

神戸市役所 正会員の武内達明, 正会員 松浦勢一, 増川博

1. 序 神戸港の東部に埋立が進行中の六甲アイランドと陸地を結ぶ連絡橋の一部で、鋼製ボックス構造で、スパンが60mの立体ラーメン橋が3ヶ所採用された。(図-1参照) この立体ラーメン橋の隅角部には、通常の面内断面力の外に、面外断面力(梁のねじり $\leftrightarrow$ 柱の曲げ, 梁の曲げ $\leftrightarrow$ 柱のねじり)が、主荷重状態において発生する。ラーメン橋の隅角部の設計で、面内断面力に対しては、奥村、石沢氏の「薄板構造ラーメン隅角部の応力計算について」(土木学会論文集1967)により今まで設計されてきた。しかし隅角部のねじりモーメント、面外の曲げモーメント等、面外断面力が作用する場合の、力学的性状が不明であり、設計法が未確立と思える。そこで隅角部の設計法の確立を目的として、有限要素法を用いて隅角部を解析した結果、ここに設計方法の一試案を報告するものである。

2. 有限要素解析(FEM解析)

条件(図-2参照)

(1) フランジ及びウェブで構成したPlate

Model

補強リブは無視

板の曲げ剛性は無視

(2) 有限要素として、三節点、三角形要素

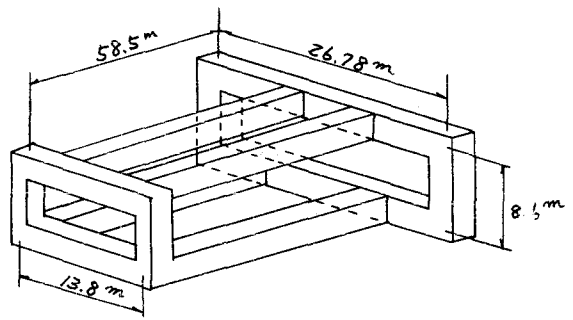
最小有限要素寸法10cm

節点総数712点, 有限要素総数1456要素

(3) 境界条件として、柱下端を固定、梁先端を自由、

載荷荷重は、梁先端に6種類の断面力を載荷

($S_x, S_y, S_z, M_x, M_y, M_z$ …… 単位荷重1t, 1t・mを節点荷重として与えた。)



(図-1)

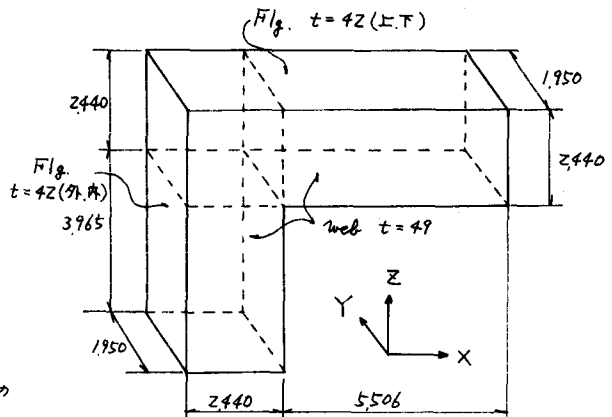
3. 面内断面力性状

面内断面力(S_x, M_y それぞれ単位荷重1t, 1t・m)について、奥村、石沢理論による、

フランジの応力集中の影響を、線型理論値に対する応力集中係数(α)で表現すると、

$\alpha = 1.14 \sim 1.28$ 程度となる。

また、梁、柱のフランジに着目して、FEMの結果と比較してみると(図-3)図のような概念図となり、FEMで計算した応力度が、奥村、石沢理論による値よりも高い応力集中を呈している。この傾向は、有限要素の分割方法にも影響されることが予想されるが、ある程度の計算誤差を考えても、この傾向が妥当な性状として理解される。



(図-2)

ラーメン隅角部は、面内断面力に対しては、奥村、石沢理論により設計されてきた。FEM解析の結果、フランジの応力集中については、フランジ中の9.5%領域が奥村、石沢理論の値よりも大きい応力値を与えている。

しかし、この応力超過部はわずかであり、局部的な応力度として無視しても安全性は保証され则认为る。

(図-3)の傾向は、断面力 M_y , S_x 及び梁、柱のフランジについて、同一性状を示している。

4. 面外断面力性状

面外断面力の例として、(図-4)のように梁の先端に、ねじりモーメント $M_x(T) = 1 \text{ t}\cdot\text{m}$ を載荷して、応力集中を調べる。

F.E.M.解析の結果、応力集中の傾向は、(図-4)の概念図のようになり、端部で高い応力集中を呈している。この応力集中に対して、設計上どの程度まで考慮すべきか問題となる。

そこで、面内断面力性状で着目した、F.E.M.解析の、奥村、石沢理論に対する応力度超過域7.5%を、面外断面力性状に対しても認めることにした。このことにより、面外断面力に対する応力集中係数を求めると、

面外断面力による応力集中係数(α)

$$\alpha = \frac{7.5\% \text{ 領域での F.E.M. による応力度 } (\sigma)}{\text{線型理論による応力度 } (\sigma_0)}$$

$$= 1.433$$

この応力集中係数を考えて、隅角部の面外断面力を α 倍して設計断面力とした。

5. セン断応力度

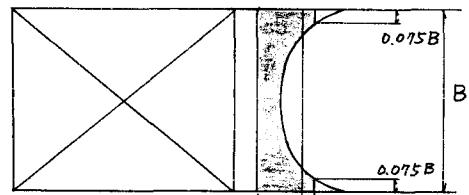
面内断面力による隅角部ウェブのせん断応力度をみると、

隅角部内のパネルに、奥村、石沢理論と同様の応力分布がみられ、また隅角部外側近傍のコーナーに応力集中がみられた。また面外断面力(例えば梁にトルクがかかる場合)については、前述コーナー部に応力集中がみられる以外、ほぼ均等に流れている。したがって、設計上は隅角内のせん断応力度は、奥村、石沢論文により評価し、また隅角部外側近傍の応力度評価は、一様応力度を仮定した。

たゞし、応力集中の影響を考慮して、許容応力度を $\tau_a = 0.45 \sigma_a$ として低くおさえた。

6. 問題点

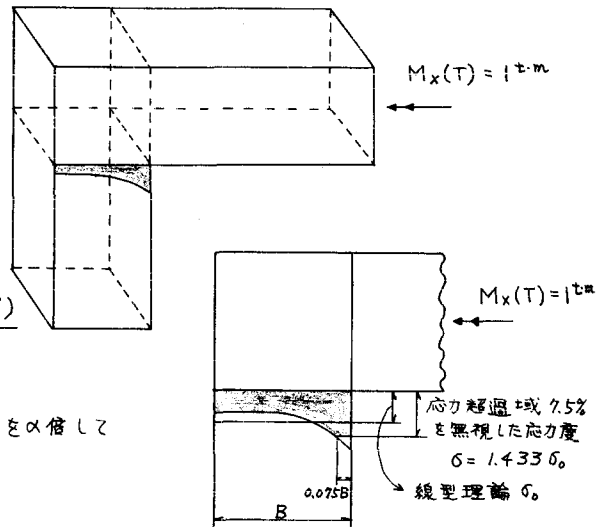
- (1) 構造モデルの寸法形状を変化させた場合(箱断面形状の問題)
- (2) 有限要素をさらに細分化した場合



線型理論: σ_0

奥村・石沢理論: $\sigma = 1.14 \sim 1.28 \sigma_0$

(図-3)



(図-4)

$M_x(T) = 1 \text{ t}\cdot\text{m}$

応力超過域 7.5%
を無視した応力度
 $\sigma = 1.433 \sigma_0$

線型理論 σ_0