

浅川の河道を取り入れた流出モデルの検討

小松好人

1. はじめに

浅川ダムは論点再確認報告書を受けて阿部知事が建設続行の判断を下した。県議会の議員の流域面積が 68km² から 73km² へと増加したにもかかわらず、基本高水流量 450m³/s に変化がないのはおかしいと質問に対して、和田副知事は流出解析の結果 440.06m³/s が 444.18m³/s になったので、基本高水流量 450m³/s は変わらないと答弁した。

この答弁に疑問を感じて、情報公開により昭和 61 年 9 月のモデル洪水のピーク流量が 444.18m³/s を与えた流出解析の資料を入手し、その流出解析をトレースした。流出解析は河道を取り込まれた流出モデルを採用して実施されていて、論点再確認報告書での河道を取り込まれていない流出解析と異なるものであった。

何故流域面積を増加させた流出解析で河道を取り込んだのか、その理由を追及する必要もあるが、ここでは一先ず情報公開で得られた資料について、トレース計算した結果を報告する。

2. 河道を取り込んだ流出モデルについて

河道を取り込んだ流出モデル（以下河道モデル）を採用する意味は、河道の貯留効果と遅延効果を考慮することにある。

河道モデルの流出解析においては、この二つを分けて計算する必要がある。国土技術研究センターより配布されている流出解析シミュレータでも、この二つの計算方法を分離して実施することになっている。

河道の貯留効果を計算する式は、

$$S = KQ^P - TLQ$$

ここで、

S: 貯流量

Q: 流量

K: 定数

P: 定数

TL: 滞留時間

遅れ時間法で計算する式は、

$$ds/dt = Q_{in} - Q(t+TLZ)$$

ここで、

TLZ: 遅れ時間法における遅滞時間

3. 今回の河道モデルのトレース

この計算においては、K と P の表示がなく TL のみであることから、河道の貯留効果を考慮したものでなく、遅れ時間法で計算していると判断できる。

その前提で計算したところ、以下の結果を得た。

表 1 トレース計算結果

| No. | 洪水名 | ピーク流量 m ³ /s | | | | | |
|-----|-------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | ダム地点 | 稲田 | 駒沢前 | 田子前 | 長沼前 | 基準点 |
| 1 | S25.8 | 113.33 | 170.41 | 223.77 | 284.84 | 330.51 | 407.94 |
| 2 | S27.6 | 68.00 | 103.03 | 134.11 | 170.37 | 203.98 | 266.04 |
| 3 | S34.8 | 89.83 | 136.08 | 179.57 | 227.83 | 260.77 | 327.55 |
| 4 | S40.9 | 78.84 | 119.51 | 155.54 | 197.56 | 235.90 | 299.51 |
| 5 | S51.9 | 100.96 | 152.54 | 199.38 | 253.46 | 297.34 | 372.21 |
| 6 | S56.8 | 66.07 | 100.08 | 136.23 | 172.25 | 187.72 | 228.81 |
| 7 | S57.9 | 81.38 | 123.82 | 161.57 | 204.89 | 243.47 | 311.78 |
| 8 | S58.9 | 63.94 | 96.75 | 128.09 | 162.52 | 191.16 | 248.66 |
| 9 | S60.6 | 86.02 | 129.38 | 172.59 | 219.47 | 244.29 | 301.92 |
| 10 | S61.9 | 126.20 | 189.89 | 252.74 | 320.54 | 364.86 | 444.42 |

この結果のピーク流量は表 1-17 流出計算結果一覧表の長野県の計算したピーク流量と極めてよく一致している。

すなわち長野県の計算は河道の貯留効果を考慮せず、遅れ時間法で計算していることが明らかになった。

しかればその TL はどのように計算したかであるが、その計算式は流出解析シミュレータに内蔵されているものである。その計算式は「流出計算例題集 2 建設省水文研究会 全日本建設技術協会」93 頁に記載されていて、貯留効果を計算する経験式であるとされている。

表 1- 17 流出計算結果一覧表（貯留関数法）

| No | 洪水名 | ピーク流量 (m ³ /s) | | | | | |
|---------|----------|---------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | ダム地点 | 稲田地点 | 駒沢川合流地点 | 田子川合流地点 | 長沼川合流地点 | 治水基準点 |
| 1 | 昭和25年 8月 | 113 | 170 | 224 | 285 | 330 | 408 |
| 2 | 昭和27年 6月 | 68 | 103 | 134 | 170 | 204 | 266 |
| 3 | 昭和34年 8月 | 90 | 136 | 180 | 228 | 261 | 328 |
| 4 | 昭和40年 9月 | 79 | 120 | 156 | 198 | 236 | 300 |
| 5 | 昭和51年 9月 | 101 | 153 | 199 | 253 | 297 | 372 |
| 6 | 昭和56年 8月 | 66 | 100 | 136 | 172 | 188 | 228 |
| 7 | 昭和57年 9月 | 81 | 124 | 162 | 205 | 244 | 313 |
| 8 | 昭和58年 9月 | 64 | 97 | 128 | 163 | 191 | 249 |
| 9 | 昭和60年 6月 | 86 | 129 | 173 | 219 | 244 | 301 |
| 10 | 昭和61年 9月 | 127 | 190 | 252 | 321 | 365 | 444 |
| 貯留関数決定値 | | (130.00) | (200.00) | (260.00) | (330.00) | (370.00) | (450.00) |

4 . 適切な TL の選択

遅れ時間法の TL には河道の流下時間を計算する式を使うべきであることを、具体的に以下に論じる。

(1) 流出解析シミュレータ

$$TL = 7.36 \times 10^{-4} \times L \times I^{-(1/2)}$$

ここで、

TL: 流下時間 (hr)

L: 流路長 (km)

I: 流路勾配

(2) Kraven 式

$$TL = L/W$$

ここで TL: 遅滞時間 (h)

L: 主流路長 (km)

W: 洪水伝播速度 (km/hr)

i: 主流路の平均河床勾配

表 2

| | | | |
|---|----------|---------------|----------|
| i | 1/100 以下 | 1/100 ~ 1/200 | 1/200 以上 |
|---|----------|---------------|----------|

| | | | |
|----------|-------|-------|------|
| W(km/hr) | 12.60 | 10.80 | 7.56 |
|----------|-------|-------|------|

(3) Rziha 式

$$T = L/W$$

$$W = 20 \times (h/L)^{0.6}$$

ここで、

W: 洪水流出速度 (m/s)

h: 落差 (m)

L: 流路長 (m)

T: 洪水到達時間 (s)

(4) 土木研究所計算式

都市流域

$$T = 2.40 \times 10^{-4} \times (L/S^{(1/2)})^{0.7}$$

自然流域

$$T = 1.67 \times 10^{-3} \times (L/S^{(1/2)})^{0.7}$$

ここで、

T: 洪水到達時間 (h)

L: 流域最遠点から流量計試算地点までの流路長 (m)

S: 流域最遠点から流量計試算地点までの平均勾配

都市流域は河道の流下時間の計算に適している。一方自然流域の式はむしろ流域の流下時間の計算、すなわち洪水到達時間の計算に向いている。

上記の計算式はいずれも経験式である。

流下時間は次のようになる。

表 3 単位：時間

| 河道名称 | 河道延長(km) | 勾配(1/n) | 長野県 TL | シミュレータ TL | Kraven TL | Rziha TL | 土木研都市 TL | 土木研自然 TL |
|------|----------|---------|--------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| A | 1.8 | 9.0 | 0.004 | 0.0040 | 0.143 | 0.094 | 0.098 | 0.685 |
| B | 1.4 | 14.0 | 0.004 | 0.0039 | 0.111 | 0.095 | 0.097 | 0.672 |
| C | 2.5 | 8.3 | 0.005 | 0.0053 | 0.198 | 0.124 | 0.121 | 0.839 |
| D | 1.5 | 18.8 | 0.005 | 0.0048 | 0.119 | 0.121 | 0.112 | 0.781 |
| E | 0.7 | 10.0 | 0.002 | 0.0016 | 0.056 | 0.039 | 0.053 | 0.367 |
| F | 2.5 | 37.3 | 0.011 | 0.0112 | 0.198 | 0.303 | 0.203 | 1.414 |
| G | 3.8 | 80.9 | 0.025 | 0.0251 | 0.302 | 0.750 | 0.363 | 2.518 |
| H | 5.0 | 33.3 | 0.021 | 0.0212 | 0.397 | 0.569 | 0.318 | 2.213 |
| I | 1.8 | 360.0 | 0.025 | 0.0250 | 0.238 | 0.817 | 0.348 | 2.423 |
| J | 0.4 | 200.0 | 0.004 | 0.0042 | 0.053 | 0.134 | 0.102 | 0.707 |

| | | | | | | | | |
|---|-----|-------|------|--------|-------|-------|-------|-------|
| K | 1.8 | 900.0 | 0.04 | 0.0398 | 0.238 | 1.582 | 0.531 | 3.692 |
|---|-----|-------|------|--------|-------|-------|-------|-------|

これらの値を見ると、当然ながら長野県 TL とシミュレータ TL はよく一致しているが、Kraven TL と Rziha TL の挙動とは異なる。長野県 TL とシミュレータ TL は洪水到達時間、流下時間の計算目的には不適切でことが分かる。

表 3 より各河道の流下速度を計算すると次の通りになる。

表 4 単位：m/秒

| 河道名称 | 河道延長(km) | 勾配(1/n) | 長野県流下時間 | シミュレータ流下時間 | Kraven流下時間 | Rziha流下時間 | 土木研都市流域下時間 | 土木研自然流下時間 |
|------|----------|---------|---------|------------|------------|-----------|------------|-----------|
| A | 1.8 | 9.0 | 125 | 125 | 3.5 | 5.3 | 5.1 | 0.7 |
| B | 1.4 | 14.0 | 97 | 100 | 3.5 | 4.1 | 4.0 | 0.6 |
| C | 2.5 | 8.3 | 139 | 131 | 3.5 | 5.6 | 5.7 | 0.8 |
| D | 1.5 | 18.8 | 83 | 87 | 3.5 | 3.4 | 3.7 | 0.5 |
| E | 0.7 | 10.0 | 97 | 122 | 3.5 | 5.0 | 3.7 | 0.5 |
| F | 2.5 | 37.3 | 63 | 62 | 3.5 | 2.3 | 3.4 | 0.5 |
| G | 3.8 | 80.9 | 42 | 42 | 3.5 | 1.4 | 2.9 | 0.4 |
| H | 5.0 | 33.3 | 66 | 66 | 3.5 | 2.4 | 4.4 | 0.6 |
| I | 1.8 | 360.0 | 20 | 20 | 2.1 | 0.6 | 1.4 | 0.2 |
| J | 0.4 | 200.0 | 28 | 26 | 2.1 | 0.8 | 1.1 | 0.2 |
| K | 1.8 | 900.0 | 12 | 13 | 2.1 | 0.3 | 0.9 | 0.1 |

流下速度からも遅れ時間法で長野県の TL や流出解析シミュレータの TL を利用するのは不適切であることが明らかである。河道モデルで遅れ時間法を採用する際に、検討の対象になる計算式は、Kraven 式、Rziha 式、土木研都市流域計算式の三種に絞られる。

総合的に残るのは Kraven 式と Rziha 式にあるが、Kraven 式を採用するのが無難であると判断する。長野県も 9 河川の一つの角間川で遅れ時間法を採用して河道モデルの計算を実施しているが、TL は Kraven 式を採用している。

5 . 流出解析結果

具体的には流出解析シミュレータの計算で K と P に 0 を入力し、TLZ に上記 TL を入力する。

表 1 のトレース計算結果と比較するために Kraven 式、Rziha 式、土木研都市流域計算法によるピーク流量を記載する。

本表 5 Kraven 式 TL

| No. | 洪水名 | ピーク流量 m ³ /s | | | | |
|-----|-----|-------------------------|----|-----|-----|-----|
| | | ダム地点 | 稲田 | 駒沢前 | 田子前 | 長沼前 |
| | | | | | | |

| | | | | | | | |
|----|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | S25.8 | 107.25 | 154.51 | 193.59 | 251.82 | 268.41 | 342.61 |
| 2 | S27.6 | 67.11 | 101.73 | 131.26 | 166.47 | 199.91 | 261.96 |
| 3 | S34.8 | 81.87 | 116.49 | 142.83 | 187.42 | 182.34 | 249.11 |
| 4 | S40.9 | 76.84 | 113.46 | 143.12 | 184.29 | 212.02 | 275.63 |
| 5 | S51.9 | 96.21 | 140.13 | 175.83 | 227.70 | 241.32 | 316.16 |
| 6 | S56.8 | 58.48 | 81.80 | 101.32 | 133.93 | 142.75 | 194.20 |
| 7 | S57.9 | 77.77 | 114.36 | 143.31 | 185.01 | 221.06 | 292.15 |
| 8 | S58.9 | 62.53 | 93.58 | 119.24 | 152.57 | 182.62 | 242.92 |
| 9 | S60.6 | 76.83 | 107.15 | 131.17 | 173.80 | 172.64 | 223.49 |
| 10 | S61.9 | 117.10 | 166.22 | 207.50 | 271.04 | 256.66 | 336.23 |

本表 6 Rziha 式

| No. | 洪水名 | ピーク流量 m3/s | | | | | |
|-----|-------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | ダム地点 | 稲田 | 駒沢前 | 田子前 | 長沼前 | 基準点 |
| 1 | S25.8 | 107.85 | 151.11 | 181.28 | 223.96 | 252.53 | 298.21 |
| 2 | S27.6 | 67.24 | 101.74 | 130.25 | 165.52 | 189.09 | 229.58 |
| 3 | S34.8 | 82.54 | 112.18 | 115.18 | 155.50 | 154.70 | 186.63 |
| 4 | S40.9 | 77.09 | 112.22 | 137.56 | 171.26 | 194.96 | 233.38 |
| 5 | S51.9 | 96.67 | 137.43 | 155.21 | 206.07 | 211.29 | 257.95 |
| 6 | S56.8 | 59.08 | 77.65 | 95.11 | 118.04 | 137.20 | 186.36 |
| 7 | S57.9 | 78.12 | 112.31 | 144.61 | 182.76 | 201.68 | 243.17 |
| 8 | S58.9 | 62.64 | 93.21 | 119.17 | 150.31 | 178.44 | 234.10 |
| 9 | S60.6 | 77.59 | 102.24 | 119.91 | 146.86 | 164.52 | 208.63 |
| 10 | S61.9 | 117.96 | 161.11 | 171.14 | 229.42 | 230.20 | 267.19 |

本表 7 土木研都市流域計算法

| No. | 洪水名 | ピーク流量 m3/s | | | | | |
|-----|-------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | ダム地点 | 稲田 | 駒沢前 | 田子前 | 長沼前 | 基準点 |
| 1 | S25.8 | 108.07 | 155.21 | 191.18 | 250.01 | 267.37 | 341.57 |
| 2 | S27.6 | 67.27 | 101.77 | 131.29 | 166.48 | 193.89 | 255.94 |
| 3 | S34.8 | 82.85 | 117.14 | 139.52 | 184.88 | 173.52 | 217.98 |
| 4 | S40.9 | 77.16 | 113.84 | 142.24 | 183.59 | 206.47 | 269.22 |
| 5 | S51.9 | 96.85 | 140.66 | 173.92 | 222.26 | 230.48 | 288.87 |
| 6 | S56.8 | 59.37 | 82.25 | 97.93 | 131.26 | 139.82 | 187.47 |
| 7 | S57.9 | 78.25 | 114.75 | 143.84 | 183.79 | 213.15 | 284.23 |

| | | | | | | | |
|----|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 8 | S58.9 | 62.65 | 93.81 | 118.98 | 152.33 | 179.30 | 239.82 |
| 9 | S60.6 | 77.94 | 107.84 | 127.39 | 170.91 | 168.96 | 219.80 |
| 10 | S61.9 | 118.30 | 167.19 | 203.67 | 268.10 | 253.77 | 312.03 |

6 . 結論

長野 TL での計算結果は、情報公開で得られた資料からのピーク流量と極めてよく一致する。長野県の河道モデルでの流出解析は遅れ時間法で計算したことが明らかになった。

角間川での利用実績を考え、ピーク流量も遅れ時間法での計算で最大になることから安全度も考え、浅川の河道モデルの遅れ時間法での計算では、Kraven 式を採用するのが最善と思われる。

Kraven 式の TL を採用した場合のピーク流量の平均値は 273m³/s 程度になる。国交省 関東地方整備局が利根川の基本高水流量計算で総合確率法を採用し、ピーク流量群の平均値を基本高水流量に決定しその治水安全度を雨量確率と等しいとしたことを参考にすると、浅川の治水安全度 1/100 における基本高水流量は 273m³/s 程度であると言える。

「改訂新版 建設省河川砂防技術基準（案）同解説 調査編」に記載の確率年の計算式を適用すると、治水安全度 1/100 の基本高水流量は 273m³/s を 1.16 で割る（「改定 解説・河川管理施設等構造令」14 頁参照）ことで得られ 235m³/s 程度になる。しかも飽和雨量は 50mm で流出計算しているため、これらの数値は更に小さくなる可能性がある。

ピーク流量の最大値を採用しても昭和 25 年 8 月洪水モデルの 342.61m³/s であり、長野県が浅川の流出解析で河道モデルを導入したことで、治水安全度 1/100 における基本高水流量 450m³/s の与件は完全に否定された。

以上