

東海大学 正員
関東地建 正員
復建エンジニアリング 正員

有賀世治
家原俊二
友近榮治

1. まえがき

河川堤防が破堤した後、はんらん水が堤内へ刻々拡がって行く状態を推測するため、その準備段階として、諸条件を単純にした場合の模型実験を種々行って来ているが、今回機会を得て、より規模の大きい野外実験を行うことができたので、若干の考察を加えて、報告するものである。

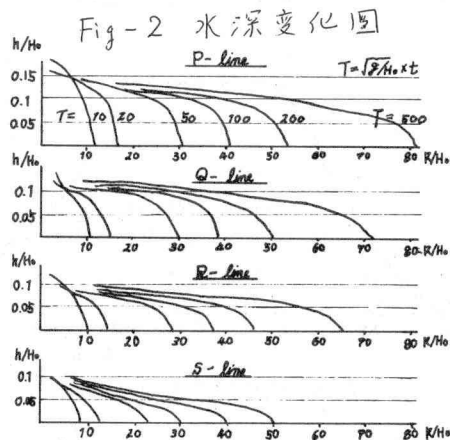
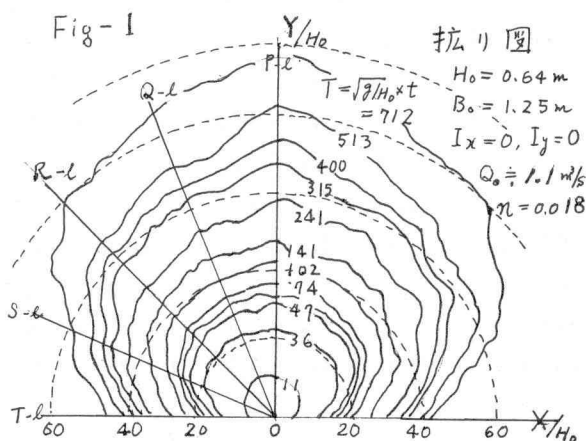
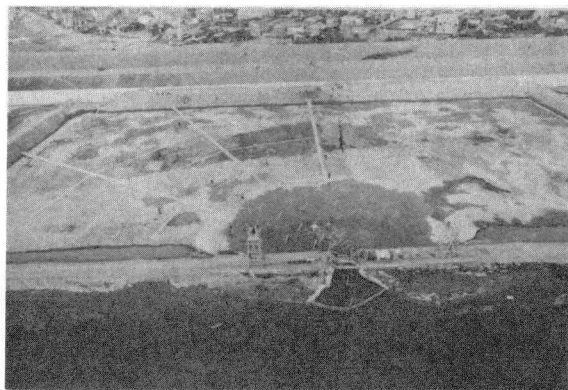
2. 野外実験

地盤沈下のため、満潮時には低水路の水位が高水敷高 (A.P. + 1.4 m) を越える荒川放水路。鹿浜橋上流附近に 75 m × 150 m の平坦地盤を造成し、低水路に沿って、小堤を築き、中央地点に押し倒し式ゲートを備える幅 2.3 m の破堤口を作った。破堤口を中心に半径 25 m までは厚さ 15 cm のコンクリートを打ち、その外側はシルト質土砂でつき固め、表面を均した。平坦度は水平 5 m について、±1~3 cm であった。洪水期にガッたため、多くの回数をこなせなかったが、溢流深 0.33 m, 0.48 m, 0.64 m, 0.84 m の 4 種について、破堤幅を溢流深の 2 倍にとり、地盤上に滞水のない状況ではんらんさせた。刻々の水の拡りはヘリコプター及び機上からの写真で記録し、水位の測定は破堤口から 20 m 以内は斜量水標による写真観測、その外側は直接測定を行った。表面流速及び流向の測定には希釈スチロール等を流して写真解析を行った。水位の測定誤差は浪などの影響があって 2 cm 程度である。

(写真 1. に実験中の状況を示す。)

結果 溢流深が 64 cm の場合の拡りと水深の時間的変化を図-1 及び 2 に示す。現象は三次元非定常流れであつて、破堤直後は射流状態じやがて常流状態となり、フロントの周辺附近は底面摩擦が大きく、水面勾配は大きい。(図-2 で射流

写真 1



部分と段波の波頭附近の水位精度はよくない。) 拡りをほぼ円形とみなして、半径の延伸速度(円の中心の移動速度も同傾向)の時間的変化を図示すれば図-3に示すとおりである。これによると $V_r/V_0 = e^{-\lambda t}$ とおいた場合の λ の値が破壊直後の射流近辺、これに続く中間部分と、時間がたつて、波頭速度が弱まる部分の3つに大別できるようである。

3. 考察

破壊後のはんらん水の拡り現象を底面摩擦力を考慮して、三次元段波として解析的に解くことは、この野外実験の場合のような単純な条件のもとであつても容易なことではない。そこで筆者らは実際の河川の破壊はんらんの場合に概数的にそれによつて起る洪水区域や洪水度を予測する上に利用できればよいという観点から図形的にアプローチすることを考えた。すなわち、現象の本質を非定常放射状流れとみなし、土砂を含みぬ落水が地盤と傾いた角度をもつて射出され(流量は一定とする。)フロントは円形に拡がりつつ、その円の中心は移動するものとみる。刻々の速度変化は、初速、地盤傾斜、地盤粗度などによつて影響をうける。速度変化の傾向がわかつていけば、作図によつてはんらん区域が求められるとする。いま地盤が水平の場合(地盤勾配があつてもそれが小さい場合も近似的に成り立つ。)について考える。

ある条件の範囲内で、 $V_{rx} = V_{r0} \times e^{-\lambda_1 t}$, $V_{rx} = V_{r0} \times e^{-\lambda_1 t}$, $V_{yt} = V_{y0} \times e^{-\lambda_2 t}$ の関係があるとした場合は、 t 秒後の拡り円は次の式で表わされる。なお V_{y0} が V_{r0} より小さい場合は、堤防に近い部分の円形は修正を要

$$\{x - V_{r0}/\lambda_1(1 - e^{-\lambda_1 t})\}^2 + \{y - V_{y0}/\lambda_2(1 - e^{-\lambda_2 t})\}^2 = V_{r0}^2/\lambda_1^2(1 - e^{-\lambda_1 t})^2$$

する。この式から円群の包絡線を求めることによつて、はんらん区域の外縁が求められる。また、 θ は円上の点とその中心と結ぶ線の軸となす角度として、

$$y = V_{y0}/\lambda_2(1 - e^{-\lambda_2 t}) + V_{r0}/\lambda_1(1 - e^{-\lambda_1 t}) \sin \theta, \quad x = V_{r0}/\lambda_1(1 - e^{-\lambda_1 t}) + V_{r0}/\lambda_1(1 - e^{-\lambda_1 t}) \cos \theta$$

の2式から、 θ をパラメーターとしてフロントの拡り流向を示す式を求めることができる。

図-4に今まで行つた実験で得られた拡り円形の類型を示しておく。

次に、地盤勾配の値が大きい場合には V_r は θ の値によつて異なってくるので、円形拡がりにはならない。しかしこの場合、形は複雑にはなるが、 V_r を x, y 方向に分けて考え、 V_{rx}, V_{ry} と合成すれば、 t を代入することによつて、刻々の拡り円形は求められるよう。

洪水深の場所的、時間的変化については、供給水量と拡り面積から平均水深の算出は求められるし、この実験の結果などから、横断、あるいは縦断方向の水深変化率を仮定すれば、各点の水位変化の算出はつぎめよう。このようなことで、はんらん水の拡りによる、洪水区域、洪水度分布を推測することに実用上の利用価値はでてきよう。問題として残るのは流速減衰係数 λ であつて、破壊後の流れの状態につれて、その値を変えているか変化の原因と、変化率に同じく今後研究を進めて行きたい。野外実験で $H_0 = 84 \text{ cm}$ の場合、破壊後5秒間は λ の値が0.015で時間とともに減じ100秒後では0.06となつた。終りに本実験の実施に協力いただいた建設者荒川下流工事事務所及び科学技術防災センターの方へ、特に共著者として小林満男氏、岸井徳雄氏の御努力に感謝するとともに、有益な御教示をいただいた東洋大学の平岡仁教授に深甚の謝意を表する次第である。

