

V-24 コンクリートの沈下率の予測に関する考察

九州大学 ○学生員 源島 良一

同 上 正 員 松下 博通

同 上 正 員 牧角 龍憲

1. まえがき

筆者らは、まだ固まらないコンクリートに発生する沈みひびわれの発生条件および防止法を把握するためにこれまで幾つかの実験的研究を行ってきたが¹⁾²⁾、この沈みひびわれを引き起こす最大の要因であるコンクリートの沈下についてその定量的モデル化を図ることは、ひびわれ発生を論ずる上で非常に有意義なことと考えられる。そこで今回は、コンクリートの沈下過程を圧密過程と仮定して沈下率の算定式を誘導し³⁾、実測値と比較することによりこの仮定の妥当性についての検討を試みた。以下にその概要を述べる。

2. 沈下率の算定式の誘導

今、コンクリート表面から深さ z の点での有効圧力を p 、過剰水圧を ω とするとき、コンクリートが凝結しない限り①式の関係が近似的に成立するとする。 γ はコンクリート固成分(セメント、骨材)の水中単位体積重量で、 ζ および ξ は時間とともに変化する係数とする。さて、コンクリートの打設が短時間で終了したときのその後の沈下過程を圧密過程とみなして、打設終了後の経過時間 t と沈下率 R (沈下量の打設高さに対する百分率) との関係を導く。なお、コンクリートの高さは換算高さ $h = H / (1 + e)$ (H は現実の高さ、 e は間隙比) として計算を行う。まず、 ξ と t の関係について考える。コンクリート表面から z の深さの所の含水量は、単位時間、単位面積当たり②式に示す分だけ変化するから打設時の全換算高さ h_0 からは③式に示す分だけ減少する。コンクリート中の水の流出が生じるための水頭勾配とその浸出速度との間には、Darcy の法則から④式が成立する。打設終了時 $t = 0$ における ζ を ζ_0 として④式を解けば⑤式が得られる。ここで、打設が短時間で終了した場合には $\zeta_0 = 0$ 、すなわち $t = 0$ においてセメントおよび骨材がすべて ω で保たれるとすれば、⑥式および⑦式が求まる。ゆえに、 t までの型枠の側板の影響を考慮する必要のないときのコンクリートの単位面積からの浸出量は、Darcy の法則から⑧式として求まる。この式について、

Case 1 ; a ならびに k を場所、時間にかかわらず一定とする場合

Case 2 ; a ならびに k を時間とともに通減するとして⑩式で表す

場合 (ただし、 m は a_0 、 k_0 の値を用いて一定とする)

を考えれば、それぞれ⑨および⑪式を得る。これらの式より算定される q の値はいずれも換算高さ h_0 に対する全沈下量とみなせるから、経過時間 t までの沈下率は⑫式として求められる。

2. 実験値による考察

コンクリートの配合は、 W/C を 60% で一定としてスランブを 15、12、9、6 cm としたもの、スランブを 12 cm で一定として W/C を 50、40% としたものの計 6 配合である。使用材料は、セメントが普通ポ

$$p = \zeta \gamma z$$

$$\omega = (1 - \zeta) \gamma z = \xi \gamma z \quad \text{----- ①}$$

$$p + \omega = \gamma z \quad \zeta + \xi = 1$$

ここには有効圧力係数、 ξ は過剰水圧係数

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} a = \frac{d(1 - \zeta)}{dt} a \gamma z = -a \gamma z \frac{d\zeta}{dt} \quad \text{----- ②}$$

ここに a は圧縮係数 (cm/g)

$$a \gamma \frac{d\zeta}{dt} \int_0^{h_0} z dz = \frac{a \gamma h_0^2}{2} \frac{d\zeta}{dt} \quad \text{----- ③}$$

$$\frac{a \gamma h_0^2}{2} \frac{d\zeta}{dt} = k \frac{\gamma}{\gamma \omega} (1 - \zeta) \quad \text{----- ④}$$

ここに k は透水係数 (cm/min)

$\gamma \omega$ は水の単位体積重量 (g/cm)

$$\xi = 1 - \zeta = (1 - \zeta_0) \exp \left(-\frac{2 k t}{a \gamma \omega h_0^2} \right) \quad \text{----- ⑤}$$

$$\omega = \xi \gamma z = \gamma \exp \{-m t\} \quad \text{----- ⑥}$$

ここに $m = \frac{2 k}{a \gamma \omega h_0^2}$ (min⁻¹)

$$\frac{\partial \omega}{\partial z} = \xi \gamma = \gamma \exp \{-m t\} \quad \text{----- ⑦}$$

$$q = \int_0^t k \frac{\partial \omega}{\partial z} dt \quad \text{----- ⑧}$$

$$q = \frac{k_0 \gamma}{m} \{1 - \exp \{-m t\}\} \quad \text{----- ⑨}$$

$$a = a_0 t^{-n-1} \quad \text{(ただし } n < 1 \text{)} \quad \text{----- ⑩}$$

$k = k_0 t^{-n-1}$ ここに a_0 、 k_0 は $t = 0$ における a 、 k

$$q = \gamma k_0 \int_0^t t^{-n-1} \exp \{-m t\} dt \quad \text{----- ⑪}$$

$$R (\%) = \frac{100 q}{(1 + e_0) h_0} = \frac{100 q}{H_0} \quad \text{----- ⑫}$$

ここに H_0 、 e_0 は $t = 0$ における H 、 e

ルトランドセメント（比重3.17）、細骨材が海砂（比重2.55, F.M.2.69）、粗骨材が角閃岩碎石（比重2.94, F.M.6.44）である。コンクリートは練り混ぜ後、型枠の側板の影響を無視できるように径を60cmとした、高さ20cmの鋼製の円筒型枠に一層で投入し、打設高さが約15cmとなるように突き棒および棒状の内部振動機で締固め、表面仕上げを行った。沈下量の測定は、コンクリート表面中央にフロート（径5cm, 高さ7cm）を置き、カセットメーター（精度1/100mm）により打設後60分まで行った。

この実験により得られた値と、1において誘導した沈下率の算定式から求められた値とを比較して各配合ごとに図-1～図-6に示す。また、表-1は沈下率の算定に用いた各数値を示す。この表に示す各値は、いずれも直接求めたものではなく実験値から間接的、帰納的に求めたものである。従ってあまり厳密にはいえないが、全ての配合において、より実際に即すると思われるCase 2の方がより実験値に近い値を与えていること、コンクリート中に占める微少な粒子の割合が増すほどその値が減少すると予想される透水係数 k が、 W/C の低下により顕著に減少していること、などを考え合わせれば、1で導いた算定式の関数形はある程度適切なものともなせるであろう。

表-1 沈下率の算定に用いた数値

配合 番号	k $\times 10$ cm/min	a $\times 10$ cm/grf	m min ⁻¹	n
I	0.37	0.33	0.0160	0.99
II	0.31	0.30	0.0145	0.97
III	0.28	0.27	0.0140	0.95
IV	0.26	0.28	0.0135	0.94
V	0.19	0.26	0.0105	0.96
VI	0.11	0.22	0.0070	0.96

すなわち、まだ固まらないコンクリートの沈下過程を圧密過程としてモデル化することは妥当であると推察される。

（参考文献）

- 1) セメント技術年報 36 1982
- 2) 第38回土木学会年次講演集 1983
- 3) 土木学会論文集 1952.9

