

Ⅱ-80 空気槽をもつポンプ系水路の起動時の水理現象について

東北電力株式会社新潟火力建設所 正員 鳥居良明

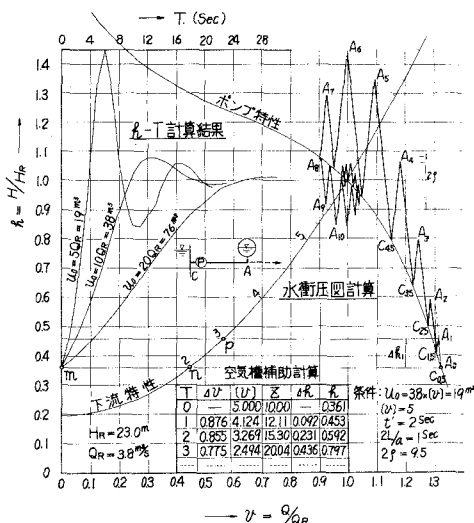
正員 ○北松治男

要旨 長大ポンプ揚水路に緩衝装置として空気槽を取付けた場合の水衝撃解析を紹介し、新潟火力発電所の冷却水路の実施例における定性的所見を述べる。

水衝撃の計算 空気槽は緩衝装置としての性格上、管路の中央よりかなりポンプ寄りに配置することとならうから、その下流側水路を水衝撃に無関係と考え、ポンプ空気槽間の単一水路として近似的に解析できる場合が多い。そこで、一端Cにポンプがあり、他端Aに空気槽がある管路の水衝撃を計算することとする。さて、ここで、図計算の常道に従い、圧力と流量を定格値を基準として無次元表示した $h-v$ 面上にすべての現象を表現する。ポンプの運転特性と下流流量は、右図の2曲線としよう。このとき、初期条件は、当初のポンプ水頭に応じて A_0 点とする。この後生じる水衝撃は、①通常の水衝撃基本方程式 $\frac{dh}{dt} = -2f \frac{dv}{dt}$ のほか、②空気槽の容量 u と圧力 $z = H + 10m$ の間に、 $u \propto z$ の関係が全時に成立しなければならない。また、③ポンプ流入量 Q 、下流流出量 Q' 、空気槽圧縮量を Δu とすると、 $\Delta u = (Q - Q') \Delta t$ となる。④ポンプ端と下流の条件は、ポンプと下流水路の特性曲線によつて示される。これらの諸条件を満足する図解法は、次のようになる。

第1相の水衝撃は、 A_0 より $-2f$ なる直線上にある。一方、 A_0 における下流流量は $m\bar{n}$ で、空気容量の変化量 Δu は、 $\frac{\Delta u}{u} = \frac{\Delta v}{v} = \frac{\bar{n} \Delta A_0}{v}$ で示されるから、始めの空気量 u_0 を与えて、テイメンションを考えて算術すれば、 $t_1 = \frac{2L}{a}$ 時刻の空気量がきまり、更に②を用いて、圧力上昇 Δh が求まるから、作図により A_1 を決定できる。次相に対しては、 A_1 より $+2f$ 勾配線上に C_1 があるし、ポンプ端は特性曲線上の $h-v$ 関係をもつから、両者の交差が求むる C_1 点である。下流水路が長いから、 A 点圧力と下流流量の間に時差 $\bar{v}$ を考えると、 P 点の時刻は $t_1 + \bar{v}$ となる。このようにして、順次簡単な空気槽条件の補助計算を行いつつ水衝撃を追跡できる。上図は、新潟火力の冷却水路における計算例である。

新潟火力の冷却水路 は、途中、橋梁添架部と復水器の2箇所の高さが高い、巨長2.2kmの管水路である。この水路は、復水器弁をしめて起動し、徐々に橋上の空気を追出し、メ切運転となつた後、復水器弁を開き運転に入るものとして設計したが、操作をもつと簡易に行えれば更によろしい。そこでポンプ弁を開放するだけで起動して、安全か否かを検



討した。第1の問題は水衝圧である。ポンプ弁開放後、空気弁より排気されている流量が、空気弁閉塞時に急速断される。計算によると、抜け切れないで橋上に残る空気だけでも、水衝圧を抑えるに充分であると判断されたので、空気槽を設けないこととした。

第2の問題は、構造的に橋上の空気が下流へ連行される可能性がよく、空気混合流となつて予測し得ざる事態が起きないかどうかという心配があつた。これについては、空気の供給量に限度があるので、おのずから過渡現象に制約をうけ、また、空気弁容量は起動時の流量バランスをとつてきめたのだから、連行を少量に抑えうると考えていた。万一連行空気による圧力の増大変動が烈しい場合は、復水器附属の空気抽出器を効かせて容易に排気できるよう、管路を上り勾配としてある。

水路完成後、安全簡易な運転操作限界を求めて、慎重に段階を追つて試運転を行ったがその結果、ポンプ弁を電動開放しても支障ないことが分つた。現在に至る運転上の所見は次のとおりである。

φ150mm水道用空気弁は、負圧に対する作動は良好であるが、内気圧が上ると、排気流によつて閉塞球が浮力を受けてしまる結果、予期以上の空気を封じ込む。運転を安定させるためにこの空気を排出する必要がある。このため、3個の空気弁中1個の立上り面積をオリフィスで絞つて風量を制限し、定格水圧がかかっても排気できるように改造した。この措置により、一旦封入される空気量は更に増し、水衝圧的には甚だ有利となり、殆んど感知しうる水衝圧を生じないで、しかもオリフィス付空気弁が十数分間作動しつづけて空気全量を排出するという理想的なものとなつた。反面、空気の下流連行量は相当大量となり、運転開始後数分間復水器圧力がサージングしているほか、連絡水槽に間歇的に空気が吹出したが、それほど衝撃のつよいものではなかつた。従つて、空気混入は幸い運転障害とはならないと判断された。かくの如く、跨線橋こそ問題を複雑化した素因と考えられたにも拘はらず、ここの空気を活用し、過渡期間における空気と水の混合流を許すことによつて、何等設備をつけ加える必要もなく、簡易迅速な操作法を採用できた次第である。

後記 たまたま空気槽をもつた管路の水衝圧を計算し、試運転と対比する機会に恵まれ弾性に富む空気が水衝圧を吸収する良材であるとの傍証を得たので、その概況を紹介し、類似の計画の御参考に供する。尚、本例のごとく空気連行が避けられない設計においては連行空気による圧力障害(変動)と流水阻害(損失増)について慎重な配慮が必要である。

水路縦断略図

