

V-380

乾燥収縮ひずみ及びクリープ係数の簡易予測式

九州産業大学 正員 宮川 邦彦

1. まえがき

本研究の目的は、コンクリートの時間依存ひずみに関する過去6年間の実測データに基づき、設計で用いる乾燥収縮ひずみ及びクリープ係数の簡易予測式(以下、本予測式と呼ぶ)を提案することにある。本予測式の特徴は、コンクリートの実測ヤング係数を予測式中に導入することで、骨材の品質が時間依存ひずみに及ぼす影響を間接的に考慮できるようにした点にある。これは骨材の地域性や近年の骨材事情の悪化等を設計に反映できるようにするためである。

2. 実験概要

本実験の測定範囲は、使用材料としてセメントに普通ポルトランドセメント(比重 3.14~3.16)、細骨材に海砂(比重 2.56~2.57)及び川砂(比重 2.52)、粗骨材に角閃岩(比重 2.95~2.98)、安山岩(比重 2.73)及び石灰岩(比重 2.70)碎石、配合条件として単位水量(W) 160~200 kg/m³、単位セメント量(C) 300~420 kg/m³、環境条件として温度 20±1℃、相対湿度(H) 100 及び 65±5%、部材最小寸法(D)として 15~40 cm、測定期間として1~3年間等である。なお、クリープ試験はフラットジャッキ式油圧載荷装置で供試体に載荷時強度の1/4 程度の一定圧縮応力を導入し、時間依存ひずみは供試体中央部に埋設した埋込み型ひずみゲージ(ゲージ長 100 mm)を用いて測定した。

3. 簡易予測式の提案

実測結果と既存の予測式との比較検討から、ACI-209 委員会式(以下、ACI式と呼ぶ)が定性的に妥当であることを先に報告したが、この点を参考に予測式を検討した。ただし、ACI式との基本的な相違点は、本予測式の場合、(1) クリープを回復性の遅れ弾性と非回復性の流動とに分離したこと (2) 収縮曲線の形状を相対湿度と部材寸法の関数で表示したこと (3) 使用骨材の変形特性が時間依存ひずみに及ぼす影響を考慮するため、コンクリートの実測ヤング係数($E \times 10^5$ kgf/cm²)を予測式中に導入したこと等である。なお、本予測式は単位水量 $W=180$ kg/m³、単位セメント量 $C=360$ kg/m³の配合で、細骨材に海砂、粗骨材に角閃岩碎石を用いた結果を基準としている。

経過日数 t 日後の乾燥収縮ひずみ(ϵ_{st})の本予測式を式(1)に、クリープ係数(ϕt)のそれを式(2)に示す。

$$\epsilon_{st} = 650 \times 10^{-6} \times h_1 \times h_2 \times h_3 \times t / (A + t) \quad \dots (1)$$

ここに、 $h_1 = 1.9 \times (0.95 - (H/100)^2)$: 湿度の影響、 $h_2 = 2.25 \times D^{-0.3}$: 部材寸法の影響

$h_3 = 2.7 - 1.7 \times E/E_c$: ヤング係数の影響

$A = (-90 + 33 \times D^{0.5}) \times 0.015 \times H$: 終局値の 1/2 に達するまでの日数

$E_c = (3.5 + 0.0023 \times C - 0.01 \times W) \times (0.83 + 0.2 \times \log(T_o))$: 基準ヤング係数 ($\times 10^5$ kgf/cm²)

T_o : 乾燥あるいは載荷開始材令(日)

$$\phi t = k_1 \times k_2 \times (1 - \exp(-0.5 \times t^{0.3})) + 1.2 \times k_3 \times k_4 \times k_5 \times t^{0.6} / (B + t^{0.6}) \quad \dots (2)$$

ここに、 $k_1 = 0.6 \times T_o^{-0.05}$: 遅れ弾性に及ぼす載荷開始材令の影響

$k_2 = E_c/E$: 遅れ弾性に及ぼすヤング係数の影響

$k_3 = 1 + 2 \times (1 - H/100) \times (15/D)^{0.5}$: 流動に及ぼす湿度及び部材寸法の影響

$k_4 = -1.3 + 0.015 \times W - 0.0014 \times C$: 流動に及ぼす配合の影響

$k_5 = 0.82 \times T_o^{0.1}$: 流動に及ぼす載荷開始材令の影響

$B = 13 \times T_o^{0.05}$: 流動曲線の形状に及ぼす載荷開始材令の影響

なお、実測ヤング係数(E)が不明な場合は、上記式中 $E = E_c$ とすればよい。ただし、この場合は骨材品質の影響が無視されることになる。

4. 考察及びまとめ

基準配合を用い、使用骨材だけを変えたときのコンクリートの圧縮強度及び変形特性値を表-1に示す。同表のように骨材が相違しても圧縮強度は殆ど変わらないが、ヤング係数や乾燥収縮ひずみはその影響を顕著に受けることが判る。従って、本予測式では適用範囲を拡大するため、前述のようにコンクリートの実測ヤング係数を予測式中に導入した。

図-1～図-3に乾燥収縮ひずみに対する各影響要因別の実測値と予測値との関係を示す。図示するように予測値は実測値とほぼ一致しており、このことから式-1は乾燥収縮ひずみに及ぼす影響要因を的確に表示していることが判る。

図-4～図-6にクリープ係数の実測値と予測値との関係を示す。図示するようにクリープ係数の場合は、乾燥収縮ひずみのそれに比べ、実測値と予測値とに多少の差異が見られる。この原因は、クリープ係数には載荷時の弾性ひずみやその後の乾燥収縮ひずみの測定誤差が含まれることやクリープひずみの生成機構が乾燥収縮ひずみのそれより複雑であること等に起因しているようである。また、同一実験条件でも最近測定したクリープ係数は6年前のそれと比べて2割程度大きくなっているが、この原因は主にJISの改訂に伴うセメント成分の変化に起因しているように思われる。

以上、紙面の関係上、他者の予測式との比較については割愛したが、少なくとも本予測式の場合、コンクリートの実測ヤング係数を予測式中に導入することで、乾燥収縮ひずみの適合性を大幅に改善できることが判明した。なお、クリープ係数の予測式に関しては、骨材品質の影響を完全には予測できないようであり、この点については今後更に検討の余地があるように思われる。

参考文献：土木学会講演集 第41回(V-178)、第42回(V-157)、第43回(V-223)、第44回(V-159)

表-1 使用骨材と強度及び変形特性との関係

粗骨材	細骨材	f_{cs}	E_c $\times 10^5$	ϵ_{saso} $\times 10^{-6}$	ϕ_{aso}
角閃岩	川砂	326	1.98	740	2.40
角閃岩	海砂	345	2.31	653	2.20
安山岩	海砂	336	2.60	630	1.97
石灰岩	海砂	330	3.00	367	2.17
石灰岩	川砂	359	2.90	464	2.68
石灰岩	川砂	353	2.71	475	2.72
石灰岩	川砂	338	2.46	527	2.92

注) 配合 C=360 W=180 一定 試験開始材令 7日

圧縮強度及びヤング係数の単位 kgf/cm^2

石灰岩、川砂の場合は上段から $s/a=37, 40, 43\%$

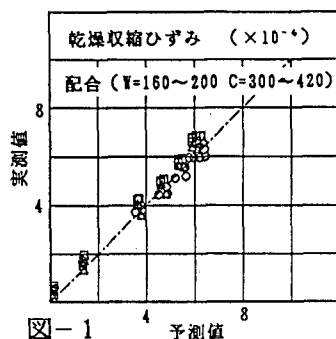


図-1

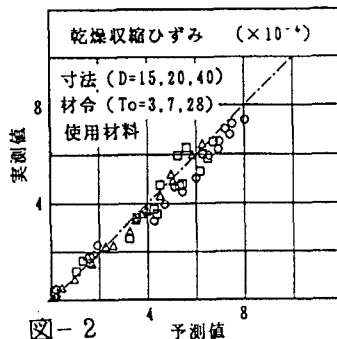


図-2

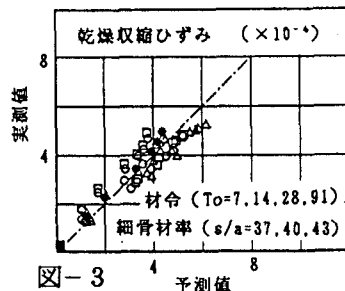


図-3

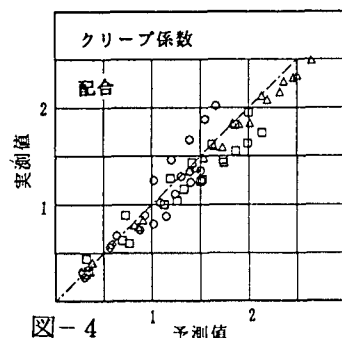


図-4

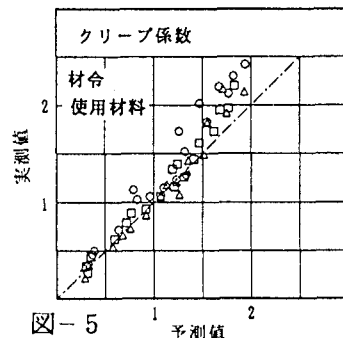


図-5

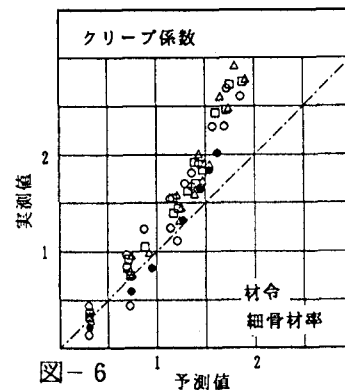


図-6