

のである。JIS のセメントの物理試験方法には「セメント 50 t またはその端数ごとにその平均品質を表わすように 1 口 5 kg 以上の試料をとる」となっており、また、土木学会制定のコンクリート標準示方書には、「現場では工事中コンクリートが所要の品質のものであるかどうか確かめるため強度試験をしなければならない、そして同時に造った標準供試体 4 個のうちの最小圧縮強度は所要強度 σ_s 以上でなければならない」と記されている。以上のような試験方法はコンクリートの品質を積極的に管理してゆくためには改める必要があろう。

セメントの試験は、品質管理のためにはコンクリート 1 バッチ分のセメントの平均の品質を知るようにすべきである。筆者が現場で新鮮なバラセメントを試験した結果では、JIS の方法によつた場合 5.8% の見かけの変動(試験誤差を含むものを変異係数で示す)を示したものが、1 バッチ単位で試験すると 8.3% であつた。コンクリートの強度試験については、品質を確かめるためには供試体を 4 個づつとることも必要であるが、積極的に管理してゆくためには普通の現場では 4 個づつとる代りに 2 個づつとつて回数を 2 倍に増加し、しかも試料を採るバッチは無作為に決める方が望ましいことを理論的に確かめた。このことにより時間労力が非常に軽減されて能率的となる。このことはセメントの試験についても云えることである。そしてこのような試験によつて得られる強度の変動は、品質による変動と試験による変動とが含まれているので、この両者を区別して品質の真の変動を推定することが必要となつてくる。

また、試験結果が満たすべき条件としては、コンクリート示方書には、同時に造った 4 個の供試体の最小強度が所要強度 σ_s 以上でなければならないとなつてはいるが、4 個の最小値が何を意味するか検討を加えてこれに代るべき方法と、さらに目標とすべき平均強度のとり方についても考察した。

つぎに、強度試験をするとき供試体の製作、取扱い、試験などの関係から、他とかけ離れた強度を示すことがあるので、このような値をいかに取り扱えばよいか問題となる。この場合のデータの棄却検定を現場で簡単に行う方法について考察した。

さらに、データを整理する場合、2 つの変量 x, y の関係を求める場合が往々あるが、近年統計的な取り扱いによる新しい最小自乗法が取り入れられて、より合理的な関係が求められるようになった。しかし、この方法も実際に即応しない疑問点があるので、これに対する検討を行つた。

以上、現場でコンクリートの品質管理を行う場合に生じてくる基礎的な問題を実際に現場に携わつた経験をもとにして研究してきたが、今後研究すべき幾多の問題が残されているのでその究明に努力してゆきたい。

本研究は、東大丸安教授の御指導のもとに行つたものでここに深く感謝の意を表する次第である。

(総—5) 堤体 2 次元圧密の研究

- (1) 堤体基礎の間隙圧分布
- (2) 盛土の施工制御に対する考察

(昭和28年度土木学会奨励賞論文)

准員 京都大学工学部 赤井 浩 一

これら一連の研究は、おもに軟弱地盤上に設けられる堤状構造物の安定解析の問題において、支配的な要因である基礎地盤の 2 次元的な圧密現象について理論的解明を試みたものである。これらの構造物のなかでも、種々の目的のために建設されるアースダムは、普通のコンクリートダムを造ることができないような貧弱な地盤を基礎としているものが多いため、その安定解析にあたつて軟弱地盤の圧密沈下に対する考察をゆるがせにはならない。事実過去におけるアースダムの破壊の多くは建設中、あるいは完成直後に生じた基礎地盤内の剪断応力の増加に原因しており、その対策として施工時地盤内の間隙圧を実測し、これが極端に大きくならないように、盛土の施工を制御する方法を採っている。

第 1 の論文においては、堤体基礎地盤に生ずる間隙圧の分布を明らかにするために、Biot の 3 次元圧密の一般論を、さらに具体的な堤体基礎の圧密過程としての 2 次元問題に応用し、圧密の基本理論式

$$\dot{w} = c p^2 w \dots\dots\dots (1)$$

から出発して、現実が生じ得る 2, 3 の境界条件の下で式 (1) の解を誘導した。すなわち、荷重が等分布の場合に Neuber の弾性論を用いて、地表面荷重を行つた瞬間の地盤内の間隙圧分布

$$w_0 = \frac{q}{\pi} \cot^{-1} \frac{x^2 + y^2 - a^2}{2ay} \dots \dots \dots (2)$$

を求め、この式 (2) を初期条件として半無限地盤内の間隙圧分布を得るため、式 (1) を解いて次式を得た。

i) 瞬時荷重の場合

$$w = \frac{q}{4\pi^2 ct} \int_{-\infty}^{\infty} d\lambda \int_0^{\infty} d\mu \cot^{-1} \frac{\lambda^2 + \mu^2 - a^2}{2a\mu} \left[\exp \left\{ -\frac{(x-\lambda)^2 + (y-\mu)^2}{4ct} \right\} - \exp \left\{ -\frac{(x-\lambda)^2 + (y+\mu)^2}{4ct} \right\} \right] \dots (3)$$

ii) 漸増荷重の場合

$$w = \frac{\bar{q}}{4\pi^2 c} \int_{-\infty}^{\infty} d\lambda \int_0^{\infty} d\mu \cot^{-1} \frac{\lambda^2 + \mu^2 - a^2}{2a\mu} \left[-Ei \left\{ -\frac{(x-\lambda)^2 + (y-\mu)^2}{4ct} \right\} + Ei \left\{ -\frac{(x-\lambda)^2 + (y+\mu)^2}{4ct} \right\} \right] \dots (4)$$

さらにこの論文では、求められた理論解、式 (3)、式 (4) の積分を実用的な数値計算に適するように近似させる方法について詳述し、その方法の数学的な可能性と許容誤差の範囲についての検討を行った。このため i), ii) のおのおの場合について簡単な数値計算の結果を例示し、両者の圧密機構の相異を明らかにしたが、この間隙圧分布の経時変化が、第2の論文において述べる盛土の施工制御における間隙圧—時間曲線の理論的根拠となったものである。

また、この堤体基礎の間隙圧分布の理論解は、単に半無限地盤上の等分布荷重だけでなく、さらにダムの実実に合致した放物線分布荷重の場合、軟弱地盤の深さが有限な場合、地盤の透水係数が水平方向と垂直方向とで異なる場合、及び堤体基礎のみならず、アースダム自身の内部間隙圧の分布を考慮する場合などにも拡張できることがわかった。同時に、その後の研究によつて、圧密の偏微分方程式 (1) の圧密係数 c が常数でなくて位置の函数として表わされるような最も一般的な場合について、近似的な解法への端緒が得られ、また、このようにして求められた間隙圧の理論解は、現地の堤体基礎における水圧計の実測記録とよく類似した分布形状を与えている。

第2の論文は第1の論文の結果にもとづいて、盛土荷重の増加にともなう地盤の圧密と強度増加の関係を理論づけ、その機構を明らかにしたものであつて、現実的には軟弱地盤上の盛土の施工制御という形で問題が提出されている。この論文においては、盛土の施工が地盤の剪断強度の減少、すなわち地盤内間隙圧の増加の割合によつて制限されることに着目し、従来きわめて経験的にしか取り扱われなかつた施工速度の制御問題に対して、理論的解釈を与えた点に特色を有する。ここでは間隙圧を有する軟弱地盤の塑性流動機構を、地盤の進行性破壊作用として取り扱った。

まず間隙圧を有する地盤の剪断強度が

$$\tau = C + (\sigma - w) \tan \varphi \dots \dots \dots (5)$$

で表わされるものとして、この式 (5) に Mohr の流動条件を適用した結果、例えば均一基礎地盤の表面に等分布荷重が上載する場合の塑性荷重は

$$\left. \begin{aligned} q &= \eta_c' C + \eta_b' \tau_s B \\ \eta_c' &= \frac{\pi \cos \varphi}{\sin 2\varepsilon - 2\varepsilon \sin \varphi + \pi w^* \sin \varphi}, \quad \eta_b' = \eta_c' \tan \varphi \frac{\cos 2\varepsilon + \cos 2\psi}{2 \sin 2\varepsilon} \\ w^* &= \frac{1}{4\pi^2 ct} \lim_{\substack{\Delta \lambda \rightarrow 0 \\ \Delta \mu \rightarrow 0}} \sum_{\lambda=-\infty}^{\infty} \sum_{\mu=0}^{\infty} \cot^{-1} \frac{\lambda^2 + \mu^2 - a^2}{2a\mu} \left[\exp \left\{ -\frac{(x-\lambda)^2 + (y-\mu)^2}{4ct} \right\} \right. \\ &\quad \left. - \exp \left\{ -\frac{(x-\lambda)^2 + (y+\mu)^2}{4ct} \right\} \right] d\lambda d\mu \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (6)$$

で表わされた。式 (6) によつて堤体圧密の初期にあつては、高い間隙圧の存在のために地盤の支持力がいちじるしく低下することを知ると同時に、この現象が盛土の施工制御の問題解決の重要な指針となることに気づいた。

以上のごとく、この一連の研究において取り扱った問題は、単にアースダムだけでなく、軟弱地盤上に建設される各種土構造物の安定解析に重要な影響を有する問題であつて、これらの研究が今後現地における問題の処理方法に、設計並びに施工計画に、土質力学的な何らかの助言を与え得るものとすれば、著者の喜びこれに過るものはない。

本研究に対し終始御指導を賜わつている京大教授 村山朔郎博士に深謝の意を表するとともに、昭和26年度文部省科学研究費 (堤体の土質工学的研究)、昭和28年度文部省科学研究助成補助金 (土堰堤の施工制御に関する研究) の交付を受けたことを附記して謝意を述べたい。