

原子力発第06033号
平成18年5月8日

愛媛県知事
加戸守行 殿

四国電力株式会社
取締役社長 常盤百樹

伊方発電所第1号機 復水脱塩装置建家内での発煙
他2件に係る報告書の提出について

平成18年3月1日に発生しました伊方発電所第1号機 復水脱塩装置建家内での発煙他1件、ならびに平成18年2月21日に発生しました伊方発電所第1号機 復水器冷却用海水放水管の割れにつきまして、その後の調査結果がまとまりましたので、安全協定第11条第2項に基づき、別添のとおり報告いたします。

今後とも伊方発電所の安全・安定運転に取り組んでまいりますので、ご指導賜りますようお願い申し上げます。

以上

伊方発電所第1号機
復水器冷却用海水放水管の割れについて

平成18年5月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所第1号機 復水器冷却用海水放水管の割れについて

2. 事象発生の日時

平成18年 2月21日 17時00分頃(確認)

3. 事象発生の設備

復水器冷却用海水放水管A系統

4. 事象発生時の運転状況

第23回定期検査中(平成18年2月10日より)

5. 事象発生の状況

伊方発電所第1号機(定格電気出力566MW)は、第23回定期検査中のところ、循環水管の内面点検において、2月21日17時00分頃、復水器出口の放水管A系統底面の一部より水が漏入しており、当該部に割れがあることを保修員が発見した。

調査の結果、配管内表面に約170mm、配管外表面に約238mmの割れがあることが確認されたため、当て板による溶接補修を行い、浸透探傷検査により健全性を確認した。

なお、本事象によるプラントの運転への影響および周辺環境への放射能の影響はなかった。(添付資料-1、2)

6. 事象の時系列

2月21日

9:30頃

定期点検の一環として、放水管の内面点検を開始

17:00頃

放水管A系統底面の一部より、水が漏入しており、当該部に割れがあることを発見

2月22日

現場での原因調査実施

~3月14日

3月15日

当て板による溶接補修作業を実施し、当て板溶接部の浸透探

~3月16日

傷検査により、健全性を確認

7. 調査結果

放水管に割れが発生した原因について、以下の調査を実施した。

(1) 現地調査

a. 外観目視点検

割れ箇所およびその周辺の状況について、外観目視点検を実施した結果、割れは配管の底部の溶接線から約30mm~約40mm離れた箇所にあり、配管内表面の長さは約170mmで、線状の割れであることを確認した。また、割れについては、殆ど開口は認められなかった。

割れの上流側と下流側に約0.2mm～0.3mmの段差が生じており、上流側が低く、下流側が高くなっていた。
(添付資料 - 2)

b. 肉厚測定

割れ箇所周辺の肉厚測定を実施した結果、板厚は設計通り約19mmであり、減肉は認められなかった。
(添付資料 - 3)

c. 非破壊検査

割れ箇所の周辺の浸透探傷検査(PT)および磁粉探傷検査(MT)を実施した結果、外観目視点検と同様に、配管内表面に長さ約170mmの線状の割れがあり、割れ周辺には指示は認められなかった。

割れ箇所周辺の超音波探傷検査(UT:斜角45°)を実施した結果、配管外面側に長さ約238mmの割れがあり、外表面側の割れと内表面側の割れは繋がっていることを確認した。なお、その他に異常は認められなかった。
(添付資料 - 2)

d. 金属組織調査

金属組織を観察した結果、割れ周辺に溶接補修等の金属組織変化等は認められなかった。

e. 固さ試験

ビッカース固さ試験の結果、割れ周辺と母材(一般部)との固さに有意な差は認められなかった。

(2) 製作・据付状況の調査

当該エルボ(約50度エルボ)は、伊方発電所1号機建設時(昭和40年代)に据付け、その後取り替えは実施していない。

当該エルボは、直径2600mm(内径)×厚さ19mmの鋼管であり、製造メーカーにて、鋼板(SS41)を曲げて、長手方向を溶接した直管4本を、エビ折り形状のエルボとなるよう、溶接して成型したものである。溶接は、アーク溶接で、配管外面側、内面側の両方から溶接されている。

据付方法については、工場製作されたエルボの形状で吊込み・据付・前後配管と芯合わせを行い、溶接にて接続を実施していた。前後配管との芯合わせは、大口径配管であるため、鉄製の治工具、ボルト等を用いて軸方向、周方向ともに芯合わせを行っていた。
(添付資料 - 4)

配管据付け後に、タービン建家基礎のコンクリートを打設しており、当該エルボはかなり厚いタービン建家基礎のコンクリートに、周囲が囲まれている状態にある。

配管の塗装は、外面は錆止め塗装、内面はタールエポキシ樹脂による防食塗装を実施している。
(添付資料 - 1、2)

建設時の記録等を調査した結果、製作・据付において特に問題となる事項はなかった。

(3) 過去の定期検査の点検状況

循環水管については、毎回定期検査時に水抜き、点検を実施しており、前回の点検記録を調査した結果、当該部に割れ等の異常は認められなかった。

(4) 運転履歴の調査

当該部はプラント冷却後の海水が流れており、運転中は圧力(0 . 1 M P a 以下) 温度(3 0 以下) とも低く、配管には割れに至る荷重のかかる部位ではない。

また、前回の定期検査以降(平成17年1月)の運転パラメーターについて調査した結果、特に問題となるような運転は実施していなかった。

(5) 水の分析

割れ箇所から漏入している水について分析した結果、塩化物イオン濃度は海水の1 / 1 0 程度であり、当該配管の位置(地下約6m)からすると、漏入している水は、湧水と考えられる。

(6) 類似箇所の点検

現在定検中である伊方発電所1号機の大口径海水系配管のエビ折り形状のエルボ43箇所について、内面から目視点検を行った結果、今回と同様な事象(割れ、漏入水)はないことを確認した。

また、エビ折り形状のエルボのうち、コンクリートに埋設されていない地上設置のもの7箇所について、外面から目視点検を行った結果、割れ等の異常はないことを確認した。

8 . 割れが発生する要因調査

当該部に割れが発生する要因としては、

- ・ 腐食(環境)
- ・ 疲労(運転時の圧力、熱サイクル、振動)
- ・ 荷重(運転中の荷重、製作・据付時の荷重や残留応力等)
- ・ 設計・製作不良、据付不良(設計不良、材料不良、溶接不良、据付不良等)

が考えられる。

今回実施した前項の原因調査結果から、

- ・ 割れ部の性状及び肉厚測定結果から、全面腐食による割れではない
- ・ 運転中は温度、圧力とも低く、特に問題となるような運転も実施していないことから、疲労による割れではない
- ・ 金属組織的にも異常は認められないことから材料不良ではない
- ・ 建設時の記録等から、製作・据付において特に問題となる事項はない

ことが判明している。

また、割れは配管外面側の方が内面側より大きいことから、外面からの割れであり、前回の定期検査から今回の定期検査の間に、貫通に至ったものと考えられる。

従って、割れの要因は製作・据付時の何らかの要因による荷重や残留応力等によるものと推定されるため、通常の製作・据付時に想定される荷重や残留応力等について、要因の抽出を行った。

(1) 当該エルボ製作時の要因

当該エルボは、鋼板を曲げて長手方向を溶接した扇型の直管 4 本を、エビ折り形状のエルボとなるよう溶接して、成型したものであり、以下のケースが想定される。

- a . 直管と直管の芯合わせ時に、開先合わせのため、鋼管を曲げて調整することが想定され、当該部外表面に引張りの残留応力が残る
- b . 溶接により引張りの残留応力が残る

(添付資料 - 5)

(2) 配管据付け時の要因

建設時に当該エルボを据付ける際に、前後配管との芯合わせや、配管据付け後のコンクリート打設時のコンクリート自重および浮力により、当該部に引張りの残留応力が発生することが想定される。

(添付資料 - 5)

(3) 運転中の要因

当該エルボは、地下約 - 6 m に設置されており、コンクリートの打継ぎ面を通じて、湧水及び海水が浸入する箇所であり、配管外面に海水を含んだ湧水が侵入して、割れ箇所が選択的に腐食することが想定される。

9 . 推定原因

放水管に割れが発生した原因は、

- ・ 当該エルボ製作時の芯合わせ又は溶接による引張りの残留応力
- ・ 配管据付け時の芯合わせによる引張りの残留応力
- ・ 配管据付け後のコンクリート打設による自重および浮力による引張りの残留応力

等が重畳して、配管外面に割れが発生し、当該割れ箇所に湧水等の浸入による選択的な腐食により、配管外面の割れがゆっくりと進展し、貫通に至ったと推定される。

(添付資料 - 6)

なお、当該部の割れは、ほとんど開口はなく、配管を流れる海水の圧力も低く、周りはコンクリートで囲まれていることから、この割れによる外部への海水の漏えいは、ほとんどなかったと推定される。

10 . 対策

(1) 割れ箇所に、当て板溶接補修を実施した。

(添付資料 - 7)

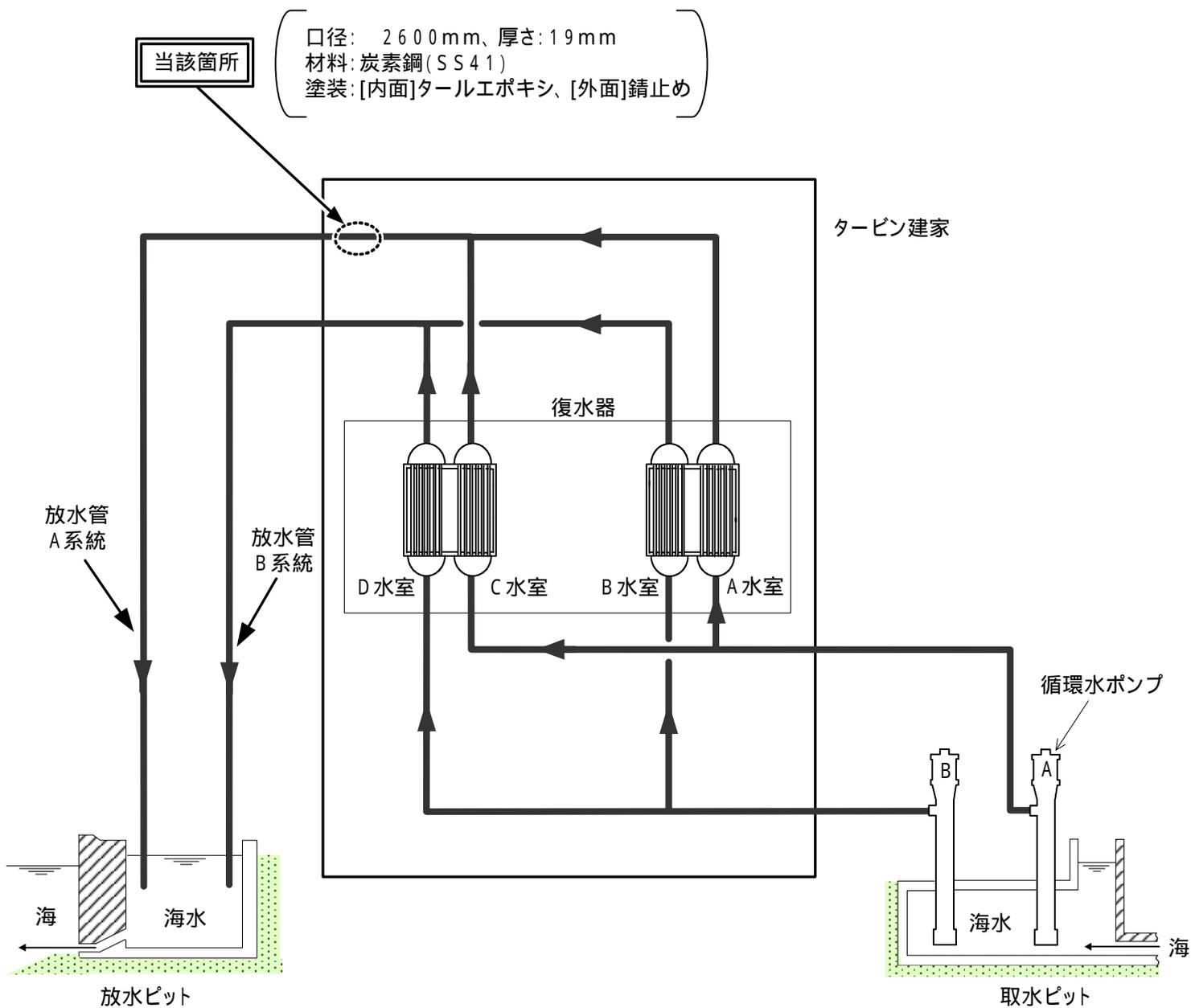
(2) 伊方 1、2、3 号機における類似の海水系の大口径配管については、今後も引き続き、毎回定期検査時に配管内面の目視点検を実施し、類似箇所（エビ折り形状のエルボ）に割れ等の異常がないことを確認する。

以 上

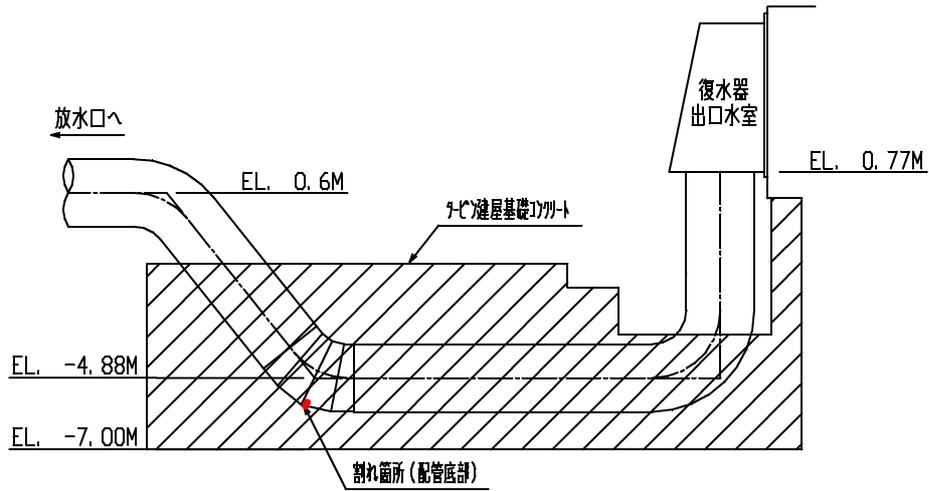
添 付 資 料

- 添付資料 - 1 伊方 1 号機 復水器冷却用海水配管概略系統図
- 添付資料 - 2 放水管 A 系統割れ状況図
- 添付資料 - 3 割れ周辺の肉厚測定結果
- 添付資料 - 4 配管製作加工、据付、芯合わせ要領（例）
- 添付資料 - 5 配管製作・据付時の要因検討
- 添付資料 - 6 割れ発生の推定メカニズム
- 添付資料 - 7 当て板溶接補修状況図

伊方1号機 復水器冷却用海水配管概略系統図

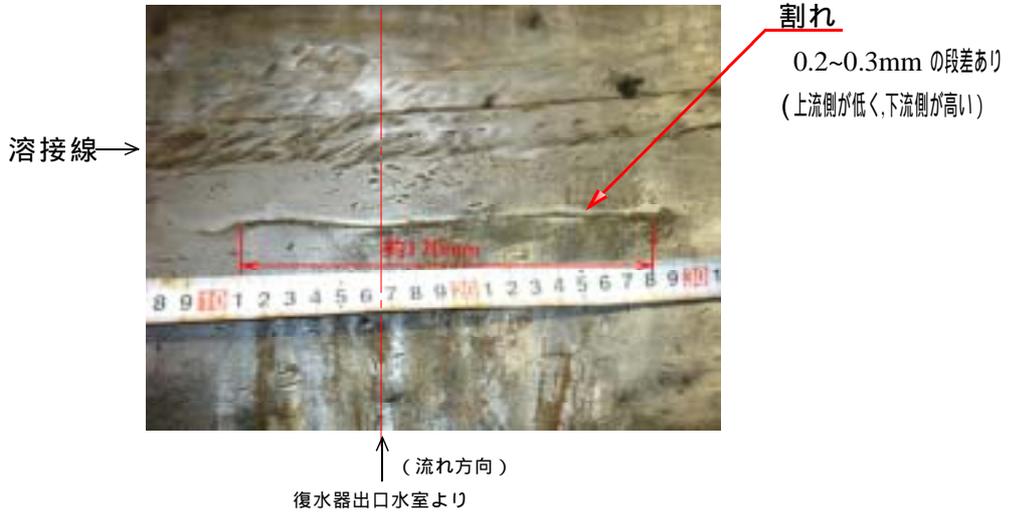


放水管 A 系統 割れ状況図



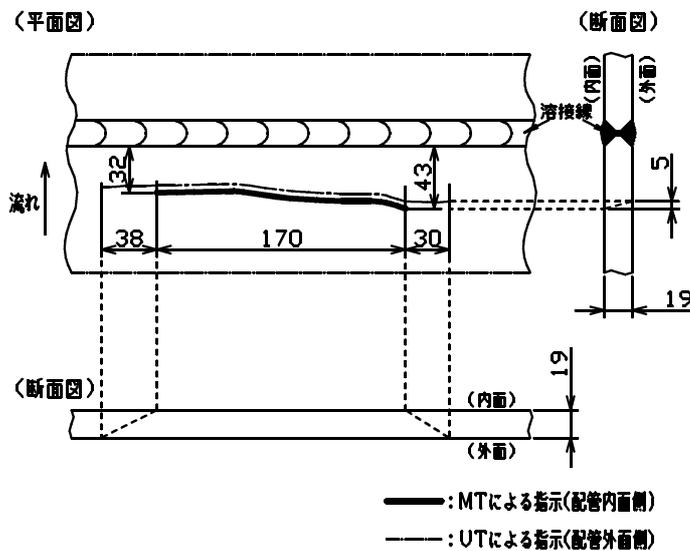
外観目視点検結果

放水口へ
180°(底部)

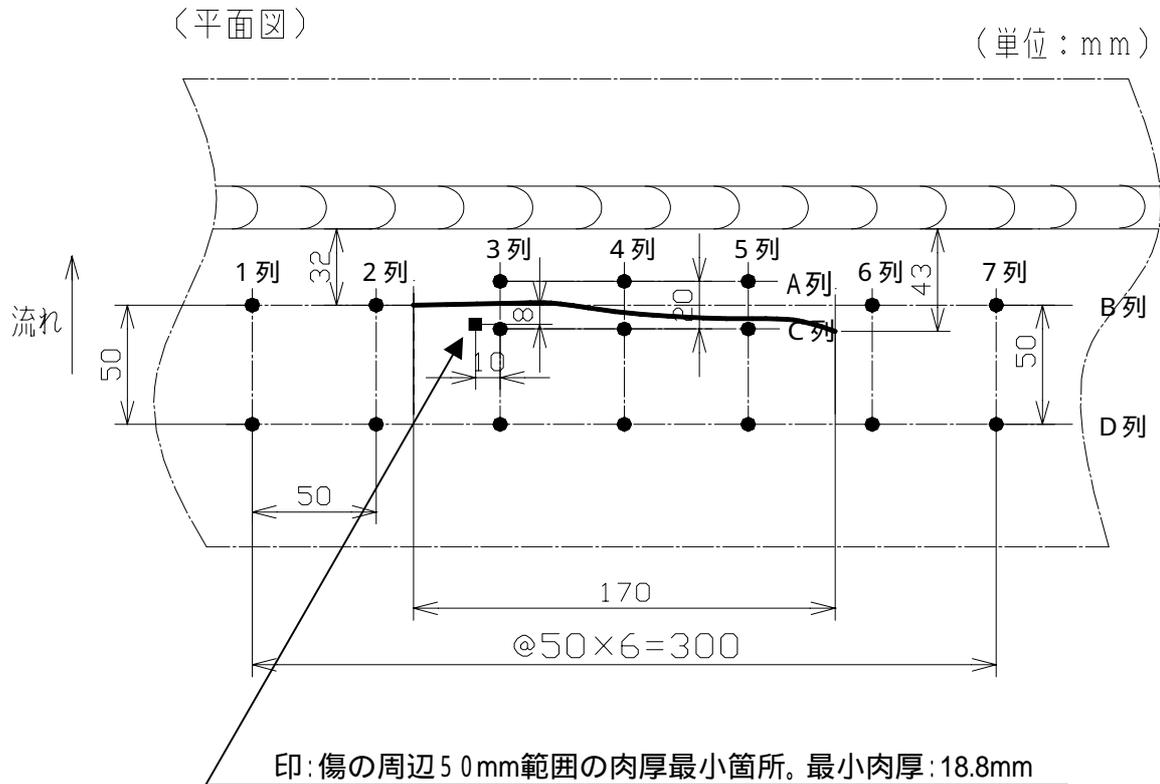


割れ箇所の非破壊検査結果 (MT, UT)

(単位: mm)



割れ周辺の肉厚測定結果



設計肉厚: 19mm

印: 定点の測定ポイントを示す。測定結果は下表に示す。

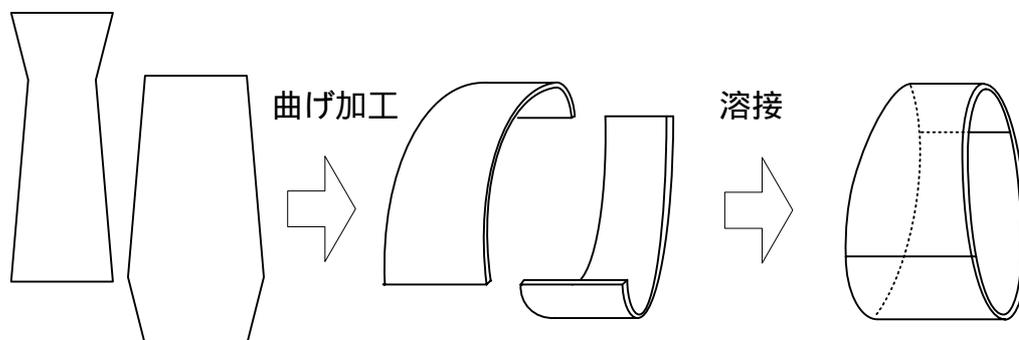
単位: mm

	1列	2列	3列	4列	5列	6列	7列	備考
A列	-	-	19.3	19.3	19.3	-	-	
B列	19.2	19.2	-	-	-	19.2	19.3	
C列	-	-	19.3	19.3	19.3	-	-	
D列	19.3	19.3	19.4	19.3	19.3	19.3	19.2	

配管製作加工、据付、芯合わせ要領（例）

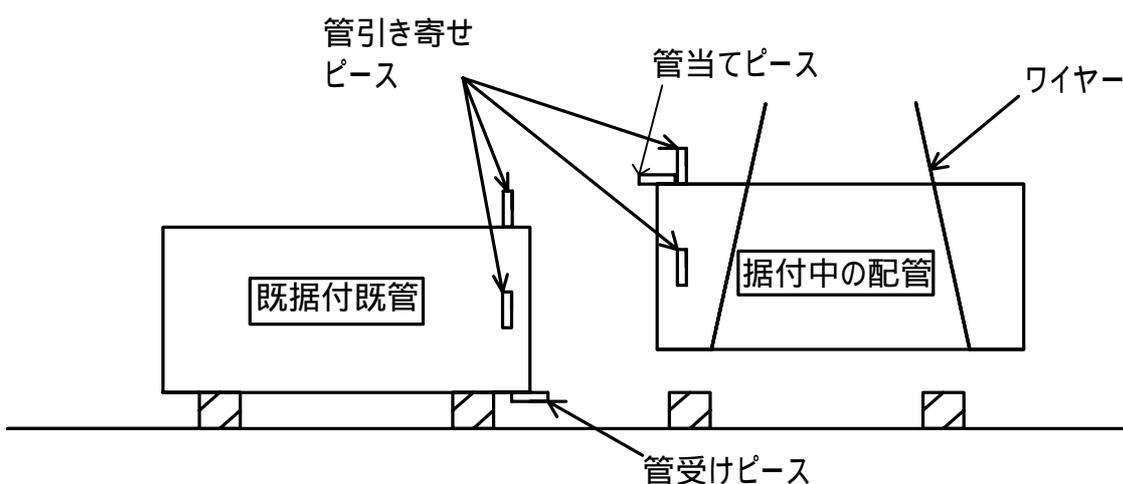
(1) 配管製作加工

鋼板を曲げて、長手方向を溶接しエビ折形状の短管を製作



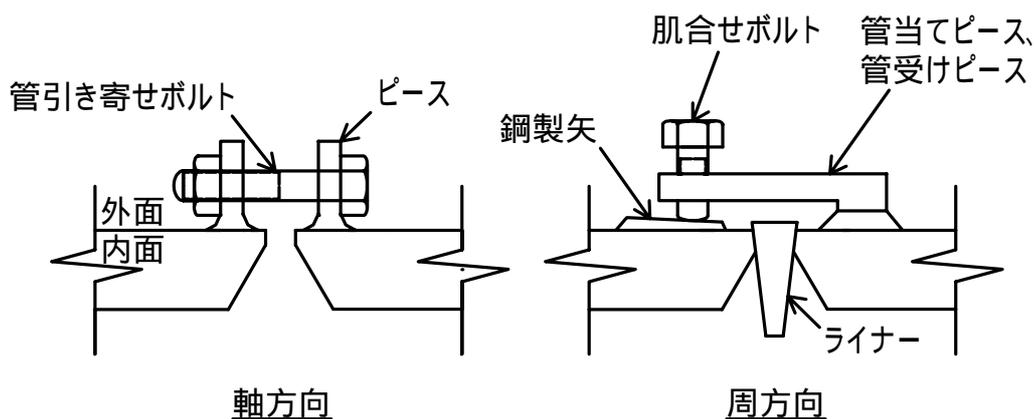
(2) 配管据付

各配管毎に吊込み・据付けを実施



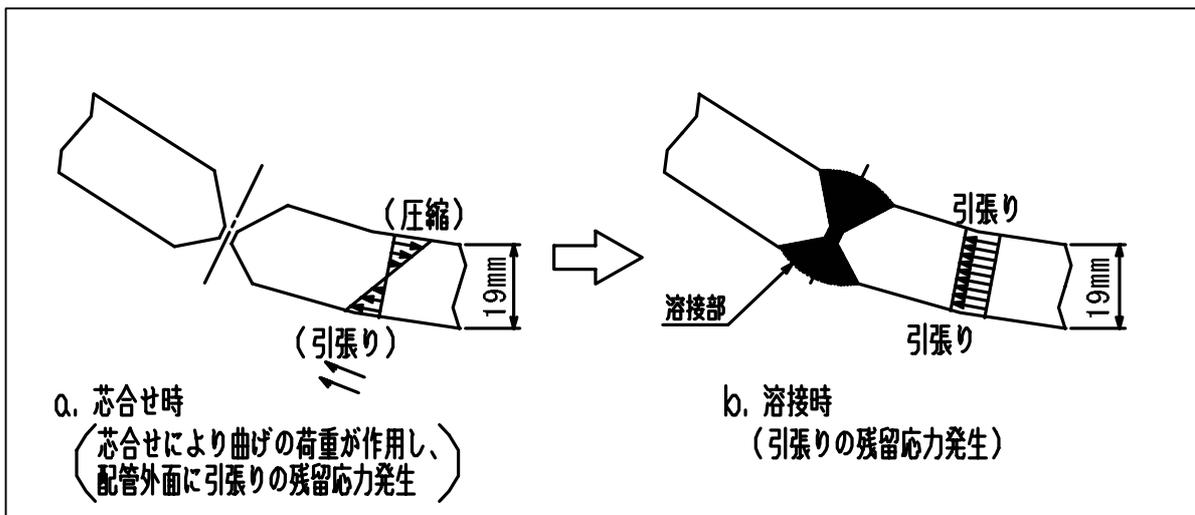
(3) 配管芯合わせ

芯合わせは、管引き寄せピース及び管当てピース、管受けピースによって、以下の通り実施
なお、各ピースは配管と配管の溶接後、ガス切断で取除き、サンダー等で平滑に仕上げる。

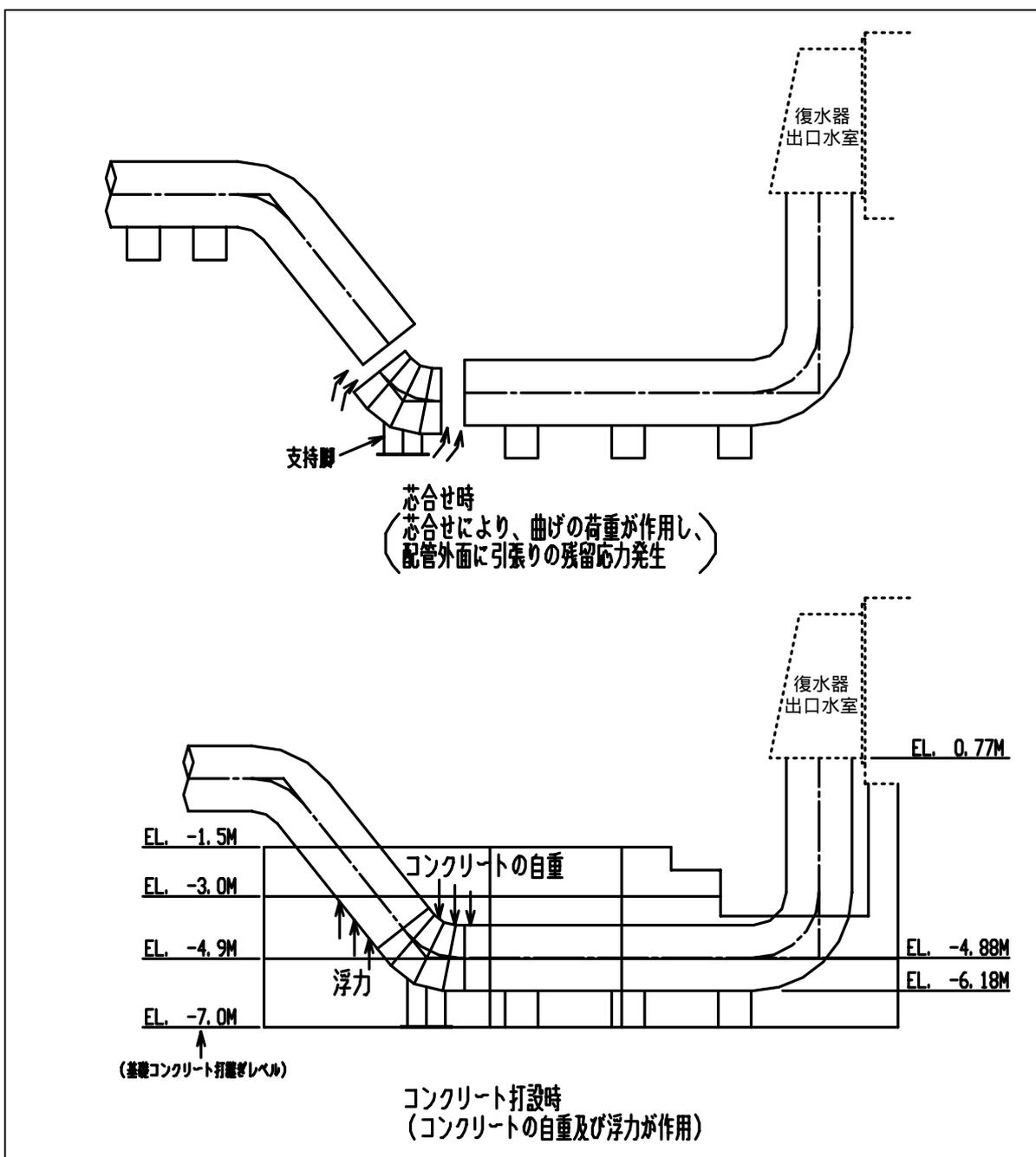


配管製作・据付時の要因検討

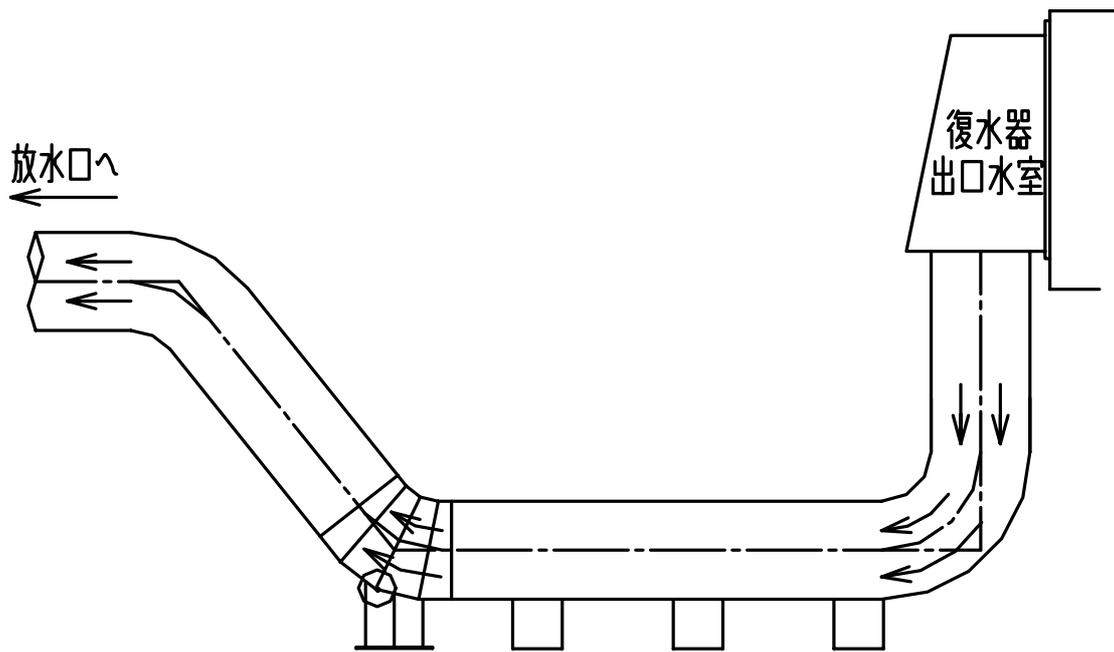
1. 製作時 (配管溶接部拡大図)



2. 据付時

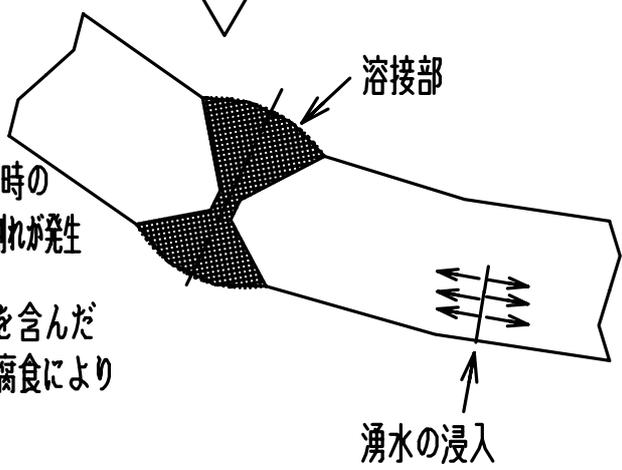


割れ発生 の 推定メカニズム



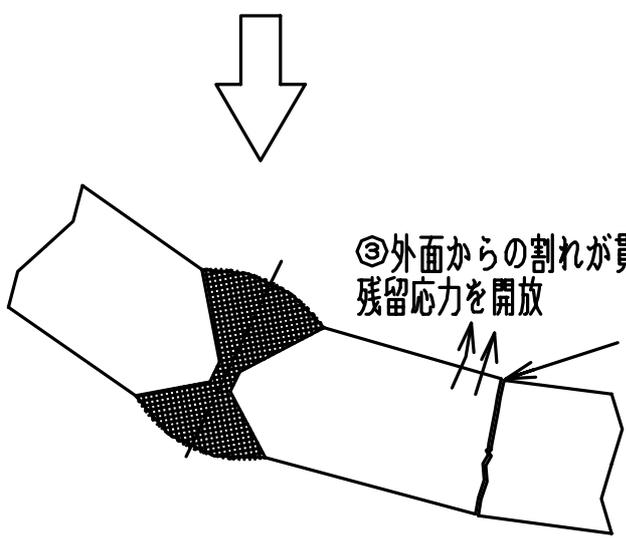
① 当該エルボ製作、据付け時の
残留応力等により、配管外表面に割れが発生

② 配管外面の割れに海水を含んだ
湧水の浸入による選択的な腐食により
割れが進展



③ 外面からの割れが貫通し、
残留応力を開放

0.2mm~0.3mmの段差
(左側が高く、右側が低い)



当て板溶接補修状況図

