

FRPM 管の岩盤埋設 水圧管路への適用検討

FRP 管の座屈解析

Application of FRPM Pipes to Pressurized Pipes in Solid Rock

Analysis of FRP(M) Pipe Buckling

1 適用検討の必要性

FRP 管(Fiberglass Reinforced Plastic Pipes)はガラス繊維強化プラスチック管であり、FRPM 管(Fiberglass Reinforced Plastic Mortar Pipes)は剛性を増すため FRP に樹脂モルタルをサンドイッチしたものである。

この FRP 管、FRPM 管は

- ①強度が高く金属材料 SS41 に匹敵する。
 - ②軽量で取扱いが容易である
 - ③錆ないので塗装が不要である
 - ④継手は差込み式で溶接が不要であるので掘削断面が小さくなり、また、据付が容易である
- 等の特徴もっている。

このため、わが国では1983年から中小水力発電所の水圧管路用の新材料として新エネルギー財団によって検討が始めら

れた。現在では FRP 管、FRPM 管の適用例は十数例あり、当社においても落合水力発電所の余水管に採用されている。

しかし、これらは露出管または地山被りの少ない土中埋設管への採用であって高い浸透水外圧を受ける岩盤埋設管(第1図)ではない。このため、岩盤埋設管への適用に当たって浸透水外圧を想定した座屈検討を行う必要がある。

Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) pipes and Fiberglass Reinforced Plastic Mortar (FRPM) pipes are excellent structural materials of high strength, light weight, and high corrosion resistance. Considering applications where FRP(M) pipes are embedded in solid rock under high osmotic pressure, we conducted model experiments using FRP pipes with an internal diameter of 500mm to study their buckling behaviour. We examined the results by comparing them with theoretical values. This research will be of help in the use of FRP(M) pipes as pressurized pipes embedded in solid rock, in hydroelectric power stations, and in future pumped seawater storage power stations.

れた。現在では FRP 管、FRPM 管の適用例は十数例あり、当社においても落合水力発電所の余水管に採用されている。

しかし、これらは露出管または地山被りの少ない土中埋設管への採用であって高い浸透水外圧を受ける岩盤埋設管(第1図)ではない。このため、岩盤埋設管への適用に当たって浸透水外圧を想定した座屈検討を行う必要がある。

2 FRP 管の座屈検討

構造的にシンプルである FRP 管について座屈検討を行った。岩盤に埋設された FRP 管において想定される座屈様式は自由座屈および拘束座屈である。自由座屈は建設時の硬化前充填コンクリート圧による円管の座屈であり、拘束座屈は点検抜水時における浸透水による周辺岩

盤で拘束されている円管の座屈である。

これらの座屈について理論式とモデル実験により検討を行った。

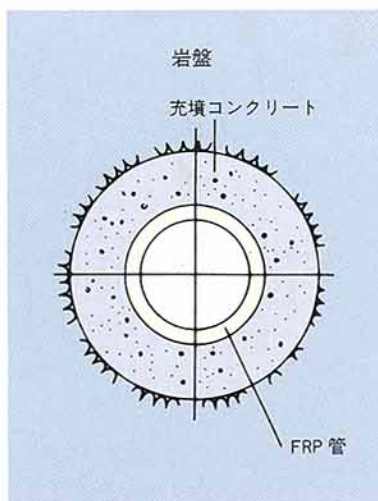
(1) 理論式

自由座屈は弾性座屈式、拘束座屈は水圧管と充填コンクリートとのすき間を考慮した Amstutz の式を用いた。

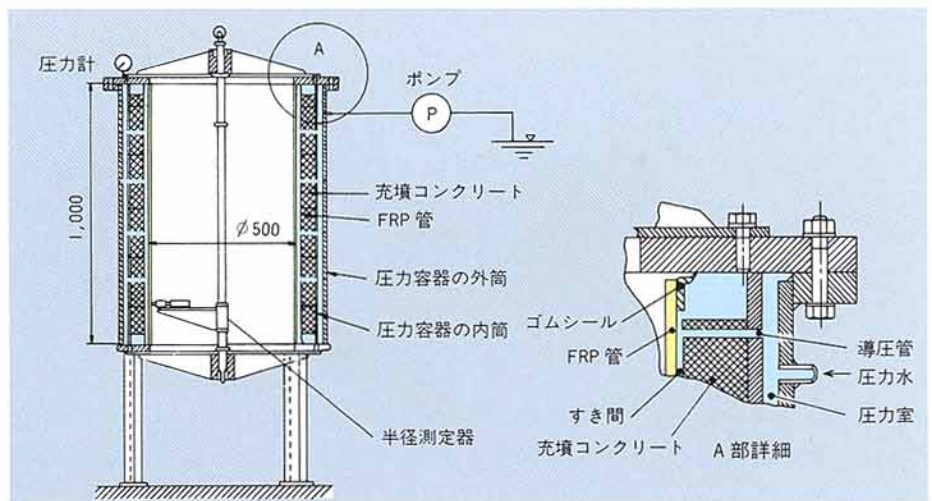
(2) モデル実験

実験装置は第2図に示すように FRP 管の外面に水圧を作用させるとともに圧力容器と管の間に充填されたコンクリートによって管の変形が拘束される構造となっている。座屈圧力に影響を与える管とコンクリートのすき間は両者の間に所定厚さのシートを挟込んでコンクリート硬化後除去する方法で行った。

モデル実験は内径500mmのFRP管について行った。その座屈実験の内容は第1表に示すとおりである。



第1図 岩盤埋設管



第2図 座屈実験装置

(3) 実験結果と考察

○座屈次数

管厚 6 mm についての座屈直前圧力時の座屈波形を第 2 表に示す。

自由座屈の管の座屈次数は $n = 3$ であり、計算値の $n = 2$ と異っている。

拘束座屈の管の座屈次数を見ると $k_0 = 0, 2\text{mm}$ のとき $n = 1$ で理論式の仮定に合致している。一方、すき間 4mm のとき $n = 2$ で理論式の仮定 $n = 1$ と異っている。

○座屈圧力

自由座屈の座屈圧力と R/t (R : 管半径、 t : 管厚) の関係を第 3 図に示す。座屈荷重の実験値は理論式による計算値

よりかなり大きい。これは、座屈次数が計算値では $n = 2$ に対し、実験値では第 2 表に示すように $n = 3$ となったためである。

拘束座屈の座屈圧力と R/t の関係を第 4 図に示すが、すき間 $k_0 = 0, 2\text{mm}$ の場合、理論式による計算値は実験値と大むねよく合致している。 $k_0 = 4\text{mm}$ の場合、実験値の方が高くなっている。これは、座屈次数が計算値では $n = 1$ に対し実験値では第 2 表に示すように $n = 2$ となったためである。

以上の結果から座屈圧力について実験値は理論式から求められた計算値を上回っており、FRP 管を岩盤埋設管として設

計する場合、従来の水圧鉄管と同様の設計法で検討してよいと考えられる。

3 水圧管としての将来

FRP 管は今回の座屈検証により岩盤拘束を考慮した設計が可能となった。また円管の座屈荷重が座屈破壊時の曲げ応力により決まることから FRPM 管への適用もできるものと考えられる。

今後 FRP (M) 管は岩盤埋設管として水力発電所のみならず、海水揚水発電所水圧管への採用が期待される。

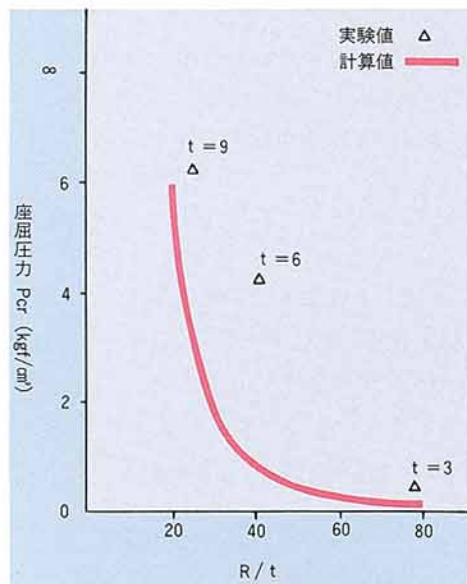
(電力技術研究所 土木研究室)

第 1 表 座屈実験の内容

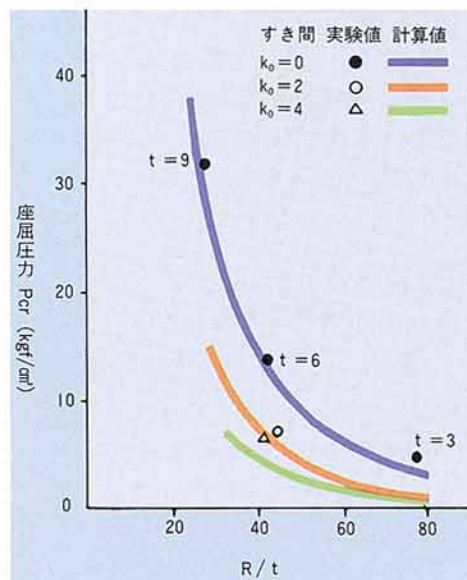
管径 R (mm)	管厚 t (mm)	FRP 管と充填コンクリートのすき間 k_0 (mm)			
		0	2	4	∞
500	3	●	—	—	●
	6	●	●	●	●
	9	●	—	—	●
座屈様式		拘束座屈			自由座屈

第 2 表 座屈次数および波形 (管厚 6 mm の場合)

すき間 k_0 (mm)	理論座屈次数	実験結果	
		座屈次数	波形
0	1	1	
2	1	1	
4	1	2	
∞	2	3	



第 3 図 FRP 管の自由座屈圧力



第 4 図 FRP 管の拘束座屈圧力