

東北学院大学工学部 渡部 正巳
河野幸夫

本研究は、1984年12月、アメリカ アイダホ州 オネイダ水力発電所で起きた 水撃圧によるpensstock破壊事故と特性曲線法、有限要素法のプログラムを用いて、理論解析を行おうとしたものである。

pensstock破壊事故当時、発電所はメンテナンス期間中であり、当日もバルブを開鎖し復旧、タービンなどのメンテナンス作業を行っていた。早朝、メンテナンス作業終了後、バルブを開いたところ、バルブが急閉鎖し水撃波が発生し、12ft管が破裂し、噴き出した水により建物の壁が損傷し、また4名もの発電所作業員が死亡した。という事故であります。バルブが急閉鎖しなければ今回のような事故は起こらなかつたわけですが、このバルブが急閉鎖した原因として現地の新聞報道によりますと、メンテナンス作業のため閉鎖していたバルブ中に空気がたまっており、作業終了後、バルブを開いたこと、このバルブ中の空気が圧縮され、その反動によりバルブの急閉鎖が起きたと述べています。

今回、行った解析は、発電所の本来の形での解析を行うための予備実験であるため、実際の形とは異なり、管の摩擦、曲り、サージタンクなどすべて無視し、非常にシンプルな形にモデル化して解析を行いました。サイズは、ダムの高さ45m、導水管の長さ800m、鋼管の外径3.6m、鋼管の厚さ8mm、盛土が3mです。

まずは鋼管内を伝搬する波の伝搬速度を下の式で計算する。

$$a = \sqrt{\frac{K/\rho}{1 + 2 \cdot (K/E) \cdot (1 + \mu)}} = 1271.17 \text{ m/s}$$

ここで D:トンネルの直径 3.6m

K:水の弾性係数 $207 \times 10^8 \text{ kgf/cm}^2$

ρ :水の密度 $101.97 \text{ kgf-s}^2/\text{m}^4$

E:鋼管の弾性係数 $2.1 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$

μ :ポアソン比

よって鋼管内の伝搬速度は1271m/sであることがわかった。

次にこの伝搬速度 a を利用して、特性曲線法による水撃解析をコンピュータ、プログラムにより行いました。この結果によると、バルブ開鎖後0.126(秒)後には、バルブ付近の管内では、174.3 kgf/cm^2 の水撃圧が発生していることがわかりました。次に有限要素法を用いて弾塑性解析を行います。管断面は左図のようにして行いました。本来は点線断面ですが、今回は円形断面とし、地表面下については拘束条件を加えて実際の代用としました。又、断面は対象形なので右側半分についての解析としました。

弾塑性解析の結果、最初に管上部の部分に塑性化がはじまり、破壊してしまいました。実際の事故現場でも管上部が破壊している点と解析結果と一致します。

主観分については、土が塑性化する前に引張破壊を受けたが、もしくは、破壊した管から噴出した水により噴き飛ばされたのではないかと思われます。

