

神戸大 工 正 田中 茂

神戸大 工 正 ○ 神村 秀

1. はじめに

地下水に関する研究は、それが取水、その他各種の水源として利用される第4紀層においては、数多く行われその成果についてはさまざまな機会に発表が行われている。しかし、岩盤中に存在する地下水についてはその究明はあまり進んでおらず、トンネル掘進時に多量の湧水がわかれたときに問題とされるくらいで終っているのが現状と言えよう。筆者らは、山地に発生する崩壊について従来よりその研究を進めているが、豪雨により発生する崩壊を考えると、豪雨による雨水の表土層内への浸透だけが崩壊が発生するとは必ずしも断定できないと考えられている。もちろん崩壊が発生する原因は、単に豪雨のみならず崩壊発生場所の条件(素因)により大きく影響を受けることは言うまでもない。しかし、崩壊の発生に直接的な原因となる水に関しては、単に豪雨による雨水の表土層内への浸透のみならず、岩盤中に存在している地下水が大きく崩壊に寄与しているものと筆者らは考えている。田中はこれらの地下水が存在している場所を岩盤中の「わたり目」と考え、これを「破砕帯」と呼び、これまで種々の研究結果を発表してきた。ここでは、このような破砕帯の中に存在する地下水が降雨によりどのように変動するかを調べる目的で現地で実測を行ったので、その結果について報告し、検討を加える。

2. 調査場所の概要

本調査場所は六甲山系の中腹部に位置し、東は住吉川支流西谷川と、西は石屋川支流新田川により囲まれた標高385mの比較的に孤立した山形をなしている場所である。この場所が、原地盤を70~80mの切り取りを行い、これにより約38万平方メートルの土地を造成する目的で、昭和36年度より神戸市による工事が着手された。調査場所付近の地質図を図-1に示した。この図にも明らかにように、この場所は六甲山系の崩壊帯を形成する大きな断層が、北は大月断層、中腹に五郎断層、南には瀬森断層と三つを走っており、この場所の地質構造上の複雑さを示している。岩質は大部分が六甲山系の主体を構成している六甲花崗岩であり、南の一部には瀬森断層を境にして下飯層群下飯層が存在している。

3. 調査結果

本調査場所内の法面(図-1、○印部)で、昭和42年10月、地すべり性の崩壊の発生したため、この崩壊の原因の追求と防止方法調査のための表-1に示す諸元により、図-2に示す場所において、鉛直ボーリングおよび水平ボーリングを神戸市と田中らと相談のうえ行った。まず、地盤の地下水位を測定する目的で、鉛直ボーリングをNo.1~No.3まで三本行った。この結果、孔内水位は

図-1 調査場所付近地質図

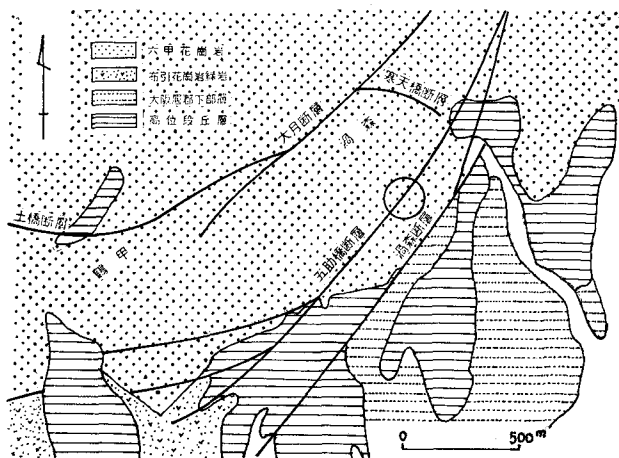


表-1 ボーリング諸元表

ボーリング番号	延長(m)	ボーリングロースト(%)	スロートロースト(%)	方向
No. 1	35	66	55	鉛直
No. 2	25	66	55	"
No. 3	20	66	55	"
No. 4	30	66	55	"
No. A	55	76	60	水平
No. B	110	120	100	"
No. D	170	76	60	"

約1m前後(地盤高は280m前後)と非常に高い水位を観測したため、この水位の低下を図るために、No.A水平ボーリングを行った。この水平ボーリングの方向は図-1からも明らかのように前線場所から五助橋断層の付近にあり、この断層破砕帯に地下水が存在しその箇所から溢流していたのでこの断層を横切るような方向で行った。このボーリングの施工時期および湧水量を図-3に示す。このボーリングの表土よりNo.1が約6m、No.2が約2m、No.3が約3mの孔内水位の低下がみられた。これらの垂直ボーリングは図-2で示すようにそれぞれ水平ボーリングからの垂直距離を覚えており、これらの孔内水位の低下状況の観測により水平ボーリングの有効間隔と求めようとしたが、この結果によると前線場所では約30m間隔で行えば十分と見えて2m以上の地下水の低下を図ることができた。しかし、湧水量が一定(約20%)になると孔内水位は一定になり、それ以上の水位の低下がみられず、これは地下水の供給源に供給される量とボーリングによる湧水量の平衡状態に達したことを示していると思われる。また、図-2に示す位置、すなわち、No.Aボーリング孔口の地盤高より約11m下げた、水平ボーリングNo.Bを行った。この結果、垂直ボーリング孔内水位は約3m程度の低下がみられた。一方、水平ボーリングNo.Aでは湧水が停止した。このNo.Bボーリングにおいても湧水量が一定になると孔内水位も一定となり、No.Aの場合と同じことが言える。このほか別の法面においてまた地下水の浸出がみられた。このため図-2に示すような場所における垂直ボーリングNo.4を施工し、これを水位観測井とする。また、No.Dの水平ボーリングを施工した。この水平ボーリングの方向は、

図-2 ボーリング実施場所位置図

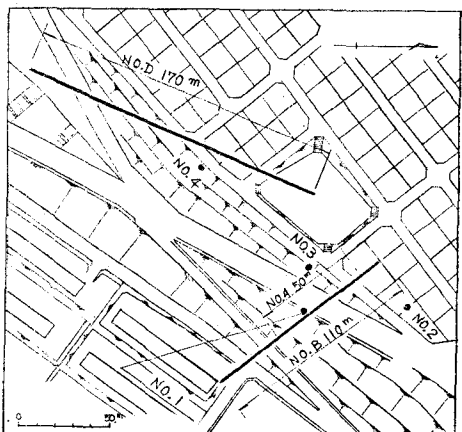


図-3 孔内水位、湧水量および降雨量測定結果(I)

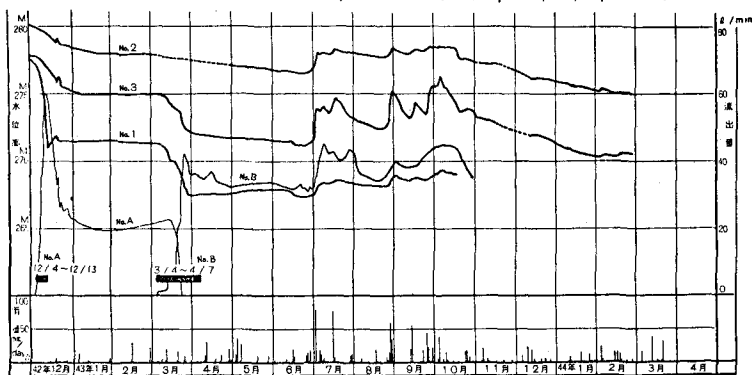
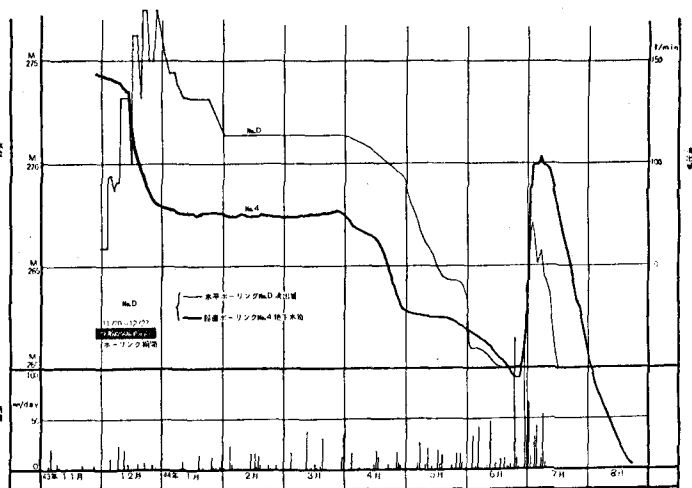


図-4 孔内水位、湧水量および降雨量測定結果(II)



つまりは、No.AおよびNo.Bの水平ボーリングの方向が五助橋断層を横切るような方向で行ったのに対し、この断層より枝分れしている副断層に沿って施工した。これは、断層を越える場所から離れた地点で断層にほとんど平行に浸出している場所があり、この地点からの水がNo.AおよびNo.Bボーリングの湧水の水源になっている。

うであったため、むしろ直接は水と接触するより効果があると思われる方向で行った。このボーリングの結果を図-4に示す。NaDボーリングの掘進とともに湧水量とすべ線がいくつかのピークが存在を示しているが、これは破砕帯にボーリングが達したときの湧水量の増加を示しているものと思われる。この水平ボーリングの施工により、街道ボーリングNa4の孔内水位は約10m低下した。これ以後、この付近の法面は安定し、現在に至っている。

一方、これらの湧水量および孔内水位を継続測定した結果を図-3および図-4に示した。これらの図には現地での測定した降雨量も示している。図-3では、6月下旬から10月まで、湧水量および孔内水位は大きな変動を示しているが、この時期には秋雨期の豪雨や台風による豪雨が発生しており、この豪雨と湧水量、孔内水位の変動は明確な相関関係を示していることがわかる。しかも、これらの測定量に変動をおよぼす降雨量は、日雨量50mm以上の降雨があれば急速に湧水量の増加および孔内水位の上昇があることを示している。しかも、これらの変化は降雨後すぐに発生しており、一方、ピークに達した後の孔内水位の低下は非常に長期間を要していることがわかる。このことは図-4の街道ボーリングNa4および水平ボーリングNaDの湧水量および孔内水位の観測結果からも明らかである。すなわち6月下旬から7月上旬の日雨量50mmと越える秋雨期の豪雨により、豪雨後すぐに孔内水位の上昇および湧水量の増加がみられるが、とくに孔内水位は約10mも上昇しており、非常に大きな水位の上昇がみられた。また、この水位は図-3の場合と同様に非常にゆっくりと低下している。破砕帯内に存在する地下水については、筆者らは破砕帯上に密土を施工した場合の密土時の実測測定例について昨年発表し、豪雨と密土内間ゲキ水圧について豪雨直後にその変化を述べている実測例より、破砕帯内に存在している地下水は豪雨による応答時間の遅いことを指摘したが、本測定はむしろこのことをはっきり言えよう。

つぎに、これらの豪雨と孔内地下水および湧水がどのような関係にあるかを調べるために水質検査を行った。

表-2 区専度測定結果(神戸市調べ)

表-2は神戸市が行った水質検査項目のうち区専度の測定結果を示したものである。区専度は、水の中にCa、Na、Mg等が多く存在すればするほど、すなわち硬度が大きくなることを示すもので、したがって区専度の大きいものは地下水としての性質が大きく、したがって雨水の影響を受け難いと考えられるものである。測定値は街道ボーリング孔内の深さにより区専度に相当の変化があり、地下水構造がやや複雑であることを示している。このため表-2の値は平均値を示した。この表をみると、街道ボーリングNo.1、No.2、No.3では、No.3、No.2、No.1の順が大きくなり、No.3の孔内水の区専度は非常に小さい値を示している。このことは、図-3においてNo.3孔内水位が、降雨に非常にすぐ影響を受けることを裏付けるものである。しかし、その他のNo.1およびNo.2の街道ボーリングおよび水平ボーリングから湧水している水の区専度はかなり大きく、雨水そのものがこれらの測定量に直接に流入していることは考えられず、すなわち、豪雨による雨水が直接孔内水位や湧水量の変化に関与するのではなく、むしろ間接的な要因となつて破砕帯内に存在する水位の上昇に影響をおよぼしているものと思われる。しかも、この影響が現われるまでの豪雨からの時間遅れの非常に短いことが一つ大きな特徴として考えられよう。

採水地点	区専度 μm	採水地点	区専度 μm
ボーリングNo.1	220	甲斐鉄路下	149
〃 No.2	125	新田平公営工部	153
〃 No.3	55	西谷川	123
〃 No.B	100	前水	26
新田川上流	60.5		

今後、どのようなシステムにより破砕帯内の地下水位の上昇するのを究明しなければならぬと考えられている。なお、本研究を進めるにあたって、神戸市開発局より調査場所の提供ならびに実測測定に多大の協力を得たことに厚く感謝を表す。

参考文献

- 1) 田中 茂: 46. 7. 18豪雨による西播磨地区の山崩れ災害の研究。昭和46年度災害科学総合研究河川分科シンポジウム
- 2) 田中茂、沖村芳、梅田真三郎: 地盤安定に関する2, 3の問題点。第27回年次学術講演会講演要集第2部