

II-334 開削工事に伴う地下水流れの三次元特性に関する検討

埼玉大学工学部

正員 ○佐藤 邦明

(株) 熊谷組 (埼玉大学研究生) 正員 伊藤 洋

はじめに

周知のように地下開削における地下水流は元来三次元流であるが、便宜的に従来断面二次元流の解析によって処理されて来たこともあってははっきりしていないところがある。流れの基本的性質をはっきりさせるため、著者らは既に三次元サンドモデルによる実験を試み、二次元流解析結果と比較して流れの特性について検討を行い、その基本的性質を明らかにした。¹⁾ 実際には、設計を行う上で具体的にどういった場合に三次元的検討が必要となるかについては、現場では知りたい所である。本報は、この点を明らかにするため、開削場平面寸法比、壁深さ等を種々変えて実験および解析を行い、従来の二次元流解析によって得られる結果と比較検討したものである。

1. 開削モデルと実験

開削モデルは、図-1に示すように、水平不透水層上の一様均質地盤に平面寸法 a 、 b および深さ c の土留壁を設けたものとする。地下水位は初期に H_0 であり、不圧状態において掘削すると場内地盤面が初期水位より下る。そのため湧水を生じ、壁付近の水位は低下する。この場合の地下水流は明らかに三次元流であって流れは開削場に向う収束流である。実験は、円形地盤モデル (深さ 0.3 m、直径 1.0 m) と大型矩形地盤モデル (深さ 0.6 m、一辺長さ 2.0 m) を用いて行なわれた。開削平面寸法比 a/b は、前者の場合は $a/b=1$ ($a=b=0.1$ m)、 $a/b=3$ ($a=0.15$ m、 $b=0.05$ m)、後者の場合は $a/b=1$ ($a=b=0.2$ m)、 $a/b=5$ ($a=0.5$ m、 $b=0.1$ m) のそれぞれのタイプで行なう。また、初期水位 H_0 は、 $H_0/R \approx 0.5$ とし、 D および δ を種々変えることにより、湧水量、水位低下量、ボーリング発生の有無について測定した。使用した砂は均質砂で、円形地盤の場合は、50% 粒径 $d_{50}=0.51$ mm、均等係数 1.46 で、大型矩形地盤の場合は、 $d_{50}=0.38$ mm、1.12 で、透水係数は各々 $k=1.41 \times 10^{-3}$ m/s、 7.15×10^{-4} m/s であった。つぎに、三次元流解析は、図-1の 1/4 モデル (図中、 $\dot{F}-\dot{C}-\dot{E}$ 平面内) で、SIGNAS (有限要素法による総合地盤解析システム) を用いた飽和浸透流解析により、計算条件は上述したサンドモデル実験と幾何学的相似を満足するように決めた。また、二次元流解析は図-2に示すように不圧、被圧モデルに分けて行った。

2. 結果と考察

地下開削における土留壁周辺の地下水流の基本的挙動の予測を行う際、どういった場合に三次元性が卓越するかについて吟味してみよう。まず、湧水量に注目すると、数値解析によって得られた二次元と三次元の湧水量比 Q_{II}/Q_{III} と開削寸法比 a/b の関係が図-3である。図中、 a/b が増すにつれ Q_{II}/Q_{III} も大きくなり 1 に近づくが、二次元モデルの選定断面や影響圏までの距離 $2R/b$ によってかなり異な

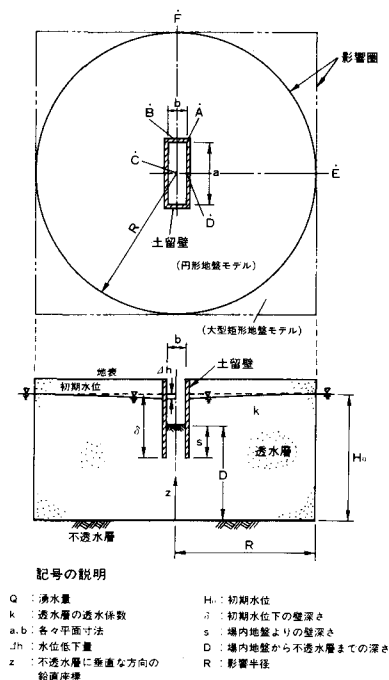


図-1 開削モデルと関係水理量

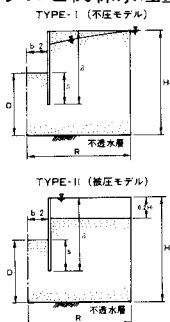


図-2 二次元流解析モデル

ることも同時に読みとれる。

二次元不圧モデルでの湧水量算定は、 a/b がかなり大きくなると三次元のそれとの差を生むが、二次元被圧モデルを用いて湧水量予測を行う場合は、 $2R/b > 10$ で $a/b > 3$ 程度であれば三次元湧水量との差は小さく、実用上は二次元流解析によっても十分であろう。図-3 数値解析による $Q_{II}/kab/Q_{III}/Kab$ つぎに、土留壁周辺の水位低下量 Δh に注目すると、

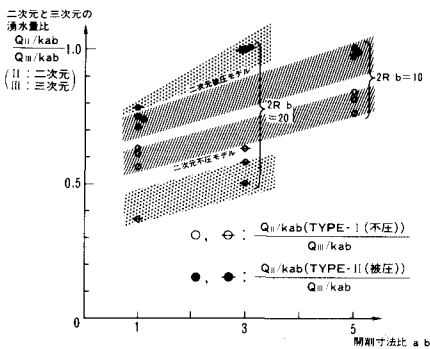


図-3 数値解析による $Q_{II}/kab/Q_{III}/Kab \sim a/b$ の関係

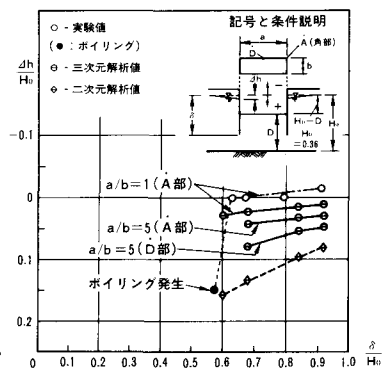


図-4 $\Delta h/H_0 \sim \delta/H_0$ の関係

図-4は、無次元水位低下量 $\Delta h/H_0$ と無次元壁深さ δ/H_0 の関係を、 a/b をパラメータとして示したものである。水位低下量は、壁深さが浅くなる(δ/H_0 が小さくなること)につれて大きくなり、ボイリングが発生すると急激に増大することが認められる。また、 Δh は、 a/b が増大するにつれ大きくなるが $a/b=5$ の場合でも二次元と三次元によるその差は大きいことがわかる。このことは、二次元水位低下量は、地盤沈下等の問題を考える場合には少なくとも設計上安全側の値を与えるが、実際のそれとはやや異なると見れよう。つぎに、地盤の安定問題上重要なボイリング判定について考えてみる。ボイリングの判定を、土留壁先端の過剰水圧 h_e と土重量のバランスを考えたTerzaghi法により行おうとすれば、実験結果は、Terzaghi式 $Fs = 2sr' / (\delta - s)$ において、ボイリング発生時 δ_i とその前の δ_{i-1} の平均 $\bar{\delta} = (\delta_i + \delta_{i-1})/2$ で $Fs = 1$ として h_e を逆算し得る。ここで、 Fs :安全率、 r' :土の水中単位体積重量である。図-5は、一様地盤においてボイリング発生の重要なポイントとなる角部⁰⁾における二次元と三次元の過剰水圧比 h_{eII}/h_{eIII} と a/b の関係を示したものである。これより、角部における h_{eII}/h_{eIII} は、 a/b によってあまり変化せず、0.4~0.9の範囲にあることがわかる。このことは、角部の地下水挙動は、厳密には三次元流解析によらなければ、十分でないこととなる。

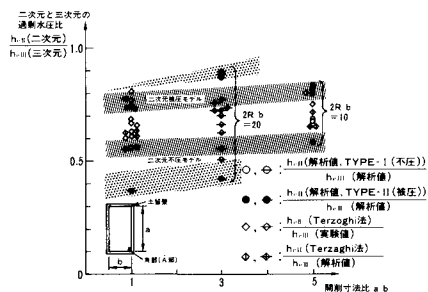


図-5 開削場内角部(A部)における $h_{eII}/h_{eIII} \sim a/b$ の関係

一つの目安としては、Terzaghi法を基に判断する場合、過剰水圧を約4割程度割増して見積っておけばよいと思われる。図-6は、長辺方向土留壁中央部におけるそれらの関係を示したものであり、 h_{eII}/h_{eIII} は、 a/b が増すにつれて増大することがわかる。

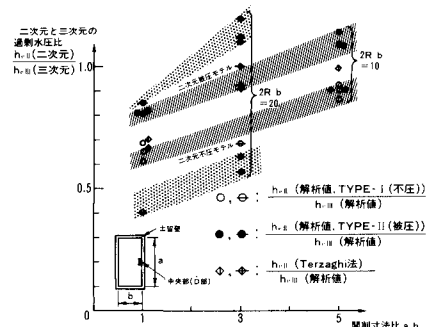


図-6 数値解析による開削場内の長辺方向土留壁中央部(D部)における $h_{eII}/h_{eIII} \sim a/b$ の関係

この場合のボイリング判定は、 $2R/b > 10$ の場合は $a/b > 5$ で、 $2R/b > 20$ の場合は、 $a/b > 3$ 程度であれば簡便なTerzaghi法によっても十分推定し得ると思われる。また、 $a/b = 1$ に近い場合は、角部と同様過剰水圧を4割程度割増して見積る必要があろう。