

土壌雨量指数を用いて求めた解析地下水位と実測水位の相関

西日本高速道路エンジニアリング四国(株) 正会員 ○藤田大介

西日本高速道路エンジニアリング四国(株) 正会員 内田純二 正会員 高畑東志明

西日本高速道路 四国支社 建設・改築事業部 正会員 福原力

1. はじめに

降雨による高速道路の通行規制は、時間雨量と連続雨量(2mm/h以下の状況が6時間以上でリセット)を基に行なわれている。建設時の斜面や切土のり面の安定性は、切土によるすべり抵抗土塊のバランスが崩れ不安定になるが、供用後は、主に降雨による地下水位の上昇による有効応力の低下から安定性が低下する。このため既往の研究は、現地計測による土中水分変化に応じた事前通行止めの研究¹⁾や気象庁等で採用されている土壌雨量指数とNEXCOで採用の時間・連続雨量による通行規制の研究²⁾がある。

本件は、表-1に示すとおり建設中に地すべり対策を実施し、供用後、長期間地下水位を観測し、地形・地質・対策工等のデータを有している切土のり面2地区と盛土1地区について、土壌雨量指数を用いてニューラルネットワーク(以下「NNW」と略す)で求めた解析水位について整理・分析した内容を報告する。

2. 3地区の水位計配置

図-1,2に示す鳴門盛土は、盛土21m程度で3段、山側にレベルバンクを有する沢盛土であり、3本の水位計を配置している。図-3に示す花園は、地すべりブロックの背後に泥岩断層破碎帯が位置し、これを考慮した6本の水位計を配置している。図-4,5に示す井川は、地すべりブロックと全体バランスを考慮した5本の水位計を配置している。

3. 地下水位と降雨量および土壌雨量指数との相関

図-6に2018年の地下水位データとa)時間雨量、b)連続雨量、c)土壌雨量指数の相関係数を示す。なお土壌雨量指数は、降った雨が土壌中に水分量としてどれだけ溜まっているかを気象庁が用いている3段に重ねたタンクモデルで数値化したものである。時間雨量は全体的に相関が低く、特に5mm/h以下はその傾向が顕著である。連続降雨は時間雨量に比べ相関があるが、50mm/連続以下は相関が低い。一方、土壌雨量指数は、時間・連続雨量に比べ相関はあるが同じ井川地区でも相関が低い地下水位データもあり活用に当たっては十分な配慮が必要である³⁾。

表-2 NNWに用いた土壌雨量指数と累積時間数のイメージ

日付	時刻	時間雨量	連続雨量	土壌雨量指数	累計時間	時間毎の土壌雨量指数					
						その時間	1時間前	2時間前	3時間前	4時間前	5時間前
2018/3/19	11:00	0	1	11.857	11	11.458	11.559	11.661	11.763	10.867	10.971
2018/3/19	12:00	0	0	12.258	10	11.857	11.458	11.559	11.661	11.763	10.867
2018/3/19	13:00	1	2	13.658	9	12.258	11.857	11.458	11.559	11.661	11.763
2018/3/19	14:00	1	3	15.058	8	13.658	12.258	11.857	11.458	11.559	11.661
2018/3/19	15:00	1	5	16.462	7	15.058	13.658	12.258	11.857	11.458	11.559
2018/3/19	16:00	1	6	17.864	6	16.462	15.058	13.658	12.258	11.857	11.458
2018/3/19	17:00	2	2	20.266	5	17.864	16.462	15.058	13.658	12.258	11.857
2018/3/19	18:00	1	3	21.168	4	20.266	17.864	16.462	15.058	13.658	12.258
2018/3/19	19:00	0	3	21.07	3	21.168	20.266	17.864	16.462	15.058	13.658
2018/3/19	20:00	1	4	21.971	2	21.07	21.168	20.266	17.864	16.462	15.058
2018/3/19	21:00	1	5	22.871	1	21.971	21.07	21.168	20.266	17.864	16.462
2018/3/19	22:00	0	6	23.269	0	22.871	21.971	21.07	21.168	20.266	17.864

キーワード 地下水位、土壌雨量指数、ニューラルネットワーク

連絡先 〒760-0072 香川県高松市花園町3-1-1 Tel 087-834-2413 Fax 087-834-1193

表-1 地下水位計設置地区の概要

路線	地区	水位No. (地名・番号 -深度[m])	築堤深 [m]	地質	地質 特徴	地形	対策工	観測期間 [年]	観測期間 [月]	計測期間 [年]	NNWの 観測年
高松道	鳴門盛土	鳴1-18	195.000					2010	2015	6	2011 2012 2013 2014 2015
		鳴2-13	195.000	和泉層群		沢盛土	横ボ-リング工 ふとんかご工	2010	2015	6	2011 2012 2013 2014 2015
		鳴3-21	185.000					2010	2015	6	2011 2012 2013 2014 2015
徳島道	花園	花1-10	10.500					1999	2019	20	2016 2017
		花2-33	10.500					1999	2019	20	2016 2017
		花3-13	10.500	和泉層群		凸状高堤型	集水井 横ボ-リング工 グラウトアンカー工 切土補強土工	1999	2019	20	2016 2017
		花4-10	10.500					1999	2019	20	2016 2017
		花5-10	10.500					1999	2019	20	2016 2017
		花6-25	10.500					1999	2019	20	2016 2017
徳島道	井川	井1地区 井1-21	15.500					2008	2019	13	2014 2015 2016 2017
		井2地区 井2-18	8.700					2008	2019	13	2014 2015 2016 2017
		井3地区 井3-30	28.700	三連川 奥成岩層		凹状台地		2008	2019	13	2014 2015 2016 2017
		井4地区 井4-21	18.800					2011	2019	9	2016 2017
		井5地区 井5-20	18.800					2008	2019	13	2014 2015 2016 2017

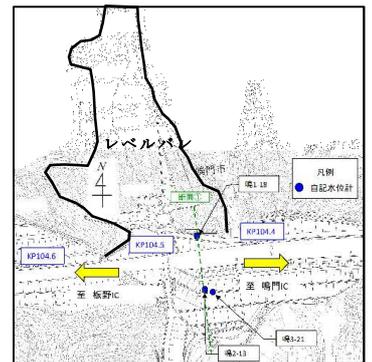


図-1 鳴門盛土地区平面図

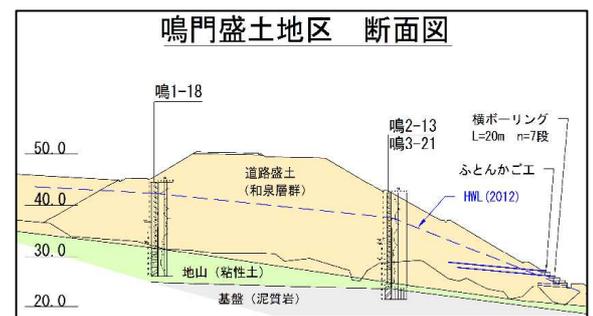


図-2 鳴門盛土地区断面図

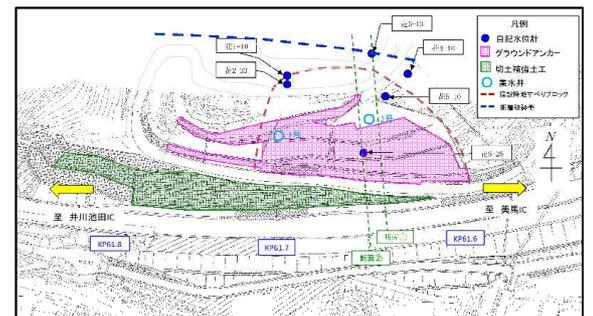


図-3 花園地区平面図

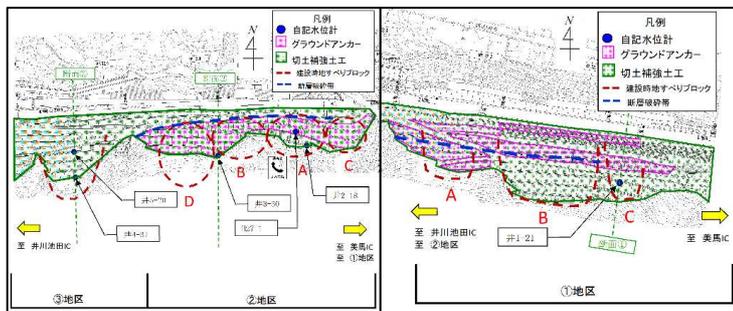


図-5 井川②③地区平面図 図-4 井川①地区平面図

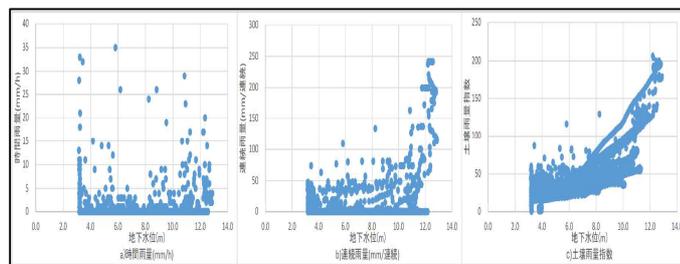


図-6 井 1-21 の地下水位の相関

4. 土壌雨量指数を用いたニューラルネットワークによる解析水位

NNW により解析水位を求める際に用いた土壌雨量指数は、当該時刻より遡った時刻からの累積時間内 1 時間毎の土壌雨量指数である。表-2 に NNW に用いた土壌雨量指数と累積時間のイメージを示す。当該時刻の解析水位を求める際に用いる土壌雨量指数は、累積時間 0h の場合は、1 時間前の土壌雨量指数 1 つであり、例えば、累積時間 4h の場合は、表中に太枠で示す 5 つである。図-7 は、累積時間を変えて求めた解析水位と実測水位の相関の整理方法（イメージ）を示したものである。このような整理を、地下水位観測孔毎に行って、a) 累積時間 0h のときの相関係数、b) 相関係数の最大値、c) 相関係数最大時の累積時間を求めた。その結果をそれぞれ地区毎に平均したものを図-8a)～c) に示す。

図-8a) 累積時間 0h のときの相関係数は、花園 0.749 と鳴門盛土 0.764 と相関が高く、降雨直後から地下水が反応し降り始めからのり面の監視が必要で、浅層地下水に支配されている。一方、井川地区は 0.511 と前者に比べ相関が低く深層地下水の影響と思われる。

図-8b) 相関係数の最大値は、3 地区とも 0.859～0.942 と相関が高く、NNW による解析水位の妥当性が確認できた。

図-8c) 相関係数最大時の累積時間は、花園と鳴門盛土が 17 日程度 (390.4, 453.2h) で井川地区は 24 日程度 (593.5h) と長く、累積時間 0h のときの相関係数と相反する傾向を示すが相関係数の最大値は 3 地区とも 0.859～0.942 と高い相関を示す。しかし上昇した井川の水位は、24 日 (593.5h) 以前の時間降雨が影響しており注視する必要がある。加えて、凹状台地地形や断層破砕帯の影響と思われる水位低下に 40 日程度³⁾を要することと合わせて長期間の監視が必要と思われる。

5. おわりに

今回土壌雨量指数を用いて NNW により解析水位を求め、実測水位と比較したところ①累積時間数 0h のときの相関係数により降雨開始からの浅層・深層水位特性、②相関係数の最大値により NNW による解析水位と実測水位の相関性、③相関係数最大値の累積時間により水位の監視期間の傾向を確認した。

今後は、異なる地質・地形や降雨および地下水位データを収集・整理し、維持管理における安定性判断が可能な着眼点や留意点を分析する予定である。

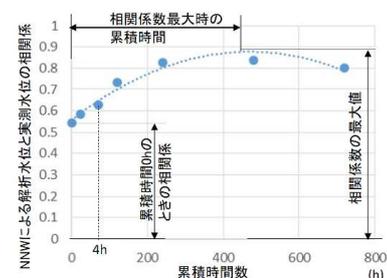


図-7 NNW の解析結果(イメージ)

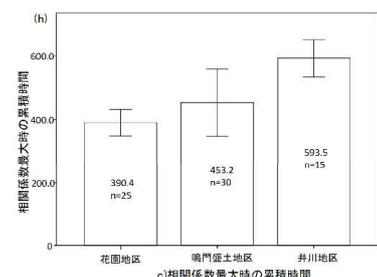
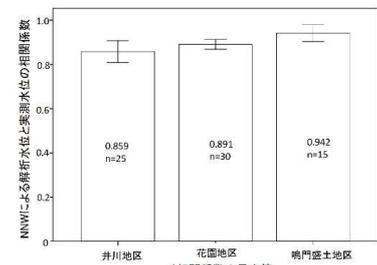
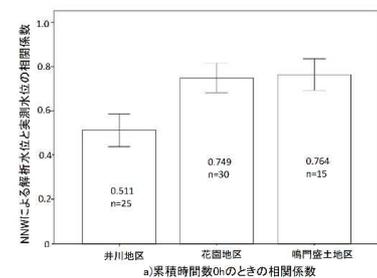


図-8 NNW による解析・実測水位の相関

参考文献

- 1) 館野他, 現地計測に基づいた道路法面における道路規制基準の検討, 第 54 回地盤工学研究発表会 0993,
- 2) 花岡他, 土砂災害警戒情報と高速自動車道通行規制に関する検討, 第 58 回平成 21 年度砂防学会研究発表会概要集
- 3) 内田他, 第 55 回地盤工学研究発表会, 地下水位と土壌雨量指数を用いた維持管理における適用性(その 1)