

既設水圧鉄管の二重管構造による補強工法

日本軽金属(株) 正員 内藤幸雄
三菱重工業(株) 神戸造船所 正員 〇矢野 謙

水力発電所の水車に導水する水圧鉄管が、腐食または利用水頭の増加により管厚に不足をきたし、補強工作を必要とする場合がある。しかし今までは、適当な工法が無く実施され例がない。このたび、わが國の内外に始めての補強工法として、既設鉄管の外側に新管を巻き、この内外筒の隙間にファイラー材を填充して、内筒と外筒と同時に働かせよ(ファイラー材は強度の負担を無視する)二重鋼管式の新工法を採用した。

二重鋼管式工法の問題点

1. ファイラー材として必要な性質は次のとおりである。-----
(イ)流動性がよく、鉄管間隙に完全に注入できること。
(ロ)注入後速に硬化し、所定の強度および弾性係数をあらわすこと。
(ハ)収縮ならびに塑性変形が少ないこと。
(ニ)硬化にあたり発熱が少ないこと。
(ホ)鉄管との付着性を有すること。
(ヘ)材料の分離、沈澱などが少なく、均一な性質を有すること。
(ト)物理的、化学的に安定であること。
(チ)施工が容易なること。

ファイラー材として、各種の樹脂、アスファルト系乳剤、セメントモルタルなど種々の物質があげられるが、上記諸条件をほぼ満足するものはセメントモルタルである。セメントモルタルについても配合ならびに添加物の種類によつて、その性質を異にするので、従来の研究成果も参考とし、諸試験の結果、本工事の目的に適合する配合を設定した。

表-1 砂の粒度

ふるいの呼び寸法	ふるいを通すもの重量百分率
2.5 mm	100 %
1.2	90 ~ 100
0.6	60 ~ 85
0.3	20 ~ 50
0.15	10 ~ 30
0.075	0 ~ 10
粗粒率	1.30 ~ 2.00

表-2 配合表 (重量比)

セメント	フライッシュ	砂	水 $\frac{W}{C+F}$	ポツリス $\frac{P}{C+F}$	アルミ粉 $\frac{A}{C+F}$	フロー値 (秒)
C	F	S				
0.8	0.2	1.0	42~48%	0.5 %	0.011 % ~0.015 %	22~25
アサヒ早 強セメント	東電フラ イッシュ	川 砂	清浄水	ポツリス No.5	アルミ粉 P-250	

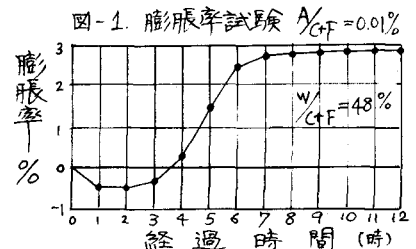
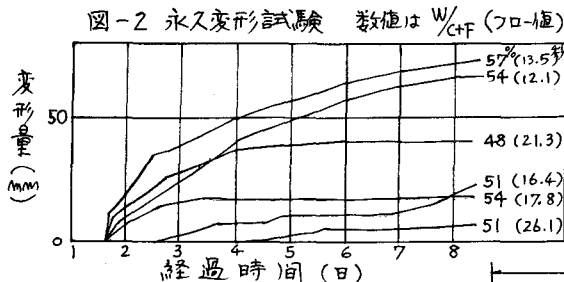
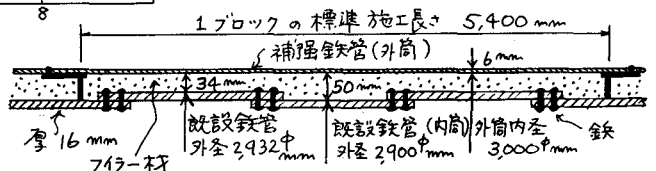


図-3 二重鋼鉄管の管軸方向の断面図



2. 内外筒鉄管の温度差による補強効果

夏季、太陽のふく射熱を受けた場合、ファイラ材が断熱材として働くので内外鉄管に温度差が生じ、補強効果の低下が考えられる。図-4の符号により

$$\text{熱吸収率 } \eta = \frac{1}{\delta_r \delta_o \delta_t} [\theta_o (\delta_o + \delta_t) - \theta_a \delta_t - \theta_w \delta_o]$$

$$\text{ただし } \delta_o = \frac{1}{\alpha_a}, \delta_t = \frac{1}{\alpha_w} + \sum_{i=1}^n \delta_i, \delta_i = \frac{t_i}{\lambda_i}$$

各部の温度は $\theta_5 = ((\theta_a + \eta \delta_r \delta_o - \theta_w) \delta_o / \sum_{i=0}^5 \delta_i + \theta_w)$ 及び $\delta_6 = \frac{1}{\alpha_w}$

$$\theta_4 = ((\theta_a + \eta \delta_r \delta_o - \theta_5) \delta_o / \sum_{i=0}^5 \delta_i) + \theta_5, \dots, \theta_0 = ((\theta_a + \eta \delta_r \delta_o - \theta_1) \delta_o / \sum_{i=0}^5 \delta_i) + \theta_1,$$

いま熱吸収率 η として安全側を考慮して頂部で80% (模型の計測からは約50%)、底部で0%、気温35°C、水温20°C、鉄管

の線膨脹係数 $12 \times 10^{-6} \text{ cm/cm}^\circ\text{C}$ 、ファイラ材のそれは $14 \times 10^{-6} \text{ cm/cm}^\circ\text{C}$ 、内外筒鉄管の半径をそれぞれ1,466mm, 1,516mmとすると、内筒とファイラ間に0.215mm、ファイラと外筒間に0.056mmの隙間が発生することになる。したがってファイラが張力と分担しないと考えると、内筒鉄管の応力増加分は30%程度である。

3. 三重内管としての応力計算……ファイラ材を厚肉内筒と薄肉内筒の場合について比較計算した結果、薄肉として取扱っても差支えない。ファイラの厚さ5cm, ファイラの内外半径146.6, 151.6cm, 内筒厚さ1.6cm, 外筒厚さ0.6cmとして表-4の値となる。

表-4. 厚肉と薄肉の応力比較 (内圧=10.15 kg/cm^2)

	内筒鉄管	ファイラ材	外筒鉄管
厚肉内筒の場合	581.8	(内側)45.6 (外側)44.0	557.1
薄肉内筒の場合*	584.6	46.0	565.3

* ファイラ材の厚さ方向の変位を考慮する。 (kg/cm^2)

表-5. 外筒応力実測値 (内圧=10.5 kg/cm^2)

	NO. 1	NO. 2	NO. 3
内筒の管径×厚	2900×16	2900×16	3050×14
計算値 kg/cm^2	546	546	625
実測値 kg/cm^2	昭40.3月 気温11°C 水温11°C	530	610
	昭40.7月 気温26°C 水温20°C	524	673

実施報告

実施場所 日本軽金属(株)富士川第二発電所 (静岡県庵原郡蒲原町) 昭39.12月～昭40.3月施工。

この水圧鉄管は昭16建造の全鉄接管であり、使用鋼材はSS41ワス。管径3,200～3,050～2,900～2,300mm 管厚9, 10, 12, 14, 16mm, 延長354m。補強工事を施工したのは4条のうち4号鉄管の約半分、すなわち下流側露出部鉄管の約176m分で、管厚の不足を補うものである。コンクリートアンカーブロッツに埋設されている曲管部は外面の腐食が無く、建造時すでに3mm厚く製作されていたので補強の必要無く、直管と漸縮管からなる露出部に施工した。外筒鉄管は所要厚が4.5mmであるが、管相互の接合部が片側溶接となり接合効率の不足を補う意味で6mmとした。内外筒の隙間は狭いほど応力の伝達が確実となるが、鉄接合部は継目板により極度に狭くなるので、ファイラの填充を考慮して平均30mmとした。

特色 この工法は既設鉄管の耐久性、寿命のある場合に採用できる。新管取替工事費の約3割減の工費で施工できる。とくに、ファイラ填充時間を1時間以内に限定するので、1ブロッツの施工単位も区分する結果、仕置の箇所から同時に着工できる。従って、発電所の停電所要期間を大幅に短縮できる。

図-4 温度分布

