Ⅱ-109　最近の管網計算諸法の比較

── および1次化連立式による新計算法の提案 ──

京都大学工学部　正会員　工博　合田　健
〃　〃　○雄倉幸昭

1. まえがき

管網計算法については、歴史的な Hardy―Cross 法以来、画期的な改良はなされていないにしても、多くの研究者がたずさわり、種々の改良法が考案されているが、現状ではいずれも、流出入条件および管路を固定した特殊の場合しか解けない。　そのうえ、現在の諸改良法も互いに混然とし、十分にその長所が活用されていない感がある。　ここでは、それら各諸法の相互の位置づけを明確にし、その長所を活かすとともに、流出入量あるいは管路係数を一部変数とした場合の一般解法を求めてみた。

2. 諸解法の比較検討

ⓐ. Hardy―Cross 法（Doland 法，Fair 法，Howland & Fair 法を含む）

ⓑ. 絹川改良法（水協誌　第218号）

ⓒ. 連立1次方程式による解法（水協誌　第295号）

青木氏の発表によるもので絹川改良法と同様の考え方を連立1次方程式で解くもので、したがって2項定理展開の2次項以下の省略のみによる反復計算を行なうので収れんは早いが多管網の計算では Hardy－Cross 法と同様、h，Σh，h/Q および $\Sigma h/Q$ の計算表が必要となってくる。

項目 ＼ 解法	仮定流量の有無	隣接管網からの影響	収れん	経験の介入	最適解※	2流入点間落差 Yi：未知	Qi：未知	デジタル計算機への適合性
Hardy-Cross法	有	×	×	×	×	○	×	
絹川改良法	有	○	○	×	×	○	×	
連立1次方程式法	有	○	○	×	×	○	×	
松田氏の方法	無			○	○			
Tongの方法	有	×	×	×	○	○	×	
著者の提案法（1次化連立式法）	無	○	○	○	×	○	○	

（※いわゆる最適に近い解のこと）

ⓓ. 松田氏の方法（水協誌　第329号）

一般に管網計算に用いる式は $f(h, Q, D, C, l)=0$ であるが、C および l については基準の D に対するそれぞれの D の比として等値することができるので、$f(h, Q, D)=0$ の連立方程式を解くことになる。　この解は h, Q, D のうちいずれか2つに関する条件があってはじめて得られるが、従来法は h に関する条件（$\Sigma h=0$）のみで、D を経験あるいは勘により固定して解くものである。　ここにその解が最適解でない理由がある。　そこで Q を合理的に固定し、h に関する条件 $\Sigma E \longrightarrow min$ を導入して解くのがこの方法であるから、$\Sigma h=0$ は満足しておらず、D が算出された後、従来の管網計算を行なう必要がある。　この方法により、はじめて、管網建設費の面のみについてではあるが、いわゆる最適に近い解がえられる。

ⓔ. Tong の方法（JAWWA. Feb. 1961）

Annabel L. Tong ほかの1961年に発表したもので、これも最適に近い解をえる方法であるが、その根拠は松田氏の方法と異なる。　すなわち、D、C、および L を基準管に対する等値管長 Le に

置換し、$f(h, Q, Le)=0$ を、あらかじめ等動水圧線で定めた h および $\Sigma Le=0$ の条件で解くのであるが、この等動水圧線の定め方に、まだ技術的経験あるいは勘の介入する余地がある。$\Sigma Le=0$ ということは、1閉管路について、時計廻りとその反対廻りとの管路抵抗が互いに等しい、したがって途中に流出入量がない場合は、流入点における流入は両径路に等分されて流れ、配水の均等化がはかられるが、経済的には最も不利な管網を組織することになる。　その計算順序は、まず流入点から最遠端までの直線にほぼ直角に等間隔に等動水圧線を引いて各節点の動水圧を固定する。($\Sigma h=0$ が当初から満足)。こうして決められた h および仮定流量Qから　$H=LeQ^{1.85}$ を用いて $\Sigma Le=0$ を満足するように、Qを補正する。

補正量 ΔQ は　　$Le=HQ^{-1.85}$

$$Le+\Delta Le = H(Q+\Delta Q)^{-1.85} \fallingdotseq Le-1.85\frac{Le}{Q}\Delta Q$$

ここで補正された後は

$$\Sigma(Le+\Delta Le)=0 \qquad \therefore \ \Delta Q = \frac{\Sigma Le}{1.85\,\Sigma\frac{Le}{Q}}$$

となり *Hardy—Cross* 法と同様の計算を行なうが、その求めるところは、*Hardy—Cross* 法そのほかで求めるものは、すでに h を固定する段階でおわり、いわゆる最適解における口径Dを求めているのである。　この方法を用いれば、すでに施設された管網の改良部分を見出すことも容易である。

3.　1次化連立式による新解法

実際の配水管網では、たとえば配水池が2池以上あって、流入点が2個所以上あり、しかもそれらの水位が最初から決められている場合が多い。　このような場合の計算は、従来法では解けず今までは技術的勘により流入点間に仮想境界線を引き、流入点1個所の管網に分けて解いていたが、理論的根拠はなく、何らかの新解法が考案されなければならない。　多元2次方程式の解法には、ニュートン法、あるいは内挿法などがあるが、いずれも仮定流量を必要とするので、ここでは、*Crout* 法と、*Iteration* 法を組み合した解法を考えてみた。

ⓐ　2流入点の流入量が既知で、管路係数が未知の場合。

ⓑ　2流入点の流入量が未知で、管路係数が既知の場合。

この方法の長所、短所は次のようである。

長所　①. 仮定流量を用いないので、技術者の経験および勘が介入しない。　ただし落差条件式の乗積 q_i^2 の1項のみについては仮定するが、その場合にも、流量に関する節点での連続条件式を満足する必要はなく、非常にラフなものでよい。

②. h, h/Q, Σh, および $\Sigma h/Q$ の計算が不要である。

③. ほとんどの係数は1または −1 となり計算が楽である。

④. $q_i^{0.85}$ の *nomograph* をつくっておけば $n=1.85$ の計算も可能である。

⑤. 収れんが比較的はやい。　⑥. 流入点が1個所の管網にも同様に利用できる。

⑦. 任意節点間の損失水頭を与えて解くことも可能である。

短所　①. 未知数が多い。　②. いわゆる最適解ではない。

③. 2流入点間の1管路係数のみ変数として解くことに、まだ不合理さがある。