

II-325

横越流による段波の変形・減衰に関する実験的研究

大阪産業大学工学部 正会員 重光 世洋
 大阪産業大学大学院 学生員 横田 潤治
 大阪産業大学大学院 学生員 日沖 彰則

1. はじめに

ダム決壊時や水門を急激に開閉したとき、前面が不連続に立ち上がった波が上下流へ伝播する。このような波が段波であり、この段波のもつエネルギーは膨大で、ときには大きな破壊力をもって人命の損傷や構造物の破壊をもたらし、大災害の源となる。したがって、段波の変形や減衰の諸特性を基礎的に解明することは、防災工学上重要な課題である。これまでの段波の変形や減衰に関する研究は多くの研究成果が発表されているが、それを人工的に減衰させる工法はあまり見かけない。本報は基礎研究の一環として、矩形断面水路に対称な横越流堰を設けた場合に対し、上流端の流量を急増させた場合の下流への伝播する段波の変形や段波高が横越流に伴ってどのように変形・減衰するかを水理実験により行い、得られたいくつかの知見について提示するものである。

2. 実験装置・方法および条件

実験では、まずゲートをさかいとして上・下流に水位差を設定し、その後ゲートを引き上げ段波を発生させ各測点で水位を記録した。実験水路は、幅50cm、高さ50cm、長さ15mの矩形断面を有する勾配可変の鋼製水路の中央に幅(B)20cmの透明アクリル製水路を設置し、上流端より3mの所にゲートを設け、ゲート位置より下流へ7mの地点を横越流部下流端として水路両側に対称な横越流堰を設けたものである。なお、ゲート上流部の貯水槽底面積は $0.5\text{m} \times 3\text{m}$ である。水位計は水路中心線上に、引き上げゲートより下流へ1m(6ch)、4m(5ch)、7m-Lo(4ch)(横越流堰始端)、横越流堰の中央(3ch)、7m(2ch)(終端)および9m(6ch)の計6点設置した。

水路勾配は水平とし、初期下流水深(=堰高)は $H_0=16.6$ (case-A)、 12.6 (case-B)、 9.3cm (case-C)の3種類、上流側水深(H_s+H_0)は $H_s/H_0=0.3, 0.6, 0.9, 1.5$ の4種類(H_s :初期上下流の水位差)の計12ケースで、横越流堰長(L_0)は $0, 40, 60, 80, 100\text{cm}$ の5種類である。ゲートの開放時間は手で一律0.3秒程度に操作した。水位は0.02秒間隔でデジタル的に記録した。

3. 実験結果と考察

(1) 横越流堰のない場合の波形の遷移変形: 段波は下流への進行につれて変形し、分散波列を形成し、波状段波となる。典型的な変形遷移過程は図-1($H_0=16.6\text{cm}$)の場合、測点は $L_0=100\text{cm}$ と同一位置)に示すように分散波に移行し、すなわち、 $H_s/H_0=0.3$ の場合の波形は崩れることなくほぼそのままの形で下流へ伝播する。 $H_s/H_0=0.6$ の場合には下流へ伝播するにつれて波高が増幅され、前面の波形勾配が急になり波頂部は崩れ波型砕波(spilling型)の形態をなして伝播していく。 $H_s/H_0=0.9$ の場合では波形勾配は更

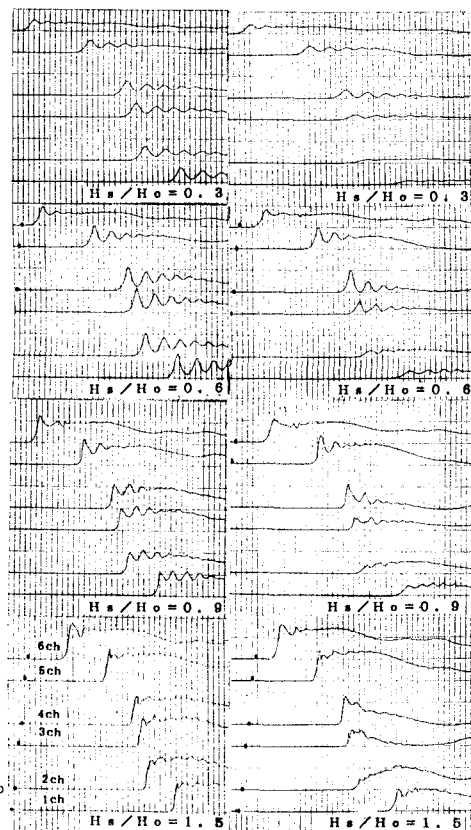


図-1 観測波形 (越流なし) 図-2 観測波形 ($L_0=100$)

り波頂部は崩れ波型砕波(spilling型)の形態をなして伝播していく。 $H_s/H_0=0.9$ の場合では波形勾配は更

に急になり、波高の増幅に伴い巻き波型（plunging型）の碎波形態をなす。 $H_s/H_0=1.5$ では砕け寄せ波型（surging型）の碎波形態をなし、分散波列も顕著でなくなる。

（2）横越流堰のある場合の波形の遷移変形：全般的に図-2（ $H_0=16.6$, $L_0=100\text{cm}$ ）に示すように、 $H_s/H_0=0.3$ の場合は越流によって段波波高が低減され、分散波もかなり消失されるが、 $H_s/H_0=0.6$ では大きく減衰するものの越流堰通過後の再び分散波に移行し増幅する。 $H_s/H_0=0.9$ の場合は前面数波は減衰されるが、後続波群はむしろ膨れ上がって大きな波形となり、さらに分散波に移行する。この後続波群は $H_s/H_0=1.5$ の場合は $H_s/H_0=0.9$ に較べてさらに顕著な大波形を形成し、減衰効果は最も小さくなる。この膨れ上がる原因は横越流による急激な水位低下にともなって横越流部水路における流速が増大し、したがって堰高以下を通過する流量は増加するためと考えられる。

（3）横越流なしの場合の分散第1波の段波高の変化：図-3は分散第1波の段波高の距離的变化について示したもので、その変化の状態は（1）で示した段波の形態と同様な傾向を示す。他の初期水深の場合も同じ傾向である。図中に示す x （cm）は引き上げゲートを起点とした距離である。

（4）横越流ありの場合の段波高の変化：図-4は $L_0=100\text{cm}$ 、初期水深 $H_0=16.6\text{cm}$ の場合について分散第1波の段波高の変化を示す。初期段波の形態によって、特に $H_s/H_0=1.5$ の場合では越流堰通過後の段波高がさらに増幅される場合がある。

（5）越流堰長の効果：図-5は初期水深 $H_0=16.6\text{cm}$ の場合の第1波の段波高の比（透過率） (H_{c1}/H_{c5}) と $(H_{c5}/B) \times (L_0/H_0)$ の関係を示す。透過率は $(H_{c5}/B) \cdot (L_0/H_0)$ が大きくなる程小さくなる。初期段波高 $H_s/H_0=0.3$ の場合の減衰が最も顕著である。図示していないが、 H_s/H_0 が同じでも、初期水深が小さくなる程低減度合いは小さくなる。なお、図中のプロット点は $H_s/H_0=0.3$ の場合を示したものである。

4. まとめ

初期相対水深（ H_s/H_0 ）は段波波形の遷移変形に対して支配的である。横越流堰長が長い程、段波高に対する低減効果が大きくなる。 $H_s/H_0 > 0.9$ になると、いったん横越流によって低減された段波は下流へ進行するにつれて再び増幅される。段波の分散に伴う波高変化および碎波形態は初期の相対段波波高により分類される。今後これらの知見をもとにさらに詳細にわたって実験を行って検討をしていきたいと考えている。

（参考文献）重光・横田・日沖・鶴巻：横越流水路における段波の遡上変形・減衰に関する実験的研究，第48回年講，1993。

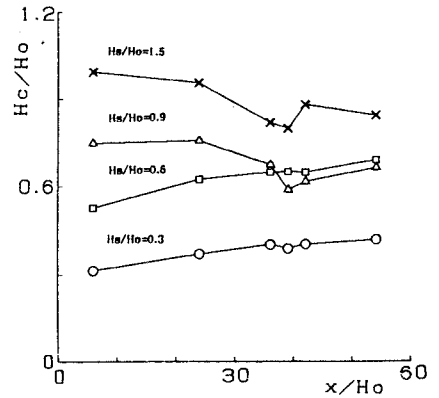


図-3 分散第一波の段波高の変化（越流なし）

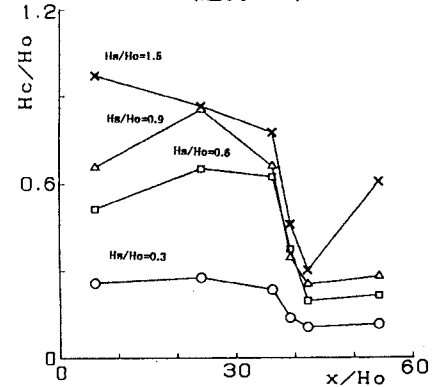


図-4 分散第一波の段波高の変化（越流あり）

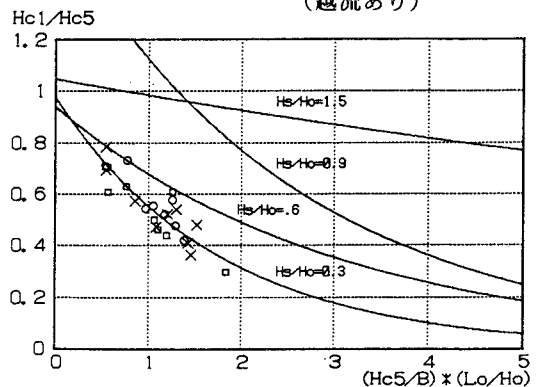


図-5 段波高の透過率の変化