

I-103 旧水圧鉄管材料の溶接性に関する一特性

東京大学工学部 正員 工博 奥村 敏恵

・ 大学院 学生員 工修 堀川 浩市

・ 工学部 正員 〇川口 喜昭

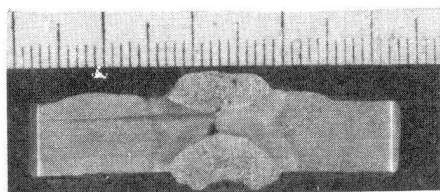
このほど更新工事の完了した昭和ノ三年布設の溶接水圧鉄管の母材および溶接部について、いくつかの調査、試験を行ない、当時の鋼材および溶接技術を知る上で大変興味深いデータを得たので報告します。

この水圧鉄管は総延長約200^m、最大静水頭約78^m、管直径2400^{mm}のもの2条からなり、管厚は6~9~10~12~14~16^{mm}と変化しており、この内6^{mm}は圧力隧道の内張りの部分である。化学分析試験は6^{mm}を除く各板厚毎に2~4箇所ずつ合計16箇所、その他の調査、試験は9^{mm}材(N0.7)および16^{mm}材(N0.16)それぞれ1箇所ずつ合計2箇所について行なった。以下その結果を順に述べる。

1) 板厚減量測定：管外面は塗装により良好に保たれていたが、内面は流砂などにより喰食されており、管片の重量より換算した板厚は公称板厚より概ね0.5^{mm}減っていた。中には2.5^{mm}程度足りないものも見られたが、これは原厚に問題があったものと思われる。

2) 化学分析試験：試験の結果はヤ1表のごとくで、SM41Cの規格値を満足する良好なものから、かなり炭素量が多く、またリン、硫黄など不純物の多い良好とは云えないものまで混用されていることが知られる。なおシリコンはいずれも0.01%以下であり、純鋼である。

3) 溶接部肉眼検査：溶接部断面の一例をヤ1図に示すが、全ての溶接部において溶け込み不足が著しく、またフローホール、スラカ巻き込み、アンダーカット等も認められた。



ヤ1図 溶接断面の一例

N0.7	板厚	C	Si	Mn	P	S
1	9	0.33	0.01	0.53	0.061	0.060
2	9	0.10	0.01	0.30	0.015	0.050
3	9	0.16	0.01	0.45	0.021	0.029
4	9	0.37	0.01	0.53	0.049	0.110
5	10	0.12	0.01	0.36	0.059	0.045
6	10	0.22	0.01	0.44	0.041	0.063
7	12	0.19	0.01	0.36	0.027	0.040
8	12	0.18	0.01	0.42	0.078	0.073
9	12	0.24	0.01	0.41	0.037	0.060
10	14	0.11	0.01	0.33	0.037	0.041
11	14	0.30	0.01	0.57	0.026	0.029
12	14	0.21	0.01	0.46	0.013	0.038
13	16	0.18	0.01	0.39	0.031	0.047
14	16	0.18	0.01	0.50	0.032	0.027
15	16	0.12	0.01	0.52	0.045	0.028
16	16	0.12	0.01	0.48	0.035	0.020

ヤ1表 化学分析結果 (%)

4) 溶接部のミクロ組織：溶接熱影響部はかなり大きく、また溶接ボンド部の結晶粒は粗大化しており、マルテンサイト組織になっていると認められるが、その硬度はロークス硬度で200前後であり、それほど高くはなかった。

5) 引張試験：オ2表に母材の引張試験結果を、オ3表に溶接継手の引張試験結果を示す。板厚減量を考えた場合、母材の降伏点および抗張力はJIS S4101またはSM41に相当する強度を有していると思える。これに対し、溶接継手は溶け込み不足があるため、その抗張力は母材のそれより大きく下回り、継手効率率は52.4%と78.1%の間にばらついている。この試験片としてはJIS 5-Z-N-2/1に定められているいわゆる短平行部試験片とJIS 1号（長平行部）試験片を用いたが、いずれも溶着金属部で破断し、その破断面には脆性破面が認められた。

6) 曲げ試験：母材は9mm材/16mm材とも曲げ半径1.5寸に対して曲げ角度180°まで亀裂を生じなかったが、溶接部はオ4表に示すように、かなり小さい曲げ角度で溶着金属に亀裂を生じた。またこの際興味深いことには、亀裂が溶け込み不足の隅角からではなく、平滑面から発生したものと見られた。

7) 衝撃試験：この試験は、16mmの母材についてのみ行なった。この材料（N0.16）は化学成分的にはもっとも良好なものだったが、その衝撃特性はオ2図に示されるように良好であるとは云えない。ここに周方向が管軸方向より劣っている点、曲げ加工の影響も考えられる。

8) 斜の周先拘束割れ試験：同じく16mm材についてのみこの試験を行なったが、予熱なしでも割れは発生しなかった。

以上より考えて、この鉄管は溶接部と原因とある脆性破壊が生じた場合にはそれを防止することは不可能であり、全断面にわたって破壊が起る危険性も考えられたが、溶接棒心線が純鉄型である、その吸収エネルギーはある程度の値を保っていると考えられることと、溶接熱影響部の結晶組織は粗大化しているが、その硬度の値が200前後といったところの値を示していることが現状を正の使用に耐えてきた一つの条件ではないかと考えられる。

公称板厚	方向	降伏点		抗張力		伸び
		公称板厚に對し	換算板厚に對し	公称板厚に對し	換算板厚に對し	
9	周	24.1	25.7	42.8	45.8	21.1
16	周	20.6	22.5	37.4	40.9	26.8
16	管軸	24.7	25.1	41.0	41.7	28.3

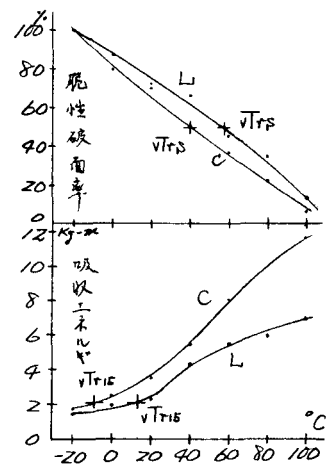
オ2表 母材の引張試験結果(各240平均)

試験片	公称板厚	抗張力		継手効率率		破断位置
		公称板厚に對し	換算板厚に對し	公称板厚に對し	換算板厚に對し	
短平行	9	32.1	29.2	75.0	78.8	溶着金属
短平行	16	22.1	26.3	58.7	64.4	同上
長平行	16	22.7	26.9	60.6	65.8	同上

オ3表 溶接継手の引張試験結果(各240平均)

試験方法	曲げ半径	板厚	割れ発生角度		割れ発生位置
型曲げ	2寸	9	25°	25°	溶着金属
"	2寸	16	27°	20°	"
ロー曲げ	1.5寸	16	16°	37°	"

オ4表 溶接継手曲げ試験結果



オ2図 衝撃特性曲線