

1. はじめに

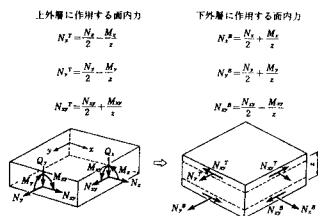
そこで、実構造物において表-1に示す種々の設計手法を用いて必要鉄筋量の算出を行い、それぞれの手法の妥当性について検討した。

表-1 に設計手法の概要を示す。なお、検討は鉄筋についてのみ行った。

設計手法	面内力（面内せん断力および軸力）の取り扱い	曲げモーメントおよびねじモーメントの取り扱い
原子炉容器基準の方法 ²⁾ (以下手法①)	下式より換算軸力を求める。 $N=N\pm N_{xy1}$ 上式はひびわれ面と鉄筋のなす角度 θ を45°とひびわれ面に働くせん断力を0として導いたため、引張力を受ける面材ではコンクリートが寄る面材力を受ける面材材の方法と同一となる。	左記に示す換算軸力と曲げモーメントを受ける部材としてRC断面計算を行う。なお、ねじりモーメントについては考慮していない。
コンクリート標準示方書におけるシェルの方法 ⁶⁾ (以下手法②)	上下二層各々の面内力に分解し、右記での面内力と足し合せ、各層でコンクリート標準示方書の面内力を受ける面材材の照査をする。	面材材をコンクリート標準示方書におけるシェルとし、曲げモーメント、ねじりモーメントを上下層に作用する面内力に置換える。(図2参照)
青柳・山田 ²⁵⁾ の方法 +RC計算 (以下手法③)	主面内力から、鉄筋とのひびわれ角 θ を定め、ひびわれ面に働くせん断力を考慮し、より詳細に換算軸力を求める。(図1参照) この表の手法の中で最も厳密に算定する手法である。	左記より求めた換算軸力と曲げモーメントを受ける部材としてRC断面計算を行う。なお、ねじりモーメントについては考慮していない。
面内せん断力と曲げモーメントを同時に考慮しない方法 ⁴⁾ (以下手法④)	面内せん断力を無視する。設計軸力を示しに示す。 $N=N^{(1)}$	軸力と曲げモーメントが作用する部材としてRC計算をする。なお、ねじりモーメントは考慮しない。

(例：両方向鉄筋上にひびわれが入っていることと $\phi=45^\circ$ は同じ)

今回の検討モデルとしたLNG地下タンクの構造図および土質条件を図-3に示す。また、荷重の組み合わせケースを表-2に示す。



N_1, N_2	: 板要素に作用する正圧力
N_3, N_4, N_{56}	: 板要素に作用する正圧力, Y 方向軸力およびせん断力
T_x, T_y	: X 方向, Y 方向の設計軸方向力
T_z	: $T_z = N_{56} \sin \alpha (1 - \cot \alpha \tan \phi) + N_{56} \sin \frac{\alpha}{2} (1 - \cot \alpha \tan \phi) + H \tan \frac{\alpha}{2}$
H	: $T_y = N_{56} \sin \alpha (1 - \cot \alpha \cot \phi) + N_{56} \sin \alpha (1 - \tan \alpha \cot \phi) + H \cot \phi$ ひびわれ面に働くせん断力
ϵ	: $H = \Delta \tan \alpha \times 36 / \epsilon, \epsilon = X / \Delta$ ひびわれ面に直交するRC板の平均ひずみ
Δ	: ひびわれに沿って生じるずれ $\Delta / \tan \alpha = \epsilon \cot \phi + \epsilon \tan \phi$
ϵ_x, ϵ_y	: X 方向, Y 方向の平均ひずみ
d	: RC板の有効高さ

図-1 青柳・山田による換算軸力算定

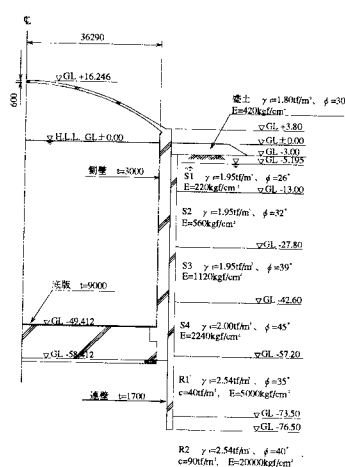


図-3 構造図および土質条件

* 1 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 (新宿センタービル) TEL.03-5381-5417 FAX.03-3342-2084

4. 検討結果

各断面に生じる軸力、面内せん断力および各手法における換算断面力を図-4、5に示す。また、必要鉄筋量の比較結果を図-6、7に示す。手法③が最も厳密であり、現実に近い応力を与えるものと考えられる。その場合、手法①、②、④は次のようなことがいえる。

水平、鉛直方向軸力が共に引張であるケース1では手法③による換算断面力と手法①による換算断面力の差は少ないが、鉛直方向引張、水平方向圧縮であるケース2においては手法①の換算断面力は手法③に比べ大きくなる。このことから、片方向圧縮、片方向引張のケースでは手法①の方法を用いた場合の鉄筋量は手法③のそれよりも多くなることがわかる。（図-7）

一方、手法②により算出した必要鉄筋量はケース1、2ともに手法①のそれとほぼ同じとなる。

手法④は、面内せん断力を全く考慮しないため、その換算断面力、必要鉄筋量共に他のどの手法よりも少なくなる。特に面内せん断力が大きい部分（図-6、 $\theta=60^\circ$ 付近）では危険側の設計になることがわかる。

表-2 荷重条件

	ケース1	ケース2
連壁の扱い	考慮する	考慮しない
自重・屋根荷重・プレストレスト	●	●
土圧・水圧	●	●
壁土による増分土圧	●	●
液圧・ガス圧	●	●
温度荷重（冬期外気温）	●	●
温度荷重（LNG）	●	●
底版反力（低水位・満液時）	●	●
地震時土圧	●	●
地震時慣性力	●	●
動液圧	●	●

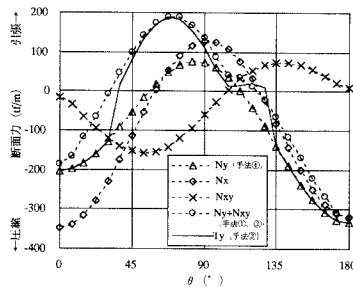


図-4 断面力（ケース1、円周方向、GL-15.9）

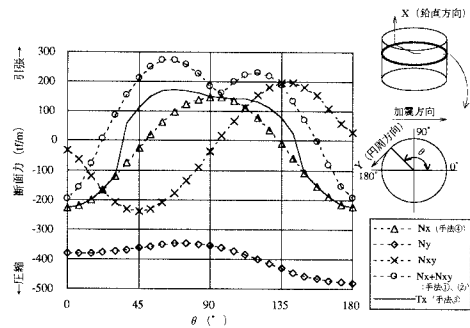


図-5 断面力（ケース2、鉛直方向、GL-7.3）

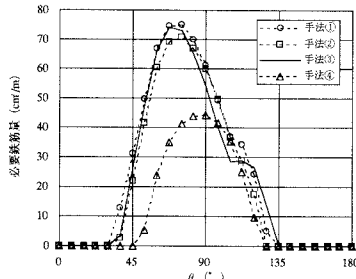


図-6 必要鉄筋量（ケース1、円周方向、外側）

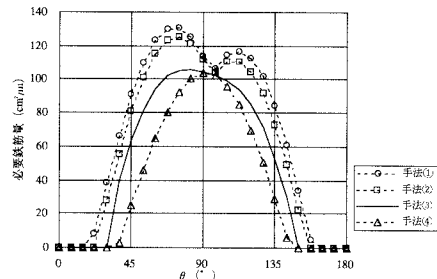


図-7 必要鉄筋量（ケース2、鉛直方向、外側）

5. まとめ

- (1) 片側圧縮、片側引張の面部材の鉄筋量を算定する場合、手法③を用いると合理的な鉄筋量を算出できる。一方、手法①は共に引張力が作用する面部材の場合にはほぼ妥当な鉄筋量を算出でき、簡便な手法であることから、このような条件では有効な手法である。
- (2) 手法①と②は今回検討したモデルでは顕著な差はなく、どちらの手法においても同様の結果が得られる。
- (3) 手法④の方法で鉄筋量を算定した場合、面内せん断力が大きい部分では危険側の設計となる可能性がある。

参考文献

- 1) 資源エネルギー庁：コンクリート製原子炉格納容器に関する構造等の技術基準、平成2年10月
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書（昭和61年制定）改訂資料 pp174～178、昭和61年10月
- 3) 青柳征一、山田一字：面内力を受ける鉄筋コンクリートシェル要素の耐力変形特性、土木学会論文報告集、第331号、pp167～180、1983年3月
- 4) 土木学会：コンクリート標準示方書設計編、平成8年3月