期的な時間依存挙動を確認し、提案されている時間依存性を考慮に入れた粘弾塑性モデル¹⁾を用いて実験結果に対する検討を行った。

2. 実験内容

試験機は、高剛性圧縮試験機を使用し一軸ひずみの測定は変位計で測定した。作成供試体は、大きさ $\phi 10 \times 20$ cmの円柱形であり材齢は打設後 36 時間ものを用いた。

初めに、初期圧縮応力を求めるために荷重速度 $20 \mu/\text{sec}$ で一軸圧縮試験を行った。その値を基に初期荷重を圧縮応力の 50% とし、2 回目からは初期荷重の $1/3$ ずつ応力を上げ繰返し試験を行った。

そして、 $20 \mu/\text{sec}$ 、 $200 \mu/\text{sec}$ それぞれの荷重速度一定の状態において一軸圧縮繰返し試験を行った。

3. 実験結果および考察

上述の実験で得られた軸応力一軸ひずみ関係を図-1 に示す。

その結果荷重速度が $200 \mu/\text{sec}$ の場合 $20 \mu/\text{sec}$ のときと比べ応力レベルが小さい領域においても応力ひずみ勾配が大きくなっており、さらにピーク強度が 10% 程上回っているのがわかる。このことから、一軸圧縮試験のような短期的変形挙動においても粘性の影響が存在すると思われる。

4. 実験結果に対する塑性モデルの妥当性

粘弾性、粘塑性を同時に判断できる数理モデル²⁾を用いて実験結果に対する解析を行った。

本稿では解析を行う際、降伏関数として、次式で与えられる Drucker-Prager 型の降伏関数を用いた。

$$F = \alpha I_1 + \sqrt{J_2} - k \quad (1) \quad \text{図-1 一軸圧縮繰返し試験結果}$$

ここで、 I_1 と $\sqrt{J_2}$ はそれぞれ応力の第 1 不変量と偏差応力の第 2 不変量を示し、 α, k は材料定数で、材齢により変化する。また、Mohr-Coulomb の六角錐に Drucker-Prager の円錐をあわせる際、一軸圧縮試験に対する解析を行うため、圧縮子午線を一致させる。このとき、 α, k は次式で示される。

$$\alpha = \frac{2 \sin \phi^*}{\sqrt{3}(3 - \sin \phi^*)} \quad , \quad k = \frac{6c^* \cos \phi^*}{\sqrt{3}(3 - \sin \phi^*)} \quad (2)$$

キーワード 時間依存挙動、粘塑性、粘弾性

連絡先 名古屋市天白塩釜口一丁目 501 番地

052-832-1151

ここで、 c^* および ϕ^* は塑性仕事による損傷によって変動する粘着力および内部摩擦角であり、次のような関係が成り立つとされている。²⁾

$$c^* = c_0 \exp[-(m\omega)^2], \quad \phi^* = \phi_0 + (\phi - \phi_0)\sqrt{2\omega - \omega^2} \quad \omega \leq 1, \quad \phi^* = \phi \quad \omega > 1 \quad (3)$$

ここで、 c_0 は降伏後の粘着力、 ϕ_0 および ϕ はそれぞれ降伏直後および終局時の内部摩擦角である。一軸圧縮試験は短期間であり材齢の影響は小さいと考えられるが、載荷速度による粘性抵抗が生じると考えられる。粘性抵抗は載荷速度に比例すると仮定し、粘着力の式を次のようにした。¹⁾

$$c_0 = 28.0 + 4.0 \times \text{載荷速度 (kgf/cm}^2\text{)} \quad (4)$$

また、 ω は塑性仕事による損傷を示すパラメーターであり次式で示す。²⁾

$$\omega = \frac{\beta}{\varepsilon_0} \int d\varepsilon_p \quad (5)$$

ここで、 β 、 ε_0 は材料定数である。また、クリープ係数 $\phi(t, t')$ は次のように与えた。¹⁾

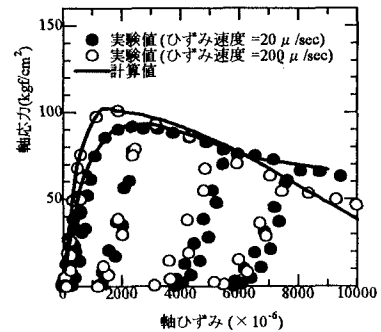
$$\phi(t, t') = \phi^0(t')(t - t')^n \quad (6)$$

ここで用いた弾性係数は $3.3 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ と推定し、弾性ポアソン比およびクリープポアソン比は共に 0.16 とした。解析結果を図一に重ねて示す。また使用したパラメータの値を表一に示す。

ϕ_0	ϕ	m	β	ε_0	ϕ^0	n
0°	27°	0.05	3	0.001	32	0.3

表一 使用したパラメータの値

粘弾塑性モデルによる解析結果を図二に示す。解析において応力が小さい領域では、載荷速度 $20 \mu/\text{sec}$ と $200 \mu/\text{sec}$ による違いは粘弾性の影響、ピーク時における強度による違いは粘塑性によるものと思われる。粘弾性および粘塑性が同時に考慮されている解析値は、低応力レベルからポストピーク領域まで載荷速度が異なる実験結果を非常によく捉えている。実験数は少ないため、今後の検討は必要であるが、若材齢コンクリートでは一軸圧縮試験のような短期的挙動においても粘弾性および粘塑性の影響が存在することが実験的に確認



図一 一軸圧縮試験結果および解析結果

5. 結論

今回用いたモデルにより今後の検討の必要性はあるが、若材齢コンクリートにおいて一軸圧縮試験のような短期的挙動においても粘弾性および粘塑性の影響の存在が確認できたと思われる。またこのモデルを用いれば長期的な挙動をはかるために時間のかかるクリープ試験に対して短期的に時間依存挙動を推定することができるとと思われる。

参考文献

- 1) 安藤直樹：遷移材令時のコンクリートの構成則に関する実験的研究、名古屋大学修士論文
- 2) Wu, Z., Farahat, A. M. and Tanabe, T.: Modeling of Concrete Discontinuities with Dilatancy and Surface Degradation, Proceedings of JSCE, No. 472/V-20, pp. 119-130, Aug., 1993