

生徒発表

環境・防災対策 校内井戸掘削プロジェクト

—他科との連携を通して—

神戸市立科学技術高等学校 都市工学科

H24 荒牧謙太・浦 大輔・木村 優・小林一樹・鈴木 柊・西中 匠・西鼻 翼・松村勇児

H25 阿江宥治・安部智行・上沖武蔵・坂口将太・佐々木翔多・高須紀行・中井雄貴・中田拓志

H26 赤嶺結友・大橋颯太郎・片山大世・鈴木寿香・平田航平・廣瀬功樹・松本和紘

指導教諭 梶見 謙

1. はじめに

これは平成24年度から、課題研究の環境防災班が取り組んできた3年間の成果である。日常の中で起こった謎の漏水を、課題として取り上げたことから始まった授業が、進んで行くうちに更に様々な課題を生み出す。自分たちの専門領域だけに留まらず、他の学科やプロの協力を得ることで進展していく課題研究。3年間あきらめずにやり通した結果、大きな成果へとつながった報告である。

2. 1年目の取組

(1) 課題・調査・目標の設定

開校11年目の校舎の地下ピットに、数年前から突如、原因不明の水がたまり始めた。この現象を土木や建築の専門知識で原因究明することから始まった。いくつかの原因が考えられたがその中の1つに地下水の存在があった。

本校が位置する神戸市中央区は、六甲山地から海岸にかけて幅3km程度の狭い緩傾斜地形である。我々は阪神淡路大震災の教訓から、学校周辺の断層や地形、地質を調べ潜在的危険マップを作成中に、学校の下に地下水脈がある可



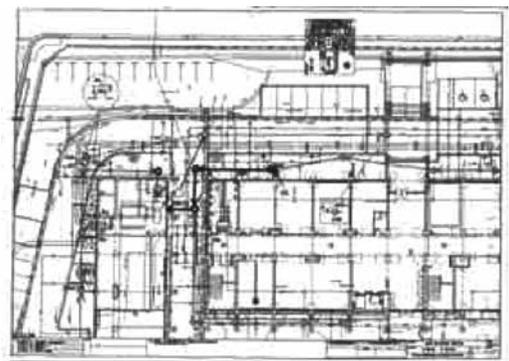
くみ上げた地下水 地下水を利用した小川

能性に気づいた。さらに神戸市の地盤データや学校建設時のボーリングデータ、工事中の地盤状態を知る関係者の話、以前に建っていた工場の記録などから分析を進めた。そして校内の地下2～3mの比較的浅い位置に地下水があると推測した。これが正しければ、散水用の雨水貯水タンクに注水し、グラウンドや植栽散水用の水道代が節約できる。また、20年前の阪神淡路大震災の時に、水道が断水しトイレに水が流せず、衛生的にも大変であった教訓から、水道の断水に関係なく水を使用できる地下水は災害時に有効に活用できると思われた。

そこで1年目は地下水の存在を確認することを目標にスタートした。

(2) 掘削場所・掘削方法の選定

掘削場所の選定は、柱状図から地下水面までの深さと地盤の固さを検討する。更に上下水道、電気、ガスなどの複雑に配置された地下埋設物



複雑な校内配管図

を避け、かつ雨水再利用タンクの配管に近い必要があった。その為、倉庫に保管されていた建設時の大量の竣工図面から必要な配管図等を探した。そして十分検討した結果、雨水貯水タンクに近い植栽部を掘ることに決定した。

次に掘削方法を研究した。工法は次の2種類に大別される。

①「打ち抜き井戸工法」鋼管を地面に打ち込み、継ぎ足しながら地下水の層に到達させる方法。比較的簡単だが得られる水量が少ない。

②「掘り抜き井戸工法」縦穴を掘る方法。人が入るため大きく掘る必要があり、大変だが水量は多く得られる。試掘の段階の為、掘削範囲の小さい打ち抜き工法を採用することになった。

(3) 掘削機の製作

掘削位置の地盤は地表から約3mが盛土、その下50cmが礫混じりの砂、さらにその下1mがシルト混じりの砂。地下水位は2.15mである。そこでまず掘削機の製作から始めた。考案したのは、直径75mmの硬質塩ビ管を加工し先端に刃を取り付け、水で満たした掘削孔を突きほぐしながら、土を逆流防止弁で管の中に入れて掘り進む方法である。調査結果から想像して掘削地盤は建設工事の盛土で固いはずである。それに対応する刃先を特別に設計したが、我々には加工する技術が無かった。そこで機械工学科に技術協力を依頼した。

材料には一般構造用の圧延鋼材SS400を用い、850℃の電気炉で約1時間加熱。その後1秒間の水による焼き入れをして鉄の硬さを増した。また本体延長用の鋼管を継ぎ足すための加工も施してもらう。設計通りのものを短時間で製作する技術と専門の工作機械の凄さに感心した。そしていよいよ掘削作業に入った。

(4) 掘削難航からプロの技を学ぶ

盛土は予想以上に手ごわかった。すぐに殻や石に当たり思うように掘れない。自作の掘削機と刃のおかげで1.2mまでは何とか掘り進んだ



専門業者の技術体験

が、ついに1時間に5cm程度しか掘れなくなる。生徒達の士気も著しく低下し、あまりにも進捗状況が悪い為に策を検討する。そして井戸掘削専門業者に技術指導を依頼することになる。

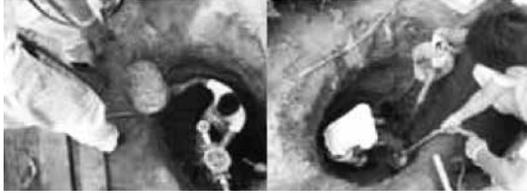
工法は打ち込み式、先端を溶接でとがらせ地下水が入るためのスリットを入れたガス用の鋼管を、重さ60kgのモンケンと呼ばれる鉄ハンマーで力任せに打ち込む。モンケンは滑車で吊り上げ鋼管に自由落下させる為、丸太で三又のやぐらを組んだ。単純な機構だが随所に職人の知恵と工夫がある。始めると固い地盤でも少しずつ鋼管が地中に入っていく。途中で管内に水が確認されたが職人の経験で更に打ち込む。最終的に約3.8mまで打ち込み、手押しポンプを鋼管に取り付け吸い上げてみた。濁った泥水がどんどんくみ上がり感動に包まれる。この場所で間違いなく地下水が出ることを確認した瞬間であった。その後電動ポンプで常時くみ上げてみると毎分4~5lの水量が得られるようになった。

3. 2年目の取組

(1) 地下水の利用に向けて

地下水が確実に出ることが判明したので、次は利用する為に次の4点を目標にした。

① 井戸の断面を拡大し安定的に現在の倍以上の水量を確保する。② 拡大に伴い周囲の土砂が崩れないよう井戸枠を作る。③ くみ上げた地下水を雨水再利用タンクに注水するルー



人力掘削状況



井戸枠の設置

透水碎石による埋戻し

トを開設する。④ 地下水を小川にして校内に水辺環境を整備する。

(2) 井戸の断面拡大

掘り抜き工法で、断面を拡大し水瓶をつくり、より多くの水を使用できるようにする。その為には人が入り作業するスペースも含めて、直径1.3mの広さが必要であった。拡大掘削も途中から地盤が固くショベルでは効率が悪い為、電動ドリルを使い地道に掘り進んだ。深さ1.6mで地下水が浸みだし地下水面の浅さに驚いたが、ここからが戦いである。水面から1mは掘り下げ、水瓶の容量を確保したい。水中ポンプで水をくみ上げながらの作業となった。孔内で泥水にまみれて掘るもの、その土を引き上げるもの、上がった土砂を運搬するもの、普段運動部で鍛え上げられた生徒たちの連携と頑張りは見事だった。何とか地下水面下約1m、掘削深さ2.57mで目標に到達し終了した。中に入り上を見上げると深さを実感する。

(3) 井戸枠の設置

井戸断面の大きさが直径1.3m、それに合う大枠をどのように作るかが問題になった。鋼製で作ると費用がかかる上、開口部から転落の恐れもある。検討の結果、直径20cmの塩ビ管を束ね、蜂の巣状にして土圧に耐える強度と断面を確保する方法を考案した。これにより直径15cmの揚水用水中ポンプも楽に入り、また転落防止の効果も得られる上、安価で設置できる。塩ビ管が土圧により変形するのを防ぐため、50cmに切断しジョイント用のソケットを節の代わりにして強度を増すよう工夫した。さらに管の下部1mには地下水が入るようにスリット

を入れた。そこから泥が入ると井戸の寿命が短くなるため網戸ネットを巻いて使用した。据え付けた井戸枠の周りには、透水層にあたる碎石を入れて埋め戻している。

(4) 小川環境整備

くみ上げた地下水をただ貯水タンクに入れるだけでなく、植栽に約30mの小川をつくり校内に水辺環境を整備した。地盤に流水勾配を付けるため水準測量を行い、10m間隔に丁張を掛け水系を張る。それを目印に2%の勾配を付けた。その後ソイルコンパクターで十分に地盤を固め、河道を掘削、コンクリート製の小川を完成させた。

4. 3年目の取組

(1) 新たな課題「鉄バクテリア」の発生

3年目に入り、昨年までの成果をまとめ、簡易水質検査と水量の観測、維持管理を行う予定だった。だが突然、赤茶けた苔のようなものが河道全体に付着し始めた。幾度掃除し除去しても繰り返し発生する。そこで環境・バイオ・化学などを専門とする科学工学科に相談した。原因は鉄バクテリアではないかという見解を得る。

鉄バクテリアとは、地下水や浸透水に含まれ



河道掘削

コンクリート打設



着工前の植栽

再整備後の河道

る鉄を酸化してエネルギーを得る微生物の総称であり、多くの場合褐色の沈殿になる。コンクリートのアルカリ性にも強く地下水と接するトンネルや擁壁などでも見られる。対策としては河道をコンクリートから土に変え、自然に近い状態を形成し、水草などの植物を増やす。それにより鉄バクテリアの餌になる鉄分を、植物が吸収し減らすことができる。また水質浄化層の設置も提案された。これを受け、コンクリートをすべて撤去し、土砂を使った自然に近い河道を再整備した。

(2) 簡易水質検査

科学工学科にさらに協力を得て、簡易水質検査を次の項目について実施した。

- ① 残留塩素の測定（漏水した水道水では無いことを確認。）
- ② 塩化物含有確認（本校は海拔約14mである為、塩化物の含有を調査。硝酸銀溶液に白濁のため含まれる。）
- ③ PHの測定（6.5で中性。）
- ④ 全硬度の測定（ミネラル分である硬度を調査、200程度含有。水道水の基準300以下、六甲の美味しい水で100程度。）
- ⑤ 亜硝酸の調査（食物のかす、し尿、肥料な

どの流入が分かる。結果は流入なし。）

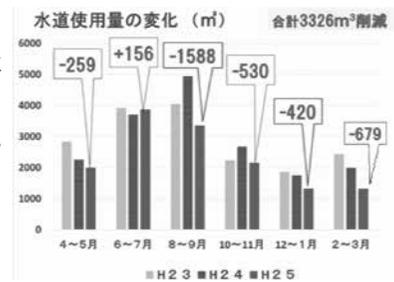
⑥ COD化学的酸素消費量の検査

（有機物量の目安。地下水には通常有機物があまり入らない。値が高いと汚水混入の可能性があるが結果は0に近く問題なし。）その他アンモニア、大腸菌ともに検出されず、飲用以外ではまったく問題がないことを確認できた。

結局、地下水水面は地表から約1.6mと浅い位置にあった。また水量は毎分9～10ℓの揚水に成功。水温19.5℃で年間を通じて安定している。

(3) 成果

偶然浸みだした地下水を有効活用できないか、という目標から始まったが、校内に井戸を掘ると言い出したとき随分笑われた。固い地盤や井戸枠の問題、鉄バクテリアの問題、水質調査など一歩前進するとまた次の問題にぶつかる。諦めずにやり通す心と、自分たちの知識だけでなく分野の異なる他科やプロの知識と技術の協力を得ることで、解決に向かい目標を達成することができた。この課題研究を通じて社会に必要なとされるものづくりの縮図と精神を学んだ。最後に水道使用量の変化を示す。各月のグラフは左からH23, 24, 25年度の水道使用量である。地下水利用はH25年度から開始しており、特にグランド散水量が多い8～9月の削減量が大きいの。年間を通じても利用前よりも3326㎡という大幅な節約に貢献できていることが分かる。



工業教育資料 通巻第 360 号

(3月号) 定価 216 円 (本体 200 円)

2015 年 3 月 5 日 印刷

2015 年 3 月 10 日 発行

印刷所 株式会社インフォレスト

© 編集発行 実教出版株式会社

代表者 戸塚雄次

〒102 東京都千代田区五番町 5 番地

- 8377 電話 03-3238-7777

<http://www.jikkyo.co.jp/>