

図 56-7

57. 水位計の試作と石狩川の洪水観測

土木試験所 村木 義 男
高 島 和 夫*

1. 緒 言

洪水波の伝播現象を実際の河川について詳細に研究するため、取付けが簡単でしかも安価な自記水位計を試作した。これは従来多く使用されてきたフロート式のように井戸とか塔のような施設工事を必要とせず、また従来の水圧式、例えば本多式あるいは菅谷式のように受圧部を河床に固定する必要がなく、短時間で出水のいかんにかかわらず取付けられるものである。しかしこれには8~9m以上の記録は原理的に不可能という欠点がある。昨年(昭和30年度)この水位計10数台を石狩川本流沿いに設置し、8月から10月まで洪水観測を実施したが、この間大小10数回の洪水があり、予期以上の好結果をえた。以上本文においてこの試作水位計の概要と石狩川の洪水波の伝播特性について若干述べる。

* 現在札幌開発建設部機械整備工場

2. 試作水位計について

1. 原理と構造

図 57-1 により原理を説明する。U 字管 ABC に水銀を入れ、CDE なる部分が水で満たされ、かつ一端 E が水中にあつて、水面 L_1 と水銀面 M_1 とが釣合っている状態を考えると次式が成立つ。

$$\rho' H_1 = \rho h_1$$

ただし ρ ; 水銀の比重

ρ' ; 水の比重

今水位が ΔH 上昇し水面 L_1 が L_2 になると、水銀面 M_1 は Δh 上昇して M_2 になり、再び釣合う。この時

$$\rho' H_2 = \rho h_2$$

また

$$H_1 = H_2 + \Delta H + \Delta h'$$

$$h_1 = h_2 + \Delta h + \Delta h'$$

$$s \Delta h = s' \Delta h'$$

ただし s, s' はそれぞれ管 A, C の断面積

これらの式から ΔH と Δh との関係をだすと

$$\Delta H = \frac{1}{\rho'} \left\{ \rho + \frac{s}{s'} (\rho - \rho') \right\} \Delta h$$

ここで $\rho = 13.6, \rho' = 1, s = s'$ とすれば

$$\Delta H = 26.2 \Delta h$$

すなわち記録 1 mm は水位変化 26.2 mm に相当する。

これらのことからわかるように、この水位計は陸上に固定した器機と変動する水面との相対的变化を利用したもので、普通の水圧式水位計のように水面と、水中に固定された受圧器との変化を用いたものでない。この点が取付けを容易にしている。

次に実際の装置について述べると、河川で実際に使用する場合図 57-1 のままではうまくない。というのは H の値が数メートルとなるため D 部の圧力が小さくなり、ために水蒸気が発生し、また水中に含まれている空気が上昇し、この部分にたまって管 CDE 内の水が断ち切られるからである。この点を解決するため D 部の上に貯水管を設け、発生した気体がこの部分にたまるようにした。実際の器械装置は図 75-2 のとおりである。

2. 使用法

取付けに際して注意することは場所の選定である。なるべく傾斜が—ようで急なところを選ぶ。これは器械から河水までの導管内に気泡がたまることなく常に上昇して貯水管に達するようにするためである。

取付け方法は、まず器械の入った運搬箱をそのまま格納小屋とし杭の

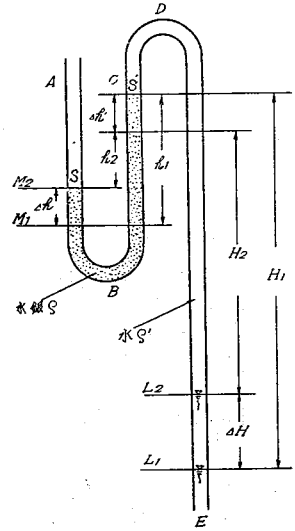


図 57-1

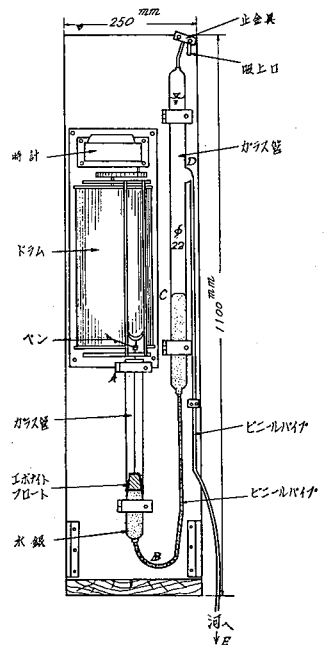


図 57-2

上に固定する。次にビニールパイプの端に錘りをつけ水中に投入し、流れぬようパイプを固定する。次に水銀を入れ、ポンプで吸上り口から河水を吸上げ管内を水でみだしコック金具でとめる。次に水銀面上にエポナイトフロートをのせ、普通水位計同様用紙を巻き、フロートについているペンで記録する。その他各部分の取扱い調整方法等細部については紙面の都合上省略する。写真57-1は器械内部、写真57-2は取付け状況を示すものである。

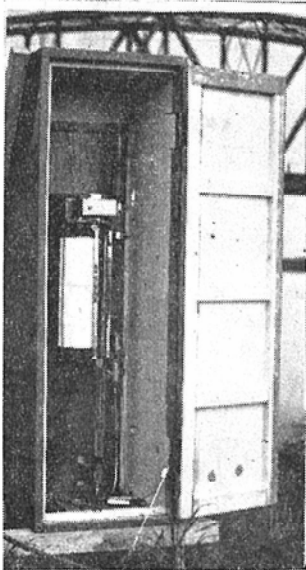


写真 57-1

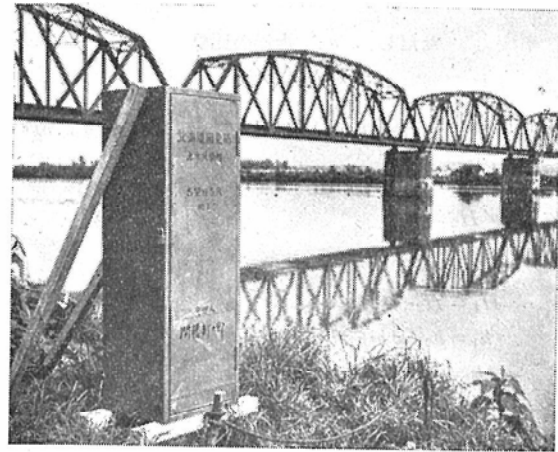


写真 57-2

3. 考 察

(1) 精度であるが、現場試験の結果取扱いが良好であれば、大体 ± 3 cm の誤差で記録できることが確められた。平均して ± 5 cm までは信頼できる。誤差の原因として (a) ガラス管製作の不均一性 (b) フロートの上下に対する種々の摩擦 (c) 温度変化に伴う水銀・ガラス等の膨脹 (d) 河水の比重変化 (e) 取扱いの不良等であるが、ガラス管の不均一性については1台1台につき検定を行なっている。

(2) 本水位計の特長をあげると (a) 取付けが簡単であること (b) 携帯に便でしかも安価であること等である。ちなみに他の水位計と比較するならば、フロート式では本格的施設をする場合1箇所あたり30~50万円の経費と1箇月近くの工事日数を必要とする。また水圧式でも在来のものでは受圧器を固定する工事が伴ない、この受圧部に故障が生じた場合、特に出水中には修理ができず、また価格の点でも菅谷式では20万円前倒ときいている。これに比べ本水位計の場合取付けには2~3時間あれば大体充分であり、また経費も1台5万円程度で準備できる。

(3) 一方欠点としては (a) 測定範囲に限界があること (b) 冬期は凍るため使用できないこと (c) 導管内に気泡がたまるよう特別の注意が必要であり、また水銀フロート式であるから調整、取扱いが多少難しいこと (d) 精度が普通のフロート式に比べ若干悪いこと等があげられる。

(4) 最後に本方式で問題になる点、すなわち導管内の水が断ち切れることなく維持できるかという点であるが、取付けて間もなく、一時盛んに気泡がでるが、これが上昇し終れば、その後は殆んど発生せず安定する。したがって取付け2~3日後、人為的にこの気泡をあげてやればよい。

3. 石狩川の洪水観測について

石狩川本流全延長に亘る系統的な記録をとり、波形の移り変りをなるべく詳細に調べるため、図 57-3 に示す

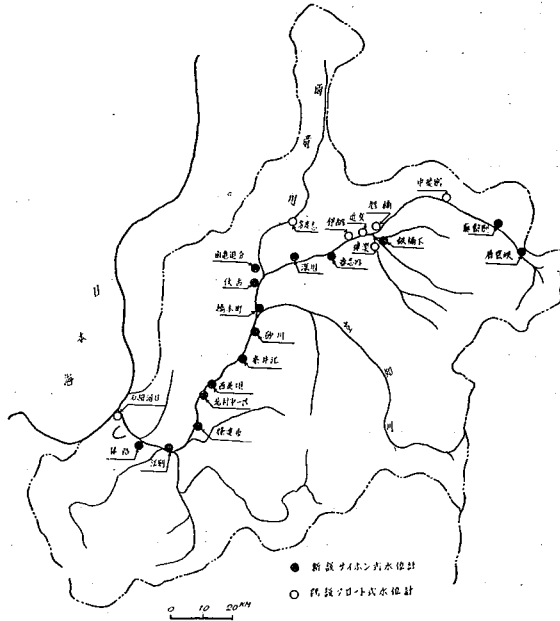


図 57-3

とおり、ほぼ 15 km 間隔で 10 台以上設置した。一地点における記録は図 57-4 に示すような時間-水位曲線であるが、水位上昇始めの点を前端、最高水位の点を波頂、水位上昇分 η を波高と呼ぶことにし、本文ではこの 3 つの量の場所的变化、すなわち前端、波頂の伝播速度、波高の変化について若干述べる。

1. 前端速度と波頂速度について

洪水波が移動するに従って偏平化するのは、前端速度が波頂速度より速いためであるといわれている。この両者の速度差のあることは人工放流による洪水実験、また室内水路実験において既に確かめられているが、実際河川の大きな洪水による検証はまだ不十分なので、この点について調べた。図 57-5 は大小 2 つの洪水について波頂速度・前端速度・平均流速・長波速度 $\sqrt{g\eta}$ の関係を図示したものである。実際の洪水では前端の判定は仲々難しいが図に示したものは明確なもの

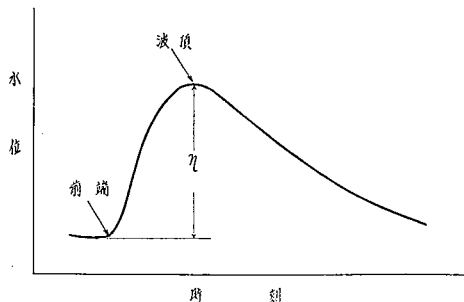


図 57-4

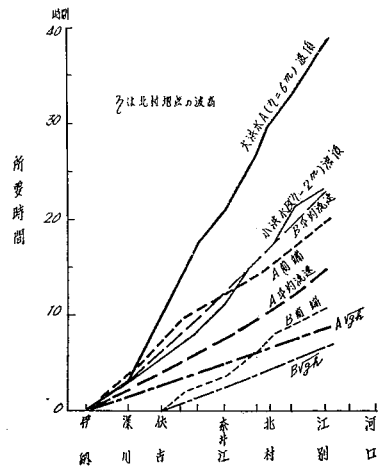


図 57-5

である。これによれば両者とも前端速度が波頂速度よりもはるかに速いことがわかる。室内水路実験では、この前端速度は長波速度 \sqrt{gh} に等しいことが示されているが、実際の洪水では、 \sqrt{gh} にくらべはるかに遅いことがわかる。次に平均流速と波頂速度とを比べると、小洪水ではほぼ等しい値を示し、洪水波は水の実質部分の移動であるとみてよいが、大洪水の方では波頂速度が平均流速よりもはるかに遅くなり、実質部分の移動とはみられないようである。ただしこの場合の大洪水の流速は実測ではなく、水位-流速曲線を延長して用いたものであるから実測して検討する必要がある。

2. 洪水水位と波頂速度との関係

洪水水位(洪水量)と波頂到達時間(波頂伝播速度)との関係を調べた。図 57—6 は支流の影響の少ない河状の比較的一ような奈井江~江別間 52 km についての前端・波頂・平均流速の到達所要時間を示したものであるが、これによれば波頂速度は水位 15.5 m までは殆んど同一速度(多少速くなる傾向を示す)であるが、それ以上では急に遅くなっている。またこの水位までは平均流速と割合近い値を示し、洪水の伝播は実質部分の移動であるとみることも許されよう。

前端速度は水位 13 m 以下では低い程遅いが、13 m 以上では殆んど一定とみてよいであろう。なにゆえ波頂速度が水位 15.5 m あたりで急に変るのか今のところはつきりはわからないが、洪水波形の変化がこの辺で顕著になるためであろうと考えられる。波形変化の原因として、水位に伴う河道断面の変化・河床勾配の変化・遊水池の有無・河道内貯溜現象等に関係するものと思われるが、図に示した洪水はいずれも河道内におさまっており、また断面も余り変化はないが、古河による遊水池が比較的多いので、この点は一応考慮すべきことだと思う。

図 57—7 は深川の洪水水位に対する伊納~深川間、深川~橋本町間、深川~奈井江間の波頂到達時間を示したものであるが、伊納~深川間は洪水水位に関係なくほぼ一定であるが、深川~橋本町、深川~奈井江間は水位とともに波頂速度が順次遅くなっている。これは深川を境として上流下流での河状(河床勾配・断面・遊水池等)が異なるためと考えられる。従来洪水伝播速度として簡単な $w = \frac{3}{2}v$ なる式があるが、これまで述べた実測結果からみても、実際の河川では複雑な多くの要素が含まれるため、このような式の適用性は少ないものと思われる。い

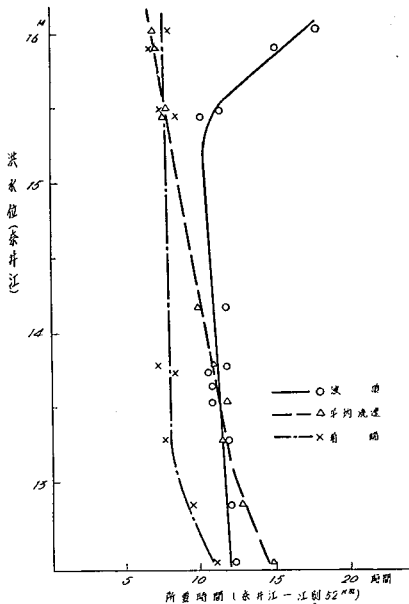


図 57—6

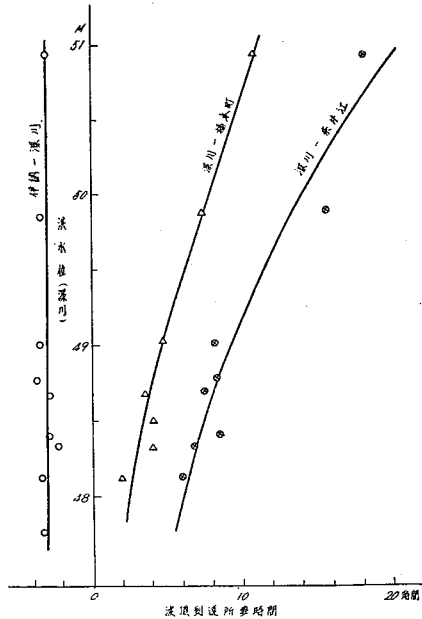


図 57—7

れにせよ到達所要時間が洪水位と比較的密接に関係づけられることは、洪水予報上好都合なことである。

3. 波高の変化

一般に河状が一ようであれば洪水波の波高の減衰はある地点の波高を A としそれから距離を x とすれば

$$\eta = Ae^{-\alpha x}$$

で表わされるが、支流の影響の少ないしかも河状の比較的一ような砂川～江別間についてこれを検討してみた。縦軸に $\log \eta$ をとり、横軸に x をとつて η の変化を調べると図 57-8 のようになる。いずれの洪水の場合も砂川から北村までは自然対数的に、すなわち図上では直線的に波高が高くなっていて、その後江別までは直線的に

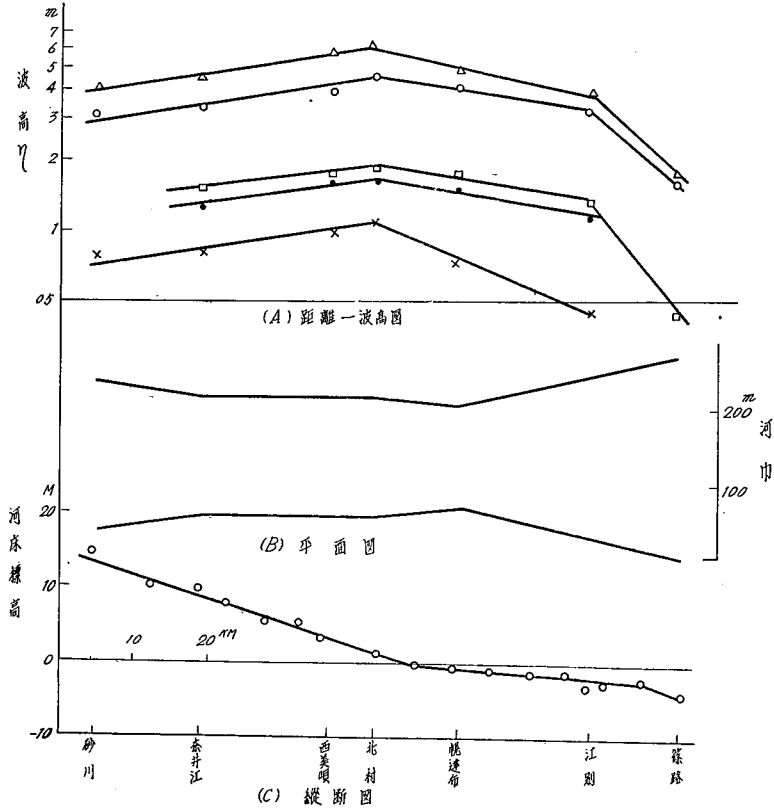


図 57-8

減つている。これによると北村から江別までは上式がそのままあてはまり、北村より上流では係数 α の符号が変わるが、形としてはそのまま適用される。北村で波高が最大になる原因としては、図に示したように河巾が若干その下流で狭くなつており、また河床勾配が急変していることが考えられる。砂川～北村間の波高上昇が図上で直線的に表わされ、しかもいずれもほぼ平行であることは、係数 α が洪水の大小にかかわらずほぼ一定値をとることであつて、これは好都合なことである。また最大波高を示す地点を知りえたことは洪水予報・工業計画上からみても意義のあることである。

4. 結 語

洪水波研究用として特に新しく水位計を試作し、これを用いて石狩川本流全延長にわたる伝播状況を調べたのであるが、旭川より上流については支流、発電所等の影響が大きき、そのうえ測定地点が少なかつた関係上追跡

が難しく、昨年度の調査ではよい結果がえられなかつた。水位を記録することは簡単なことのようにであるが、実際河川にあつて多くの地点では記録を系統的にとることは、なかなか容易なこととなく、従来も余りこのような研究はなされていない。しかし洪水論的な立場からみて、洪水波なるものの実態を究明するには忠実な水位曲線の観察と再検討が必要とされている現状であるが、幸い筆者は試作水位計を用いることにより、また適当な降雨にめぐまれ、予期以上の記録を得ることができ、石狩川の洪水波特性について若干の定性的傾向を知ることができた。しかも短期間の調査で資料も少なく、実態を把握する段階に至っていないので、さらに今後も研究を続けたい。また伝播現象解析の一方法として、水路実験も併せ行なう予定である。

58. 天塩川における昭和30年7月の出水について

旭川開発建設部 岡本 孝

は し が き

昭和30年7月の出水は、当建設部管内の河川ごと天塩川流域においては40年来の洪水といわれ、沿岸各地は相当な被害を蒙つたが、反面治水工事に携わる者に示唆を与える多くのものを残して行つたので、概況報告を兼ねて感じたことを2~3述べる。

1. 7月出水の概要

気象の概況：降雨の原因としては、温暖湿潤な小笠原高気圧と大陸高気圧との境にできた不連続線が2日か

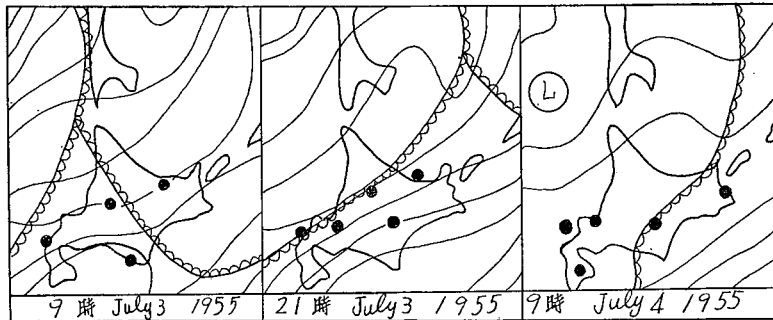


図58-1

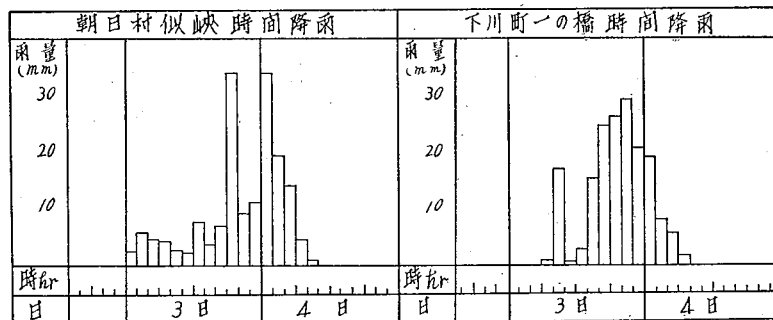


図58-2