

高感度地震観測網による地盤振動と河川水理量の関係と地盤振動の主原因の推定

(株) エイト日本技術開発
和歌山県土砂災害啓発センター
国土交通省国土技術政策総合研究所
国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター

○谷田佑太・海原荘一
筒井和男
中谷洋明^{*1}

北本楽^{*2}・小杉恵^{*3}・竹下航

(現所属：※1(一財) 砂防・地すべり技術センター ※2 国土交通省水管理・国土保全局砂防部保全課 ※3 国土交通省近畿地方整備局河川部地域河川課)

1. はじめに

河川における水位や流量は、流砂の支配的条件で砂防・防災業務上の最も重要な情報であるが、大規模洪水時には水位計に欠測が生じることも多い。古くから、河川の流量増大時に高感度地震観測網での地盤振動の増大がみられることが知られている¹⁾。2020年7月の球磨川の洪水においても地盤振動の速度振幅のRMS値と水位の間に高い相関が確認されており²⁾、洪水時の水位の欠測の補完や山地流域における早期警戒の判断材料としての活用が期待される。海原ら(2022)では近年の比較的規模の大きい河川下流域で発生した10洪水イベントについて、筒井ら(2021)の検討方法を適用し、RMS値と水理量との相関に関する検討を行った³⁾。10イベントのうち6イベントに相関係数が0.7を超える結果となった。しかし、その多くが実測水位とRMS値より推定した水位のピークに数時間の時間差があった。なお、6イベントは本川と振動観測局の距離は7km以下であった。時間差については、直近の支川水位が主原因と推察された事例があったが、多くの事例でその原因は明らかとならなかった。

そこで本研究では、河川からの振動観測局までの距離が約2km以内、水位観測所が近隣にあり、ノイズとなる振動源(ダム、市街地、高速道路など)が少ないなど条件が良い10イベントを選定した。また、海原ら(2022)では河川下流域を対象としたが、本研究では河川上流域である山地河川を対象とした。また、河川の水位増大に伴う起振メカニズムを明らかにするため、振動の主原因についても推定を行った。

2. 検討方法

2.1 検討対象イベントの選定と各種データの収集

Hi-netの本格運用開始後の2001年以降について、国交省の水害レポートやHPに示された洪水諸元、各種学会の災害報告、気象庁HPなどの洪水情報を整理し、検

討対象イベントを選定した(表1)。検討に必要な振動データは防災科研HP、水位データは水文・水質データベース、雨量データは気象庁HPから収集した。

2.2 地盤振動指標の算定方法と河川水理量の関係把握

1分毎の速度振幅のRMS値について、1分毎に前60分間の平均値を算出し、その1.5倍より大きい値については棄却した上で10分毎の平均値を求め、これを60分毎の指標値とした。例えば、0:50~0:59の平均値を1:00の値として記載している。10分毎のRMS平均値と河川水理量について相関性を求めた。

2.3 地盤振動の主原因の推定方法

海原ら(2022)で検討対象とした令和元年東日本台風千曲川のイベントについて、河川の水位増大に伴う起振メカニズムが明らかにするため、河川と振動観測局の距離が0.39kmと近い国交省戸倉観測局の速度波形を積分して求めた変位波形と河川流路方向の関係を把握した。

3. 検討結果

3.1 地盤振動と河川水理量の相関性

本研究では主に山地河川を対象とし、水位と振動の相関性が高いイベントは10イベントのうち7イベントあった(相関性が高い7イベントのうち、1-10Hzの全周波数帯で相関性が高いものは5イベント、特定の周波数帯で相関性が高いものは2イベント)。実測水位とRMS値より推定した水位のピークの時間にズレが生じている事例はなかった。具体的な検討事例として、平成30年7月豪雨木曽川水系根尾川の結果を示す(図1, 2, 3)。全帯域のRMS値で水位との相関係数は0.85以上であり、最大相関係数は、0.97(2-3Hz)と極めて高い相関となった。振動観測局(Hi-net 根尾)と河川の最短距離は0.10kmと近く、実測水位と推定水位のピーク時間差もないため、本川の振動を捉えている可能性が高い。

表1 検討対象10イベントの各諸元と水位との相関性

No.	災害名	河川	検討対象期間	ピーク水位 (m)	ピーク流量 (m ³ /s)	振動観測局と河川の 最短距離(km)	水位との相関性	最大相関係数	実測水位と推定水位 のピーク時間差(h)	
1	平成29年7月九州北部豪雨	遠賀川水系遠賀川 (おながわ)	2017/7/4 0:00～ 2017/7/9 24:00	6日間	2.18	152.6	0.63	②6-9Hzで相関性が高い (フィルタなし、1-5Hzは相関性が低い)	0.86(7-8Hz)	0
2	平成29年7月九州北部豪雨	山国川水系山国川 (やまくにがわ)	2017/7/4 0:00～ 2017/7/9 24:00	6日間	5.01	1023.2	0.51	①全帯域で相関性が高い。 (フィルタなしは相関性が低い)	0.93(2-3Hz)	0
3	平成26年8月台風12号及台風11号	仁淀川水系仁淀川 (によどがわ)	2014/8/1 0:00～ 2014/8/13 24:00	13日間	8.31	8722.05	0.92	③全帯域で相関性が低い。	伊野:0.61(フィルタなし) 新八田:0.60(フィルタなし)	0
4	平成23年7月新潟・福島豪雨	阿賀野川水系只見川 (ただみがわ)	2011/7/26 0:00～ 2011/8/5 24:00	11日間	9.63	8185.62	1.00	①全帯域で相関性が高い。	0.98(1-2Hz)	0
5	平成21年7月中国・九州北部豪雨	佐波川水系佐波川 (さばがわ)	2009/7/19 0:00～ 2009/7/29 24:00	11日間	2.15	418.4	1.51	③全帯域で相関性が低い。	八坂:0.54(6-7Hz) 堀:0.58(6-7Hz)	推定水位のピーク値 が不明瞭
6	平成30年7月豪雨	木曽川水系根尾川 (ねおがわ)	2018/6/26 0:00～ 2018/7/9 24:00	14日間	1.52	-	0.10	①全帯域で相関性が高い。	0.97(2-3Hz)	0
7	平成28年8月台風7,11,9号・前線	渚滑川水系渚滑川 (しよこつがわ)	2016/8/16 0:00～ 2016/8/24 24:00	9日間	125.71	-	0.05	②2-10Hzで相関性が高い (フィルタなし、1-2Hzは相関性が低い)	0.97(6-7Hz)	0
8	平成26年8月低気圧	天塩川水系天塩川 (てしおがわ)	2014/8/4 0:00～ 2014/8/10 24:00	7日間	58.99	2885.85	0.65	③全帯域で相関性が低い。	0.14(2-3Hz)	推定水位のピーク値 が不明瞭
9	平成25年7月山形豪雨	最上川水系寒河江川 (さがえがわ)	2013/7/17 0:00～ 2013/7/20 24:00	4日間	5.57	861.82	0.31	①全帯域で相関性が高い。	0.91(1-2Hz)	0
10	平成23年7月新潟・福島豪雨	信濃川水系五十嵐川 (いからしがわ)	2011/7/27 0:00～ 2011/8/1 24:00	6日間	5.34	1574.52	0.38	①全帯域で相関性が高い。	0.91(フィルタなし)	0

3.2 地盤振動の主要原因の推定

国交省戸倉観測局の変位波形を求めた。国交省観測局の観測可能な周波数帯は0.01Hz程度より高い周波数域であるため、0.01-0.02Hz、0.05-1Hz、1-2Hz、5-10Hzの4つのバンドパスフィルタを設定し、各周波数帯で変位波形を求めた。1-2Hzにおいて、河川流路方向(NS方向)に近い変位が確認できた(図4, 5)。1-2Hz以外の周波数帯は、明瞭な傾向は見られなかった。これらのことから、河川水位の増大による起振の要因の1つは、流水が地盤に与えるせん断力であることが示唆されていると考えられる。

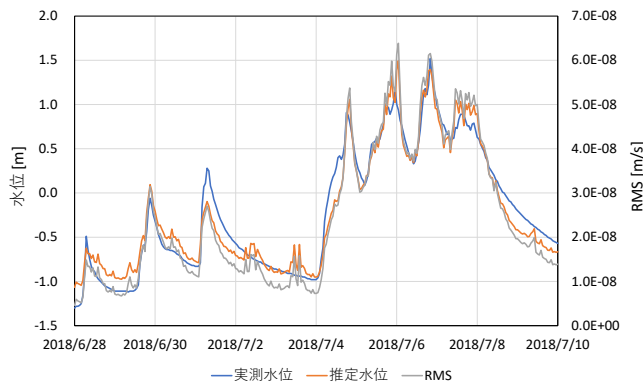


図1 平成30年7月豪雨 木曽川水系根尾川
実測水位・推定水位・RMS (Hi-net 根尾)

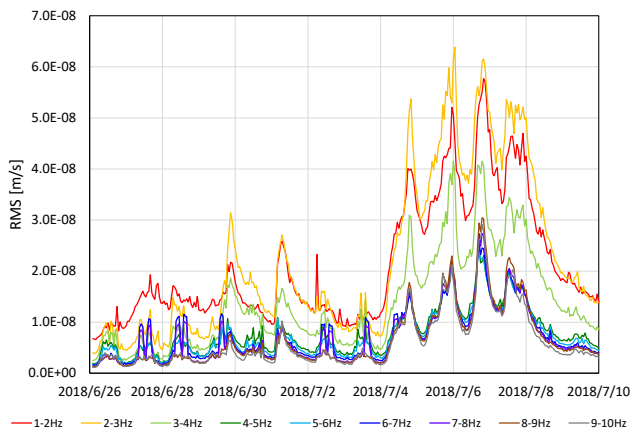


図2 平成30年7月豪雨 木曽川水系根尾川
1HzごとのRMS値 (Hi-net 根尾)

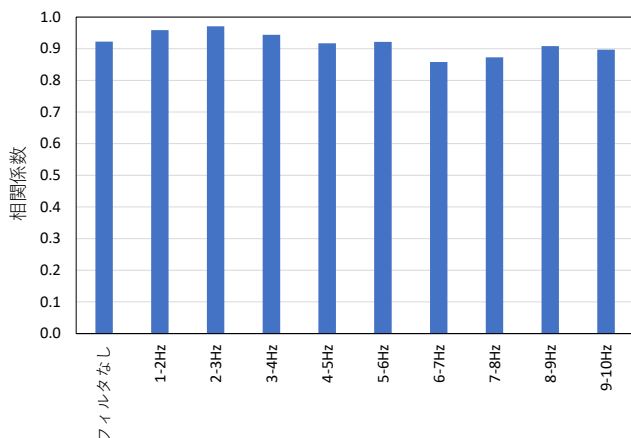


図3 平成30年7月豪雨 木曽川水系根尾川
フィルタなし及び1Hzごとの相関係 (Hi-net 根尾)

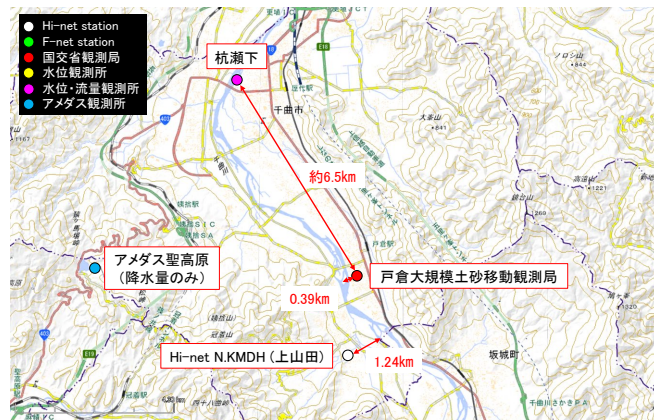


図4 令和元年東日本台風千曲川のイベント位置図

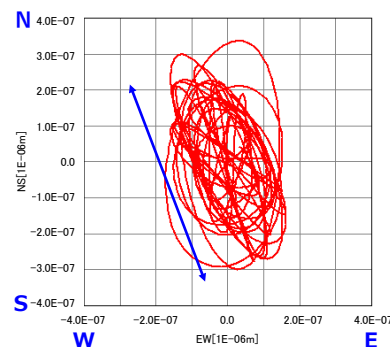


図5 国交省戸倉観測局の変位波形 (1-2Hz)
2019/10/12 22:00 (20 秒間)

4. 結論

本研究では、河川からの振動観測局までの距離が約2km以内、水位観測所が近隣にあり、ノイズとなる振動源が少ないなど条件が良い10イベントを選定し、地盤振動と河川水理量の関係を把握した。水位と振動の相関性が高いイベントは10イベントのうち7イベントあり、実測水位とRMS値より推定した水位のピークの時間にズレが生じている事例はなく、河川水位の振動を捉えている可能性が高い事例が多くあった。海原ら(2022)では河川下流域を対象としたが、本研究では河川上流域である山地河川を対象とした。河川下流域の結果と比較すると、山地河川では全体的に相関係数が高いイベントが多くあった。また、千曲川のイベントでは、河川流路方向に近い変位波形が確認でき、河川水位の増大による起振の要因の1つは、流水が地盤に与えるせん断力であることが示唆されていると考えられる。

参考文献

- 1) 武澤永純・山越隆雄・石塚忠範・中谷洋明：山地河川における洪水時の地盤振動特性の評価，土木技術資料，Vol.55，No.7，p.10-15，2013.
- 2) 筒井和男・坂口隆紀・柴田俊・海原荘一・谷田佑太・浅原裕・木下篤彦・中谷洋明：高感度地震観測網の微小振動データに着目した大規模出水時の地盤振動特性と欠測水位の推定，河川技術論文集，第27巻，p.13-18，2021.
- 3) 海原荘一・谷田佑太・筒井和男・中谷洋明・木下篤彦・北本楽・小杉恵・山本悟司：高感度地震観測網による地盤振動と河川の水理量の関係，令和4年度砂防学会研究発表会概要集，p.207-208，2022.