

長殿天然ダムにおける水位予測の精度向上について

一般財団法人日本気象協会 ○内田良始, 坂井紀之, 宗近夏美, 田中剛, 川本一樹
 エイト日本技術開発株式会社 海原荘一, 只熊典子

1. はじめに

平成23年9月の台風12号では、総雨量1,000mmをはるかに超過する降雨により奈良県南部や和歌山県内で多数の深層崩壊が発生し、多量の崩壊土砂によって天然ダムが形成されたほか、直接的に多数の人的被害が生じる等、周辺地域に多大な被害を及ぼした。奈良県十津川村長殿地区に形成された天然ダムは依然として降雨時に越流浸食のリスクが高く、降雨予測によって下流域へ越流の危険性を伝達するなどの危機管理を行っている。

本研究では、運用中の長殿天然ダム水位予測の課題を抽出するとともに、天然ダム水位予測精度向上を図ることを目的として実施した。

2. 対象地域および降雨事例

図-1に対象地域を示す。長殿天然ダム集水域は、紀伊半島のほぼ中央部に位置し、集水面積は約4.3km²でコナラやスズダケ、ブナの天然林が主体の植生に覆われている。

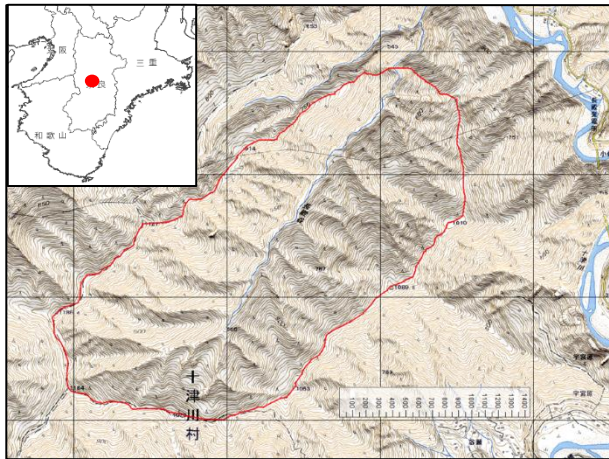


図-1 対象地域

検討対象事例として、天然ダム形成後の平成25年に現地に設置された地上雨量計による降雨事例のうち、ひと雨（12時間無降雨で区切る）の総雨量の上位10事例を抽出した（表-1）。10事例中8事例が台風による降雨で、2事例が梅雨前線による降雨であった。多くの降雨事例で総雨量は250mm以上、30mm/h程度以上の最大時間雨量を記録している。

表-1 降雨事例

事例No.	事例開始				事例終了				降雨継続時間	総雨量 (mm)	最大時間雨量 (mm)	総雨量順位	降雨要因
	年	月	日	時	年	月	日	時					
1	2013	09	15	01	2013	09	16	13	37	332.5	32.0	7	台風
2	2014	08	08	19	2014	08	11	04	58	438.0	33.0	4	台風
3	2015	07	15	22	2015	07	17	17	44	473.5	39.0	1	台風
4	2017	08	06	22	2017	08	08	02	29	230.5	29.5	10	台風
5	2017	10	20	10	2017	10	23	08	71	340.0	25.0	6	台風
6	2018	06	19	15	2018	06	21	00	34	243.0	34.0	9	梅雨前線
7	2018	08	23	03	2018	08	24	13	35	387.5	57.5	5	台風
8	2018	09	03	23	2018	09	05	02	28	289.5	40.5	8	台風
9	2019	08	13	07	2019	08	16	09	75	439.0	27.5	3	台風
10	2020	07	05	18	2020	07	11	21	148	449.5	38.0	2	梅雨前線

3. 運用中の水位予測手法と予測精度

運用中の水位予測は、貯留関数法による流出モデルに、漏水量算出モデルが組み込まれたモデルを採用している。貯留関数パラメータ等を表-2に示す。

表-2 貯留関数パラメータ

漏水量算出モデル	y=0.0101x-4.5271 (令和2年7月実績ダム水位より推定した式)		
貯留関数パラメータ			
K	82	Tl	0
P	0.33	Rsa	550
f	0.76	qb	0.0065

水位予測モデルの精度評価を行うため、表-1の降雨事例を対象に、実況雨量（国土交通省解析雨量）を入力値とした水位計算を行い、実況の水位変化との比較検証を行った。検証指標は、相関係数、RMSE、回帰係数、ピーク誤差、ピーク時刻差とした。表-3に各事例の精度指標の一覧を、図-2に代表事例として時間雨量が最も多い事例7の実況とモデル計算の比較図を示す。

表-3 運用中の水位予測精度検証結果

事例	相関係数	RMSE	回帰係数	ピーク水位差	ピーク時間差
1	0.909	2.953	0.597	+6.250m	観測水位-2時間
2	0.825	1.956	0.836	+7.130m	観測水位-23時間
3	0.914	3.286	0.631	+3.540m	観測水位-2時間
4	0.949	1.674	0.534	+4.210m	観測水位±0時間
5	0.938	2.255	0.692	+4.010m	観測水位±0時間
6	0.930	1.998	0.585	+3.970m	観測水位±0時間
7	0.982	4.265	0.496	+7.510m	観測水位+1時間
8	0.975	2.402	0.604	+3.772m	観測水位+1時間
9	0.941	1.121	0.899	+5.620m	観測水位±0時間
10	0.879	0.624	1.216	-0.980m	観測水位-1時間
平均	0.924	2.253	0.709	+4.503m	観測水位-2.6時間

これらの結果から、事例10ではRMSEが0.624、ピーク水位差が-0.980mと他事例に比べ小さい値であったものの、他事例では特にピーク水位差が3.5m以上、RMSEが1.1以上と、予測誤差が大きかった。以上の結果から、現行の水位予測は、降雨に伴う水位の立ち上がりが遅く、ピーク水位は過大傾向になる傾向がみられ、観測水位に対して予測誤差が大きいことがわかる。

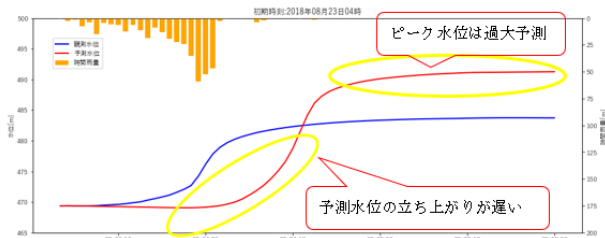


図-2 現行水位予測の予測精度 (事例7)

4. 新たな水位予測手法の検討

水位予測の精度向上のため、モデル内で漏水量を考慮しやすい3段タンクモデルの検討を行った。

タンクモデルパラメータ最適化にはSCE-UA法を用い、パラメータが物理的に不都合な値とならない制約条件を設定したうえで、収束判定条件を誤差評価関数(RMSE)が0.0(mm/h)とし、繰り返し計算回数が10万回に達した時点で計算を打ち切るようにした。

検討ケースとして、全事例対象、50mm以上を対象、200mm以上を対象の3パターンについて、それぞれペナルティの有無を考慮した全6ケースを設定した。

検討ケース毎の精度検証結果を表-4に示す。新規に同定したモデルでは相関係数が0.90を上回るものが多数を占め、良い相関を示している。総合的にはパラメータ4が最適であった。

表-4 検討ケース毎の精度検証結果

10事例平均	相関係数	RMSE	回帰係数	ピーク水位差(m)	ピーク時間差
パラメータ1	0.930	1.291	1.086	-0.540	1.3
パラメータ2	0.932	1.168	0.870	1.952	0.7
パラメータ3	0.932	0.935	1.105	-0.822	0.7
パラメータ4	0.939	1.056	0.977	-0.184	0.7
パラメータ5	0.933	0.933	1.059	-0.294	0.7
パラメータ6	0.936	1.028	0.949	0.617	0.7
貯留関数	0.924	2.253	0.709	4.503	-2.6

表-1の事例7にパラメータ4を適用した水位計算結果を図-3に示す。現行(点線)に比べて、新たな水位予測(破線)が実測(実線)に近い波形であり、現行の過大傾向や立ち上がりのタイミングが大きく改善した。

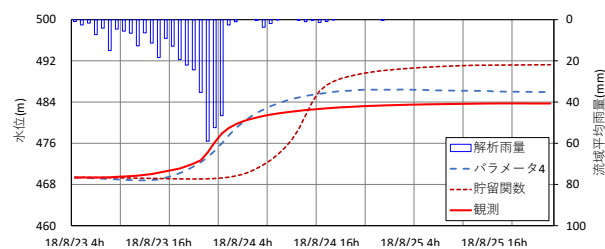


図-3 現行水位予測の予測精度 (事例7)

5. アンサンブル水位予測の有効性

水位予測は降雨予測の精度に依存するため、変動幅を考慮した予測の把握が重要となってくる。ECMWFアンサンブル予報(3時間雨量20km格子, 51メンバー)をAIによりダウンスケーリングしたJWAアンサンブル(1時間雨量5km格子)を用いて、令和3年8月豪雨を対象にアンサンブル水位予測の有効性について検討を行った。なお、アンサンブル情報として、各メンバーに加え上位・中位・下位の3つに集約した場合を追加した。

アンサンブル予測結果を図-4に示す。再現計算結果はアンサンブル上位と中位の間に位置しており、各メンバーの最高水位も465~482mにばらついていて、

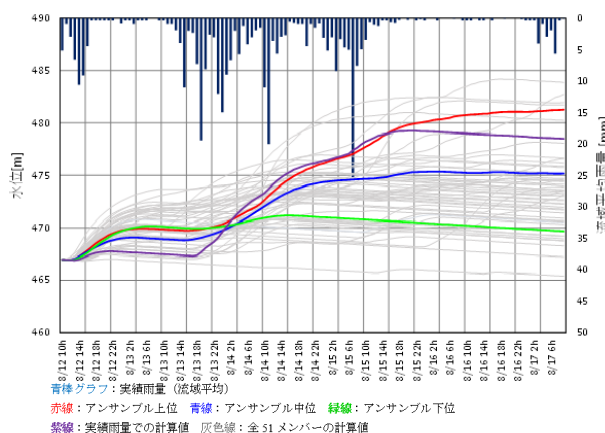


図-4 アンサンブル水位予測結果

アンサンブル予測を活用することで、早い段階から最悪ケースを想定できるとともに、越流の可能性を確率値として把握することが可能であることわかる。今後は、アンサンブルによる確率情報をタイムラインに応じてどのように活用していくのか運用体制を検討しておくことが必要である。

6. おわりに

本研究は、国土交通省近畿地方整備局紀伊山系砂防事務所発注の長殿降雨予測システム作成業務の成果に基づいている。