

◆ 環境影響評価特集 ◆

地下構造物が地下水障害に影響を及ぼす要因について

三木博史* 古本一司**

表-1 地下構造物建設に伴う地下水の問題

1. はじめに

地下構造物建設に伴う地下水の問題としては、表-1 のようなものがある。表に示すように、地下水の問題は、量の問題と質の問題に大別することができる。さらに施工中に発生する問題と、施工後に起きる問題の 2 つに分けることができる。このうち、本文で取り扱うのは、施工後に発生する量の問題(地下水流動阻害)である。具体的には、(1) 地下トンネル、堀割道路、上下水道など長大な地下構造物による地下水脈の遮断に伴う、上流側での地下水の堰上げ、下流側での井戸水の枯渇(2) 施工中、現場への地下水の流入を防ぐ等のために設置する地下遮水壁を、施工後も残置することにより、地下水脈を遮断することに伴って発生する地下水流動阻害(3) 河川における漏水防止のための遮水矢板等の打設により発生する地下水流動阻害などの問題がある。

このような問題においては、透水層中に建設した構造物の規模、地下水の動水勾配等の違いによって、どの程度地下水位が変動するのか、また、透水層の深さが変化する場合、どの程度閉塞すると地下水への影響が見られるのか、といった点が不明確である。

またこれらの問題は、平成 10 年建設省令第 10 号にて、環境影響評価対象の標準外項目として取りあげられているが、影響評価手法としての浸透流解析手法を確立する必要があり、本研究は、マニュアル策定のための基礎的研究の一つとして位置づけられる。

そこでまず、透水層中に構造物を建設した場合に、その位置や規模が、地下水の流動状況に及ぼす影響について、準 3 次元浸透流解析を用い検討した。また、透水層の深さが変化し、地下構造物によって透水層が完全に遮断されないような場

量の問題	施工中	①揚水に伴う周辺の地下水位(压)の低下による井戸の枯渇、地盤沈下 ②揚水した水の処理
	施工後	①地下水の流動阻害(地下水のせき上げ等) ②水位変動による植生などへの影響(湿地化や乾燥化の発生)
質の問題	施工中	①濁水汚染(掘削濁水の浸透汚染) ②薬液注入工法を実施することによる地下水汚染 ③海岸近くの地盤掘削の際の塩水化
	施工後	①長期にわたる濁水や注入材の浸透汚染 ②地下水位低下による地下水塩水化

合に、どの程度地下水障害が発生するのかを、実現象として把握するため小型土槽を用いて模型実験を行った。

その結果、地下構造物の規模や地下水の動水勾配、透水層の開口率が地下水流動状況に与える影響などに関する知見が得られたので、その概要を報告する。

2. 地下構造物建設による地下水流動阻害に関する準 3 次元浸透流解析

2.1 解析の目的と概要

地下構造物が透水層中に建設され、地下水の鉛直方向の回り込みが遮断された場合に関して、地下構造物と地下水の流動状態との関係を把握するために準 3 次元浸透流解析を行った。解析ケースを表-2 に示す。

解析領域は構造物を中心とした 1,500m 四方の正方形で、深さ方向には 27.5m まで解析を行った。図-1 の平面図に示す領域の左右の境界における水の出入りはないものとした。また、構造物の下端は不透水層に着底しており、鉛直方向の回り込みはない。地下水流と構造物長軸のなす角度を θ として定義し、地下構造物の規模 L 、地下水の方向 θ 、及び動水勾配 I を変化させた。

2.2 解析結果

図-2 に構造物設置後の地下水位変動の解析結果の一例を示す。地下構造物の影響により、構造物の周辺で地下水位変動が生じていることが分かる。

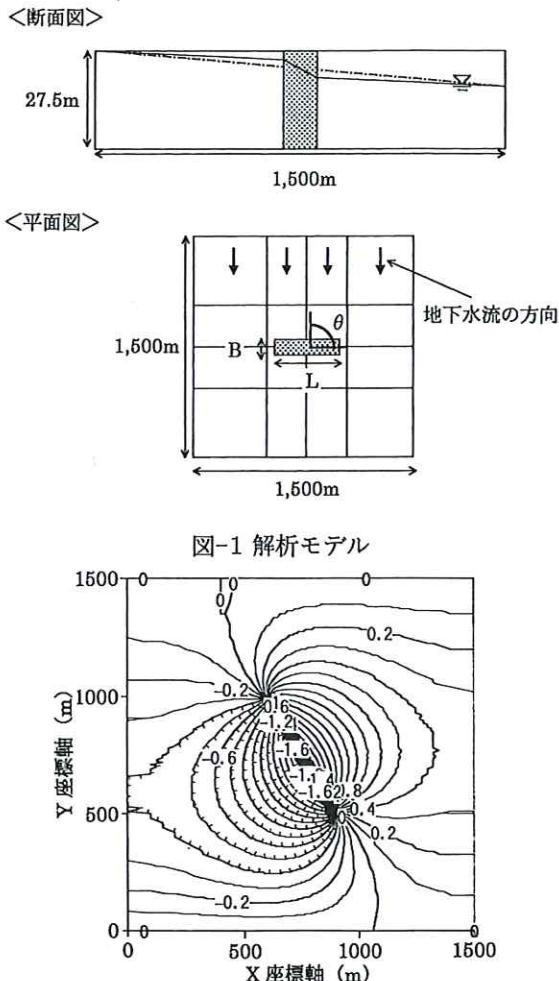


図-1 解析モデル

以下、地下構造物の規模や地下水水流の方向、動水勾配が地下水位に与える影響について検討する。

2.2.1 地下構造物の規模の影響(解析ケース 1~4)

図-3に構造物の規模を変化させたときの、構造物からの距離と地下水位差(下流側)の関係を示す。

地下構造物が、 $50 \times 100\text{m}$ 程度のものであれば、地下水水流の回り込みにより、地下水位にはほとんど影響はない。しかし、 $50 \times 600\text{m}$ となると構造物直近で3m以上、構造物から500mの地点で1m程度の水位差が生じており、地下水位の変動が無視できなくなっている。

2.2.2 地下水流の方向の影響(解析ケース 1,5,6)

図-4に地下水流の方向を変化させたときの構造物からの距離と地下水位差(下流側)の関係を示す。

地下水水流と構造物のなす角度が 60° 程度の場合、 90° の場合に比べて大きな違いはないが、 30° 程度になると、地下水の回り込みにより流動阻害を軽減することができる。よって、構造物が大き

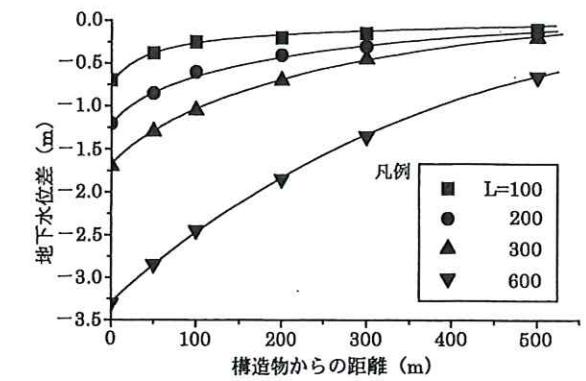


図-3 構造物の規模の影響

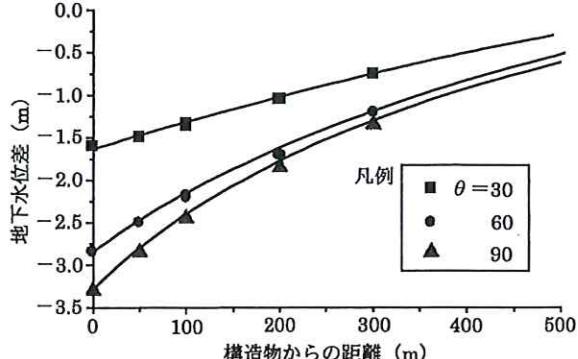


図-4 地下水流の方向の影響

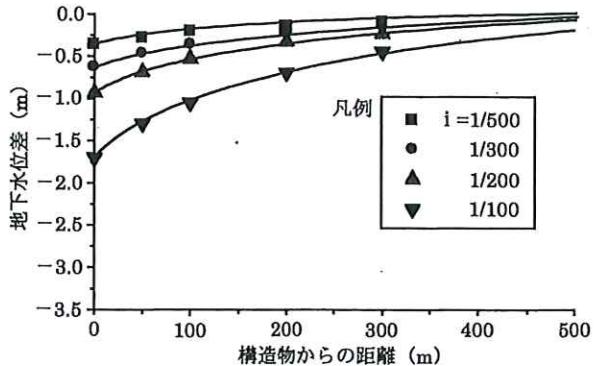


図-5 動水勾配の影響

く流動阻害のおそれがある場合、通水工法といった対策だけでなく、位置関係の変化も効果的であることが分かる。

2.2.3 動水勾配の影響 (解析ケース 1, 7~9)

図-5 に動水勾配を変化させたときの構造物からの距離と地下水位差(下流側)の関係を示す。動水勾配が 1/200 になると、かなり水位差はなくなり、さらに 1/500 程度であれば、地下水の回り込みは十分期待でき、地下水変動はほとんど生じないことが明らかになった。

2.3まとめ

準3次元浸透流解析の結果、動水勾配、地下水流と地下構造物のなす角度、地下構造物の規模が地下水流动に与える影響が明らかになった。特に、透水層幅に対し地下構造物の幅が4割程度であると、地下水の回り込みが十分でなく、構造物の上・下流域のかなりの範囲で地下水位の変動を無視できない可能性がある。また、構造物と地下水流となす角度が 30° 程度であれば、影響は小さく抑えられると考えられる。また動水勾配も 1/500 程度の場合、構造物の存在による地下水位の変動は小さい。しかし 1/100 程度の場合、地盤の透水係数や、地層の状況などによるが、変動量が大きくなる可能性がある。

3. 透水層の閉塞の程度が地下水流动阻害に及ぼす影響に関する小型土槽実験

3.1 実験の目的と手法

2. で述べた解析結果の検証、および透水層の深さが変化し、構造物が透水層を完全に閉塞しない、のような場合の地下水の流況を調査するために、小型土槽を用いた模型実験を行った(図-6)。

実験は、表-3 に示す 8 ケースについて 2 種類の動水勾配を与えて行った。

ケース 7,8 においては、透水層の深さが変化するように模型および地盤を作成し、地下水が狭隘部に集中した場合の地下水障害の発生状況について調査した。実験では、まず排水量を測定し、地下水が定常状態にあることを確認した後、ピエゾメーターにより地盤中の水頭値を測定した。

3.2 実験結果

図-7 に実験結果の一例を示す。各ケースにおいて、地盤密度などにバラツキがあったが、構造物の周辺で地下水の回り込みが発生し、水位変動(上流側では上昇、下流側では低下)が生じた。また、地下構造物の位置や動水勾配の違いによって、地下水の流动阻害状況が異なっている。以下、地

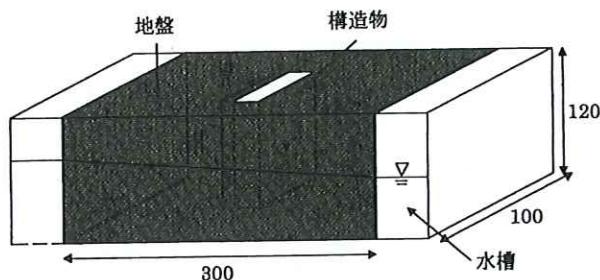


図-6 実験の概要 (単位:cm)

表-3 実験ケース (動水勾配 1/10 および 1/20)

ケース	構造物 (H×W (cm))	検討事項
1	なし	
2	120 × 60	水平方向の 回り込み
3	120 × 80	
4	84 × 100	鉛直方向の 回り込み
5	96 × 100	
6	108 × 100	透水層の深さが 変化する場合
7	84 × 100	
8	81 × 100	

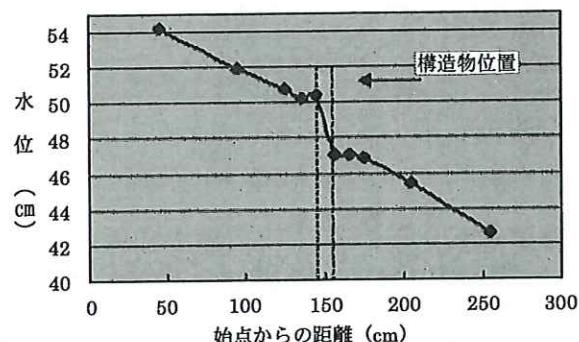
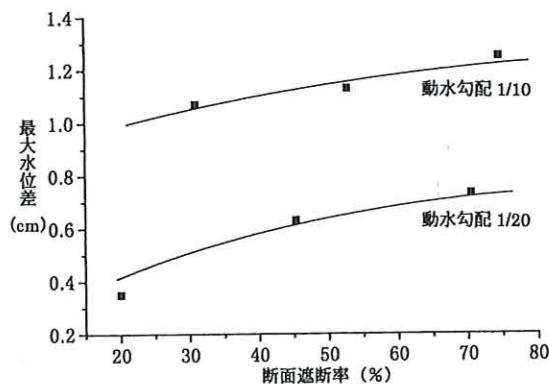


図-7 水頭値測定結果例 (ケース 5)



下構造物の位置や、動水勾配が、地下水に与える影響について検討する。

3.2.1 水平方向の回り込みについて

水平方向の回り込みがあるケース(2, 3)を比較すると、動水勾配が大きいほど、また構造物が大きいほど水位変動が大きいという結果となり、準

3次元解析結果と同様な傾向が見られ、解析の有効性が確認された。

3.2.2 鉛直方向の回り込みについて

鉛直方向の回り込みがあるケース(4~6)を比較すると、動水勾配が大きいほど、水位変動が大きいという結果となった。(図-8 参照)

ただし、透水層断面を少なくとも20%程度開口すれば、遮断率による水位変動の変化量はそれほど大きくなく、遮断の影響は小さいと考えられる。

3.2.3 透水層の深さが変化する箇所における地下水の挙動

透水層の深さが変化するような場合、透水層の深くなっている箇所に地下水が流れ込み、構造物周辺で大きな水位変動が発生するなど、3次元的な地下水の流れを確認することができた(図-9 参照)。

3.3まとめ

模型実験より、構造物周りの地下水の挙動が明らかになった。また、透水層の深さが変化する箇所における地下水の回り込みの状況も再現することができ、透水層をある程度開口することにより、地下水位の変動は小さくなる。その開口率が20%程度であれば、地盤の透水係数などにもよるが、構造物の存在による地下水位への影響は小さく抑えられる可能性があることが明らかになった。

4.まとめと今後の課題について

(1) 動水勾配、地下水流と地下構造物のなす角度、地下構造物の規模が地下水流动に及ぼす影響が明らかになった。特に、透水層幅に対し地

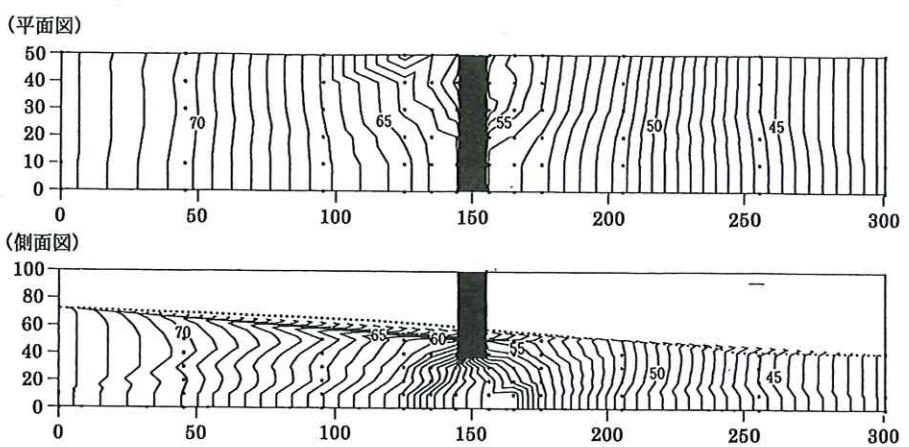


図-9 地下水流の等ポテンシャル面(単位:cm)

下構造物の幅が4割程度であると、地下水位の変動を無視できない可能性がある。また、構造物と地下水流となす角度が30°程度であれば影響は小さくなる。また動水勾配が1/500程度の場合、地下水位の変動量は小さいが、1/100程度になると地盤の透水係数や、地層の状況などによるが、変動量が大きくなる可能性がある。

(2) 小型土槽を用いた模型実験により、透水層の一部が開口されているような場合、開口率が20%程度あれば、透水係数などにもよるが、地下水位変動は小さく抑えられることが明らかになった。

(3) 透水層の深さが変化し、透水層が完全に閉塞されないような箇所における地下水の解析には、3次元の解析が必要である。そこで、今回実験で得られたデータをもとに3次元浸透流解析を行い、その検証を行う予定である。

さらに、地下水流动阻害の影響予測手法の確立および対策工を検討していく上で、特に水理定数(透水係数、帶水層成など)や流动阻害断面積(層厚、流动幅)、及び迂回流动経路(上下、左右)と地下水との関連の解明を行うことが、今後の成果として期待される。

三木博史*



建設省土木研究所材料施工
部土質研究室長、工博
Dr.Hiroshi MIKI

古本一司**



同 土質研究室研究員
Kazushi FURUMOTO