

洪水時の河床変動現象の推定～関川下流部における事例～

国土交通省 北陸地方整備局 高田河川国道事務所 非会員 北澤大輔

1. はじめに

関川は、新潟県上越地方に位置し、妙高市の焼山（標高2,400m）を水源とし、河口部で流域最大支川である、保倉川を合流して日本海に注ぐ、幹線流路延長64.0kmの一級河川である。1969年（昭和44年）に、本川は河口から上流12.2km、保倉川支川は合流点から上流1.6kmが一級河川に指定され、2007年（平成19年）3月に関川水系河川整備基本方針、2009年（平成21年）3月に関川水系河川整備計画を決定し、河川改修事業等を鋭意進めている。

2. 調査までの経緯

1) 大規模災害と洪水時の河床低下の可能性

1995年（平成7年）7月の梅雨前線により、関川の高田地点流量2,580m³/s（整備計画目標流量2,600m³/s）、保倉川の松本地点流量920m³/s（整備計画目標流量800m³/s）の大きな洪水が発生し、行方不明者1名、全半壊70戸、半壊床上浸水2,167戸、床下浸水2,620戸、浸水面積2,217haの甚大な被害が発生した。この洪水は、30年に1度の規模の洪水であり、近年では最大規模の洪水であったが、高田水位流量観測所地点では、HWL以下で流下した。しかし、このときの痕跡水位を不等流計算で逆算すると、下流部においてはHWLを大きく超える結果となり、現象を再現できないことが判明した。

さまざまな考察から、洪水時に河床が低下していると仮定すると、痕跡水位と計算水位が一致したため、河口付近の下流部では、洪水時のピーク水位時に河床が低下すると考えられてきた。

治水安全度の向上に向けた今後の河道計画検討には、正確な流下能力評価が必要である。しかし、洪水時の河床低下現象のメカニズムや、その洗掘深は不明であることから、洪水時の河床変動現象の解明が必要となった。

2) これまでのモニタリング調査

洪水時の河床変動モニタリング調査については、2013年（平成25年）から本格的な調査が開始された。さまざまな調査を試みたが、①河床低下の発生の有無に加え、ピーク水位時の河床変動状況が観測できる方法、②対象区域が日本海沿岸であり、風雨、波浪共に激しく危険な状況下にあっても、最低限の必要な観測ができる方法、③洪水時の観測装置の流出や破損の可能性。以上のことから、無人観測で安価な装置を使用し、かつ、河床の時間的変化を観測できてピーク流入時の河床高を捉えられる方法の考案が必要となった。

3. 2017年（平成29年）河床変動観測の調査結果

1) 水位計付リングセンサー法の考案

洪水開始から河床高の時間変化を合わせて観測する方法として、水位計付リングセンサー法を新たに導入し観測を試みた。

既存のリングセンサー法は、ロッドにリングを通し、リングの標高を記録しておき、河床低下に追従してリングが沈下した標高を測量し、前回との差分で河床低下量が分かるという観測方法である。そのリング部とロッド部に簡易水位計を取り付けることで、河床高の時間変化を観測できるのが水位計付リングセンサー法である。（図-1）

この水位計付リングセンサー法を使用することで、河床低下の発生の有無に加え、河床の最大低下は洪水ピーク水位より前か、同時か、後かといった、水位流量の時間変化と河床低下の関係を観測することが期待でき、実際の洪水時における河床変動を考慮した河道計画検討を進める上で、有益なデータが得られることが期待できる。

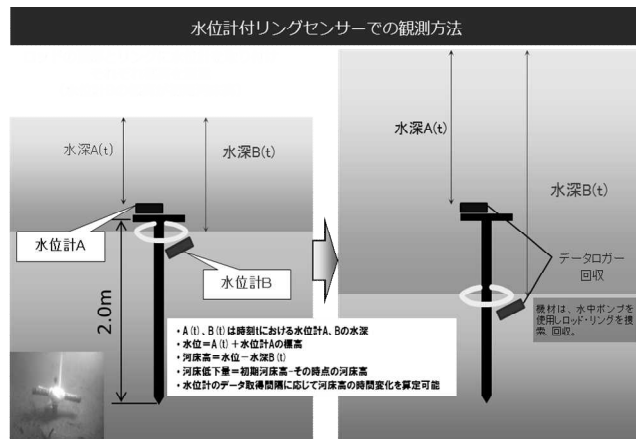


図-1 水位計付リングセンサー法の原理

2) 観測機器の設置

水位計付リングセンサー法（以下、センサーとする）の設置位置を図-2・図-3に示す。当初9箇所（図-2）に設置したが、2017年（平成29年）7月1日洪水を受けて各距離標の中間地点を加え、17箇所に増設した。（図-3）



図-2 センサー設置位置（7月洪水前）



図-3 センサー設置位置（7月洪水以降）

3) 洪水概要

洪水時の関川の高田水位流量観測所の水位グラフを図-4に示す。2017年（平成29年）は、7月1日にははん濫注意水位を超える洪水が発生し、10月23日に避難判断水位を超える洪水が発生した。大きな洪水が二回発生し、洪水時モニタリング調査としては、条件の良い一年であった。

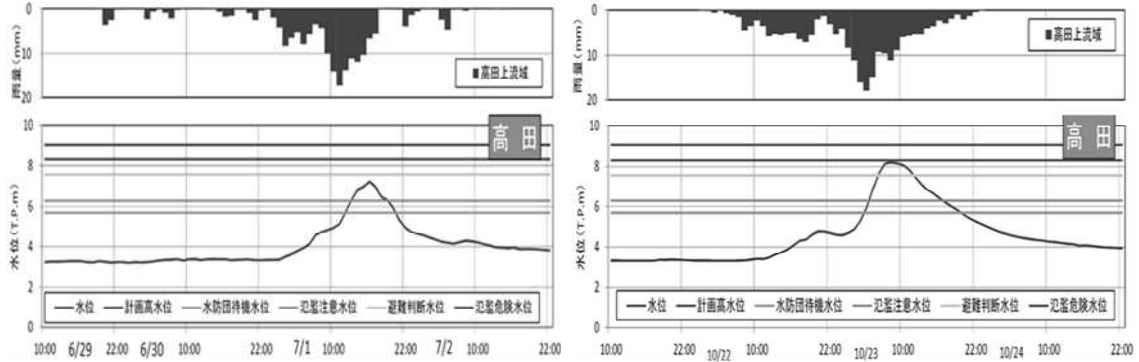


図-4 7月洪水概要（左）10月洪水概要（右）（基準地点：高田水位流量観測所）

4. 観測結果

7月洪水については、9基設置したセンサーのうち、河床変化が確認できたものは6基であった。特に右岸側で大きな洗掘が観測され、0.0k右岸、0.4k右岸については100cm以上の洗掘深が観測された。計測された6箇所のうち5箇所で洪水開始と共に河床が低下し始めており、ピーク水位生起前に最大低下が生じる箇所も存在する。

10月洪水については、17基に増設したセンサーのうち、河床変化を計測できたものは10基であった。10月洪水は7月に比べ規模が大きく-0.1右岸、0.4右岸、0.6左岸の鉄筋が流出した。鉄筋の長さが2mであり、それに近い又はそれ以上の洗掘が生じたことが考えられる。この地点は、7月出水でも70cm～100cm以上洗掘した箇所である。

表-1 7月洪水調査結果

地点	最大低下量 (cm)	再堆積厚 (cm)	洪水開始から最大低下までの時間	洪水開始からピークまでの時間
0.0k左岸	39	44	—	約16時間
0.0k右岸	(105)※屈曲	0	—	
0.2k左岸	(200)※流出	—	—	
0.2k右岸	38	47	約19時間	
0.4k左岸	56	28	約19時間	
0.4k右岸	113	104	約14時間	
0.6k左岸	(73)※屈曲	0	約16時間	
0.6k右岸	57	73	約18時間	
保倉川0.0k	71	36	約21時間	

表-2 10月洪水調査結果

地点	最大低下量 (cm)	再堆積厚 (cm)	洪水開始から最大低下までの時間	洪水開始からピークまでの時間
-0.1k左岸	13	14	約38時間	約20時間
-0.1k右岸	(200)※流出	—	—	
0.0k左岸	(105)※屈曲	0	約30時間	
0.0k右岸	15	10	約20時間	
0.1k左岸	(86)※屈曲	0	約28時間	
0.1k右岸	78	135	約28時間	
0.2k左岸	68	109	約28時間	
0.2k右岸	19	49	約27時間	
0.3k左岸	29	42	約22時間	
0.3k右岸	101	51	約28時間	
0.4k左岸	(60)※屈曲	14	約30時間	
0.4k右岸	(200)※流出	—	—	
0.5k左岸	83	90	約31時間	
0.5k右岸	84	22	約30時間	
0.6k左岸	(200)※流出	—	—	
0.6k右岸	(88)※屈曲	0	—	
保倉川0.0k	63	54	—	

計測された10箇所は、7月洪水と異なり、ピーク水位後に最大低下が生じている。また10月洪水は7月洪水よりも大規模であったにも関わらずピーク水位生起時間に対する相対的な河床低下開始時間が遅れている。

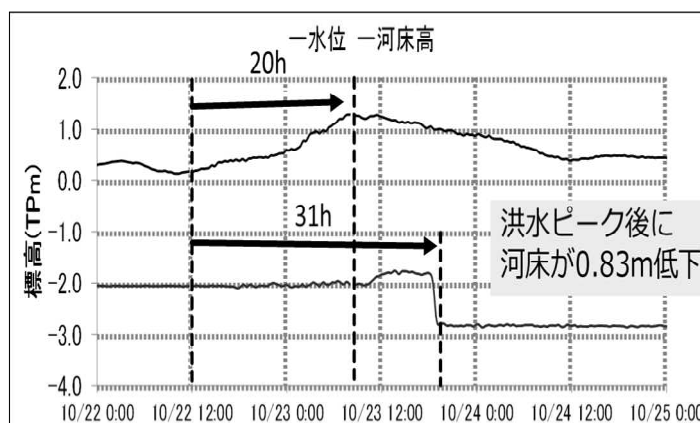


図-5 0.5k 左岸地点の河床高時間変化図（10月洪水）

5. まとめと今後の課題

1) 観測結果のまとめ

2017年（平成29年）調査の結果、遂に、関川下流部において洪水時に河床が低下することが証明された。河床低下量としては、平均で約70cm～80cmの低下が観測され、最大低下量としては、7月洪水は、0.4k 右岸で最大113cm、10月洪水は、0.3k 右岸で最大101cmの低下が観測された。しかし、鉄筋の屈曲や流出も確認されたため、約2m以上の低下現象が発生している可能性もある。

河床高の時間的变化に着目すると、多くの箇所では、洪水立ち上がり時に河床低下が始まり、ピーク水位生起以降に最大低下を生じる傾向がみられた。しかし、ピーク水位生起前に最大低下が生じる箇所があったことや、7月洪水と10月洪水では、河床高の時間的变化の傾向が異なるため、今後も引き続きモニタリング調査が必要である。

2) 今後の課題

洪水時の河床低下現象が観測できたため、次のステップとして、洪水初期に一齐にフラッシュされたと考えられる河床成分が、どの程度の層厚を形成しているのかを把握する必要がある。また、河床深部に位置する硬質粘土層については、一部分でボーリング調査結果が得られているが、河口から2.0k付近までの範囲でボーリング調査を面的に実施する必要があると考える。

また、7月洪水と10月洪水では、低下状況が異なることから、保倉川合流後の河口部の流れは、一定ではないことが考えられる。例えば、関川本川由来の洪水と保倉川由来の洪水とでは、合流後の流向や流速が異なるため、それに伴い低下の仕方が変わることが考察される。このことから、洪水発生要因に注視しながら観測を実施することが必要と考える。

6. おわりに

ここまで述べたとおり、水位計付リングセンサー法により、洪水時に河床低下が発生していることが観測された。今後も引き続き調査を行うことで、より正確な流下能力の評価に期待できる。これからも河床変動に関する観測に努め、河床変動メカニズムの検討を進めていき、早期の治水安全度の向上を図ることが河川管理者としての重要な役割と考える。