

II—30 中間流に関する実験的研究

京都大学工学部

正員 工修 高橋琢馬

運輸省港湾技術研究所

正員 工修 廣本文泰

株式会社同組

正員 沢野寛治

筆者らは二三年前以来と異なり、山地の出水過程に及ぼす中間流の役割について検討し、その重要性を指摘してきた。最近の Dreibel bis による活性層の発見は、筆者らが中間流の生起端として想定してきた A 層の存在を実証したもう一つの例である。本報告は、中間流の内部機構を主として実験的に検討し、二、三の特性を明らかにしたものである。

1 定常中間流；中間流（A 層内側方流れ）が Darcy 則に従うとすると、一定の過剰降雨係数をうけて定常に行、たとえ A 層内飽和水深 H は

$$dH/dx = (\sin \theta \cdot H - NX) / \cos \theta \cdot H \quad (1)$$

で表わされる。ここに、 x は斜面の上流端からの距離、 θ は A 層底の傾斜角、 $N = r_e / \epsilon$ 、 $r_e = r - i$ (r : 降雨強度、 i : A 層底下部への浸透能) で過剰降雨強度、 ϵ は A 層の透水係数である。図-1 は、A 層と中間流を模式的に示したもので、 D は A 層厚（通常 20~30 cm）である。

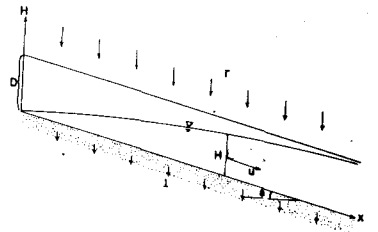


図-1

$x=0$ の厚さが特異点であることは容易にわかるが、 $\cos \theta \div 1$ とすると、(1) 式の特性方程式から、 $\beta = \sin \theta / 2\sqrt{N}$ によって二つの特異点が現れる。すなわち、

$\beta > 1$; 結節点、 $0 < \beta < 1$; 渦状点 である。

$\beta > 1$; 厚さにおける水深二重配 $(dH/dx)_c$ は確定し、 $(dH/dx)_c = 2N / \sin \theta (1 + \sqrt{1 - 1/\beta^2})$ で表わされる。また、二重配の場合の水深形状は、厚さ付近を除いて、近似的に $H_1 = NX / \sin \theta$ で与えられる。

$0 < \beta < 1$; 厚さ近傍の飽和水深は、定常状態に近づくにつれて反時計回りに巻き込み、厚さにおける水深二重配は確定しない。また、水深形状は、 $H \propto \sqrt{x}$ に近く、 H_1 より大きい。

2 非定常中間流；中間流の一般基礎方程式は

$$\gamma \partial H / \partial t = \epsilon \partial (H \partial H / \partial x) / \partial x - \epsilon \sin \theta \cdot \partial H / \partial x + r_e \quad (2)$$

で表わされる。ここに、 t は時間、 γ は有効空隙率である。H の時間変化も β に依り異なる。 $\beta > 1$ のときには、(2) 式右边第 2 項の輸送項が第 1 項の拡散項より著しく大きいことを指摘でき、第一近似解 H_1 は、特性曲線 $dH/dt = f$ の上で、 $H_1 = \int_{t_0}^t r_e(\omega) d\omega / \gamma$ で与えられる。 $f = r_e \sin \theta / \gamma$ 、 t_0 は特性曲線の出発時刻である。また、二重配の場合には、拡散項を考慮した第一近似解を得ることができ、 $0 < \beta < 1$ のときには、H の時間変化は小さくおさげられるが、厚さ付近の水深上昇は H_1 よりかなり大きいものと予想される。

3 実験結果とその考察；実験は別項降雨のある浅水流の実験的研究に述べた水路に、粒径 2.5~4.5 mm の砂を厚さ 15 cm で行、 t_0 は二重配は、 $\sin \theta = 1/10, 1/20, 1/50$ の 3 ケース、降雨強度 r は各ケースで一定とし、10~20 cm/hr の範囲で種々に変えた。飽和水深は、水路底に同種水を計 5 コを水路長方向に配置して測定した。まず、水路上流端より、一定流量を流して透水係数 ϵ を求めたところ、二重配 $1/10, 1/20, 1/50$ に対してそれぞれ 4.56, 4.08,

5.78 $\frac{cm}{sec}$ となり、本実験例ではほぼ Darcy 則が成りたつことがわかった。

中間流飽和水準測定結果の二例を図-2~図-5に示す。図-2と図-3は、それぞれ $\beta > 1$ および $0 < \beta < 1$ に対応する飽和水準の上昇の測定結果であり、時間経過後の降雨開始時刻を原点として示す。●印は定常時の飽和水準を示し、○印は水路に細孔をつくらせて直接測定した定常時飽和水準であり、同階水圧計による測定結果とほぼ一致している。 $\beta > 1$ の場合の定常飽和水準は H_1 に近く一致し、また鉛線は飽和水準上昇のオー近似解、実線は 5~8 min に対するオー近似解を示すが、これも実験結果とかなりよく合っている。 $0 < \beta < 1$ の場合の定常飽和水準は、 H_1 より著しく異なりその値は小さい。図-4と図-5は、それぞれ図-2と図-3の実験例に対応する降雨停止後の飽和水準の減衰状態を示し、時間経過後の降雨停止時刻を原点として示す。 $\beta > 1$ の場合には、オー近似解がほぼ成り立ち、減衰状態は $\frac{\partial H}{\partial x} = N/\sin \theta$, $\frac{\partial H}{\partial t} = -\frac{N}{\sin \theta}$ で表わすことができ、実験結果もこの関係とよく一致している。 $0 < \beta < 1$ の場合には、上昇部と同様に、飽和水準の減衰状態を解析的に示すことが、今後検討する必要がある。以下、図-5の実線はその間欠記録の欠陥を示す。

以上の考察を山地の出水現象と結びつけると、つぎのようになる。(1) 中間流の等価は $\beta \geq 1$ で大別される。(2) $\beta > 1$ の場合で飽和水準が A 層表面に達し、表面流が生じるとともにその生起場の時間変化は大きく、出水解析には生起場の変化を十分考慮しなければならない。(3) $0 < \beta < 1$ の場合で表面流が生じ、かつ表面流生起の全期間で $0 < \beta < 1$ となると、表面流生起場の時間変化は小さい。(4) 降雨条件と、D が等しい場合で表面流が生じるときを考えると、山腹=う配の大小に応じて表面流生起場の大きさとは逆に行き、つまり山腹=う配にあって大出水のときは一般的に決まらぬ、表面流の流出機構と中間流に起因する生起場変化の両者を考慮しなくてはならないと意味する。

文献：1) 高柳琢馬；出水現象の生起場とその変化過程，京大防災研報，第6号，昭37.3

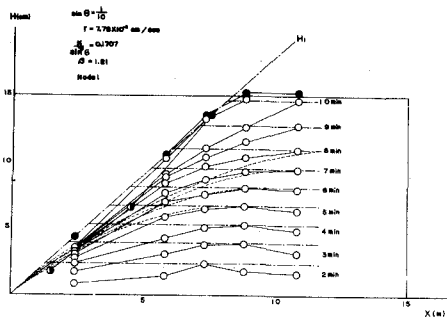


図-2

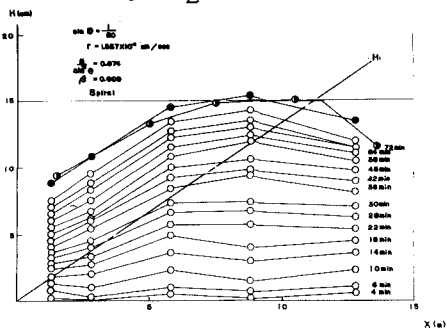


図-3

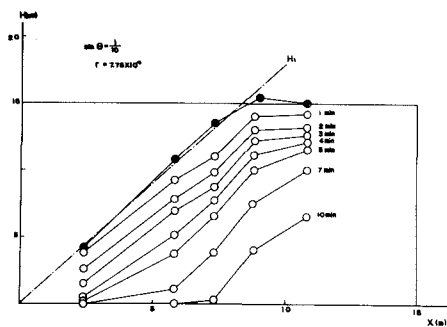


図-4

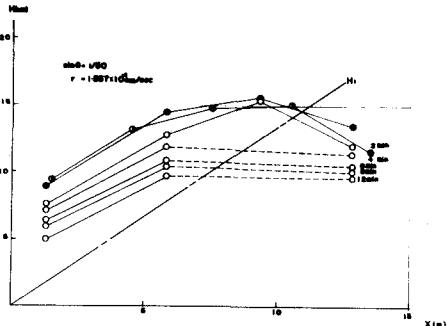


図-5