

川崎重工業 正員。小松貞雄
同 正員 坂井藤一

はじめに、

貯水池内に設けられている選取取水ゲートの耐震設計においては、現在地震時外力を簡便な式で推定する方法が採られているが、その妥当性についての検討は十分なされていないのが現状である。本研究は最近の耐震問題の重要性に鑑み、水中模型実験と数値解析の結果から、こうした状況下にある取水ゲートの地震荷重について考察を行ったもので、本研究では、周辺フレームに支持されている鉄塔支持方式の円筒形多段式取水ゲートとダム堤体に支持される堤体支持方式の多段式取水ゲートの2種類を対象としている。

1) 円筒形多段式ゲート

(1) ゲートの特徴と振動性状；円筒形多段式取水ゲートは、鉄塔と取水管から成る複合構造物であり、その振動性状を考える上で最も問題になるのは取水管の振動挙動である。この振動挙動には、トラスと取水管を結びつける中間ガイドの有無や、取水管内水と取水管外水の自由水面高による振動時の内外水の通水効果が大きく影響し、こうした点が円筒形多段式ゲートの特徴である。

(2) 既往研究と解析法；取水管は水中の円筒状構造物であり、その振動性状の解明には取水管に作用する動水圧分布もしくは附加質量分布の解明が不可欠であるが、この点に関して水中の円柱状構造物を対象とした研究が多くなされている。この中、厳密な解析法としてはたけむり変形を考慮した流力弾性理論にもとづいた橋本²⁾、小平²⁾、Lien³⁾の研究があるが、この流力弾性理論による解析は複雑で不経済なものとなることが多く、本問題のような鉄塔フレームのついた円柱には、さらに適用は困難である。一方、構造物が剛な場合の附加質量分布を算定し、これを構造物に附加したモデルにより通常の振動解析を行う方法がC.Y. Lien³⁾や液体タンクにおけるKobayashi⁴⁾や坂井らの研究によって提案されており、この方法は取水ゲートに従来使用されている設計法の考え方に近い簡略法である。本研究では、取水ゲートと類似した数種類のモデルについて実験と解析を行い、両者の比較を行なっている。その結果として、従来の取水ゲート耐震設計の考え方、特に、附加質量に関する考え方について検討を加え、円筒形多段式ゲートの地震荷重について考察した。

(3) 実験および解析との比較；実験は表-1に示すように4ケース実施した。これらの4ケースの中でA-1は、単一円柱の実験であるが基本的調査という意味で行っている。実験は、定常加振入力で、加速度、圧力、ひずみの3測定を行っている。

実験と解析の比較は、共振周波数、加速度、動水圧および応力の対比の4項について調査した。図-1～図-3および表-2、表-3は、A-2のモデルの1次元モードの結果の比較と代表例としてあげたものである。これらの図表から実験値と解析値の対応が良好であることがわかる。このことは、他のA-3、

表-1 円筒形多段式ゲートの実験

実験 ケース	モデルと材質			調 査 事 項
	円柱	トラス	中間ガイド	
A-1	○ (塩ビ製)	×	×	単一円柱の振動性状
A-2	○ (塩ビ製)	○ (塩ビ製)	○ (塩ビ製)	トラス付の円柱の振動性状(中間ガイド有)
A-3	○ (塩ビ製)	○ (塩ビ製)	×	トラス付の円柱の振動性状(中間ガイド無)
B	○ (ゴム)	○ (スチール製)	×	剛なトラスのついたフレキシブルな円柱の振動性状

Bのモデルに関しても同じ結果を得ている。

(4) まとめ：以上の結果から、次のことが得られた。

- ① 単一円柱を対象とした検討から、1次モードに関する簡略解析の有効性が得られた。2次モードに関しては、1次モードに比較して、さほどの有効性が得られていない。
- ② トラスのつないだ円柱に対しては、数種にわたるモデルによる検討から、1次モードに関する簡略解析の有効性を得た。

以上述べた結論は、Liewらが単一円柱について数値解析によって得たものと類似であり、それが取水ゲートのような鉄塔と同様よりなる複合構造物にも成立つことと今回立証したことになる。1次モードは良く知られているように、振動挙動を支配するモードであり、本研究は、水中構造物の振動性状の解明にあたって、複雑で不経済な裁切弾性理論に依らない平易な方法の有効性を検討したものである。

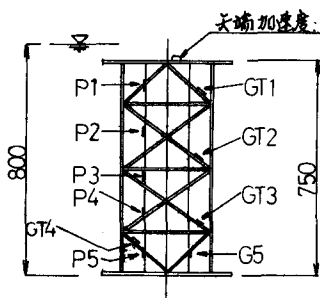
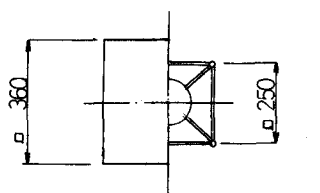


図-1 A-2のモデル

表-2 共振周波数の比較 100gal

実験および解析の種類	Hz
自由振動実験	22.7
定常加振実験(1次)	22.9
FEM自由振動解析(1次)	21.8

表-3 応力の比較 100gal 23 Hz

	$\sigma_{ex} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$	$\sigma_{cal} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$	$\frac{\sigma_{ex}}{\sigma_{cal}}$
GT1	8.52	4.82	1.77
GT2	8.19	7.77	1.05
GT3	9.21	9.05	1.02
GT4	5.37	5.00	1.07
G5	17.01	19.13	0.89

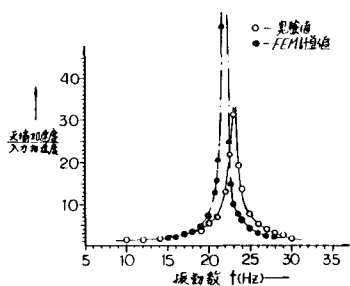


図-2 加速度応答曲線の比較 100Gal, 23Hz

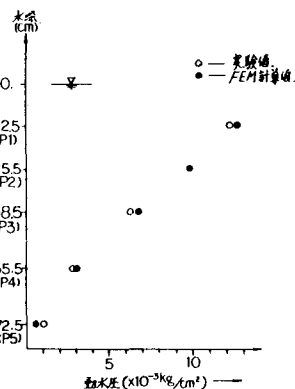


図-3 動水圧の比較 100Gal, 23Hz

2) 堤体方式の多段式取水ゲート(半円形)

堤体支持方式の半円形多段式取水ゲートの外面動水圧の水平分布は図-4に示したように従来の設計動水圧分布とは異った形状と成ることが、実験と解析結果から得られた。この分布形状は、堤体が傾斜している場合にも変化が見られず同様である。

したがって、この取水ゲートの地震荷重について見直しが行われる必要があるように思われる。

なら、参考文献は幾面の関係で割愛する。

— 研究による動水圧分布

--- 設計動水圧分布

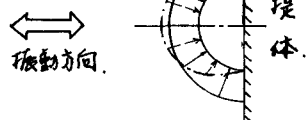


図-4 動水圧分布の比較