

5倍とし、板厚方向に10要素分割している。補強板については、

- 削り出しの場合：穴あき管胴と補強板が一体のモデル
- 溶接施工の場合：補強板の内外周のみ管胴と接合したモデルを想定して、モデル作成した。

5. 解析ケースと応力比の解析結果

現行基準の考えに従い、全ての解析ケースで補強面積比 A_2/A_1 は100%とした。 $k = b/t_1$ 及び補強板の施工法の違いをパラメータとした解析結果は、表-1、図-5 に示す通りである。なお、表-1 中の水門鉄管技術基準の値は、図-3 から読取ったものである。

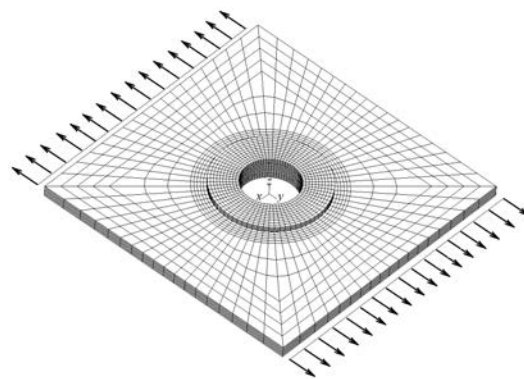


図-4 補強板付き管胴の FEM 解析モデル

表-1 穴の無い場合の周方向平均応力に対する応力比の解析結果

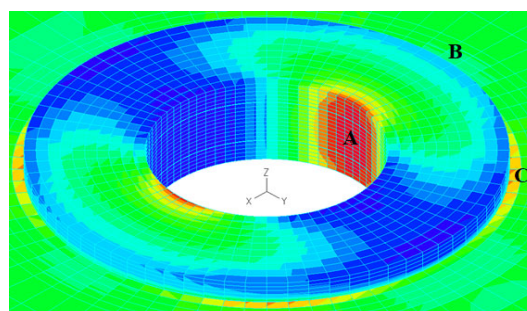
補強面積比 A_2/A_1	$k = b/t_1$	水門鉄管 技術基準	FEM 解析 (補強板製作は削り出しとし、管胴に密着)				FEM 解析 (補強板は溶接で周囲のみ管胴に接合)			
		A 点	解析 ケース	A 点 (板厚中心)	B 点 (管胴表面)	C 点 (管胴表面)	解析 ケース	A 点 (板厚中心)	B 点 (管胴表面)	C 点 (管胴表面)
1.0	2.0	2.12	1	2.27	0.80	1.79 (50°)	6	2.24	0.84	1.90 (50°)
	2.5	1.97	2	2.12	0.85	1.91 (45°)	7	2.10	0.88	1.99 (45°)
	3.0	1.85	3	2.04	1.03	2.02 (45°)	8	2.03	1.05	2.07 (45°)
	4.0	1.68	4	2.06	1.51	2.16 (40°)	9	2.06	1.51	2.16 (40°)
	10.0	1.25	5	2.52	2.45	2.45 (10°)	10	2.52	2.45	2.45 (10°)

6. 考察 解析結果に基づいて、円形補強板周りの A, B, C 点の応力について考察した。

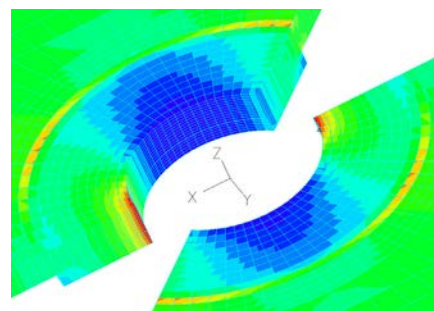
A 点は最大応力の発生箇所であり、補強板を設けた場合も設計上の参照応力として重要である。表-1 に示した現行基準の値と解析値は、 $A_2/A_1=1.0$, $k=2.0$ の場合(解析ケース 1)で、解析値が 7%程度大きく、 k の増加とともに大きく乖離する傾向が見られる。補強板と管胴の板厚方向に応力分布が生じることに起因しており、2次元弾性理論適用の見直しが必要であろう。

B 点は補強板の設置が効果的な箇所である。 k の増加と共に応力値は増すが、補強板無しの場合(図-1)よりは小さく、補強効果は見られる。

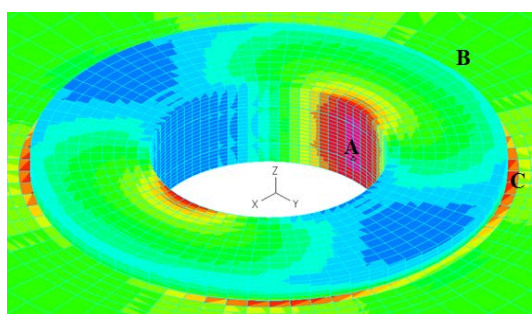
C 点は補強板外周部で管軸に対する角度が $40^\circ \sim 50^\circ$ に位置した管胴外表面である。補強板を設置したことにより、この位置に大きな応力が生じやすいことを指摘しておきたい。



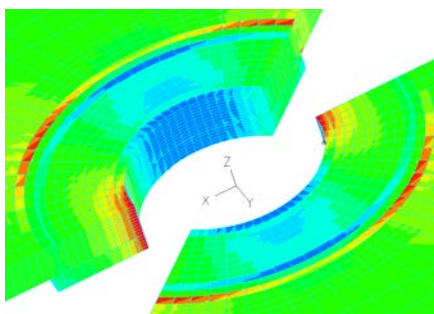
(a-1) 補強板周りの応力分布(解析ケース 1)



(a-2) 管胴内部の応力分布(解析ケース 1)



(b-1) 補強板周りの応力分布(解析ケース 6)



(b-2) 管胴内部の応力分布(解析ケース 6)

図-5 補強板周り管胴の応力分布

7. 結び

以上、現行基準を対照しつつ、管胴耐圧部に設けた円形穴周り補強箇所の応力集中に対する解析的検討と考察を行った。高経年の水圧鉄管が多数を占める今日、維持管理的視点から今後更に議論を要する課題であろう。

参考文献

- 1) 社水門鉄管協会：水門鉄管技術基準，水圧鉄管・鉄鋼構造物編，pp.108-112, 2007.
- 2) 松尾 滋：水圧鉄管マンホールの補強構造(1)，電力中央研究所，技術報告，土木 61016, 1961.