

(544) 温度不均一に起因する耳波の3次元熱変形解析モデル
 (制御冷却型厚鋼板の熱変形挙動の解析 第1報)

(株)神戸製鋼所 加古川製鉄所・大江憲一 (工博) 松岡雅典
 中央研究所 (工博) 高塚公郎

1 緒言

制御冷却型鋼板の製造過程において、ホットレベラ終了時点で温度不均一が存在すると放冷後種々の歪が発生する。ここでは、このような歪のうち耳波を対象として、有限要素法による3次元熱変形解析を行う際の適正な解析要素、解析対象長さおよび境界条件を明らかにした。

2 解析要素の選定

理論解が判明している平板の座屈問題を種々の解析要素を用いて座屈解析を行なった結果を Table 1 に示す。精度と演算時間の観点より矩形4節点平板要素 D を選定した。

3 解析対象長さ La の決定と境界条件の設定

無限長の鋼板の幅方向温度不均一に起因した耳波の発生挙動の解析に必要な解析対象長さを明らかにするため、解析長さを変化させて、座屈解析(固有値解析)を行なった。幅方向温度パターンと冷却条件を Fig.1 に示す。一方、境界条件については、弾塑性あるいは弾性においても材料定数の温度依存性を考慮する必要がある場合、厳密な境界条件(1)式の設定が困難となるため、近似境界条件(2)式の有効性についても検討を加えた。

$$\int_0^{w/2} \sigma_x dy = 0, \quad \partial w / \partial x = 0 \quad (1)$$

$$\sigma_x = 0, \quad \partial w / \partial x = 0 \quad (2)$$

ただし、w:板幅、 σ_x :長手方向応力、w:Z方向変位。

Fig.2 は、臨界座屈温度差 ΔT_{cr} と L_a の関係を各境界条件について示したものである。 L_a が 5m 以上になると ΔT_{cr} は、いずれの境界条件の場合でもほぼ一定となり、また、境界条件の差に基づく ΔT_{cr} の差は 2°C 程度である。即ち、無限長の鋼板の座屈挙動は、 L_a を 5m 以上とすれば(2)式の近似境界条件を用いても解析できる。

4 耳波の波高解析への適用

Fig.1 の冷却過程における耳波の波高に関する弾性大変形解析結果を Fig.3 に示す。面外変形が発生し急激に進む降下温度の差 $\Delta \tilde{T}$ は、座屈解析により得られた ΔT_{cr} にはほぼ一致し、上記のモデルが波高解析にも適用できる。

5 結言

幅方向温度不均一を有する無限長の厚鋼板のホットレベラ以後における耳波発生時の臨界座屈温度差および耳波の高さを解析できる3次元熱変形解析モデルを確立した。

参考文献 1) S・P・Timoshenko et.al.:Theory of elastic stability.

Table 1. Results estimated by buckle analysis using various elements

Buckling problem of plate			
	a: Simple support b: Fixed support		
Exact buckle load (ton)	393.6 ¹⁾		
Element	Calculated load (ton)	C.P.U. time (sec)	
Shell element	A	413.4 (1.05)*	19.57
	B	309.0 (0.78)*	6.02
	C	909.9 (2.31)*	3.32
Plate element	D	363.3 (0.92)*	4.52
	E	501.6 (1.27)*	16.33

* Calculated load / Exact load

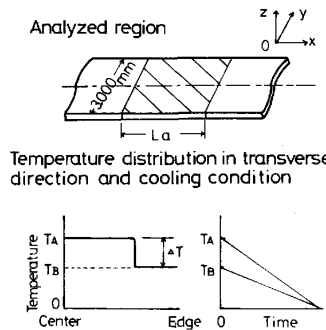


Fig.1 Model of buckle analysis after hot levelling

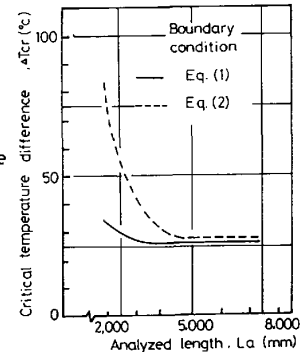


Fig.2 Effect of Analyzed length on critical temperature difference for occurrence of buckling

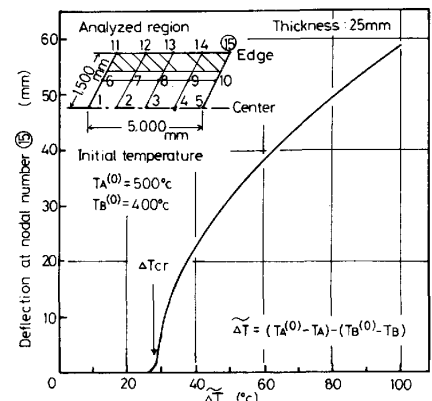


Fig.3 Tip deflection as a function of difference in temperature decrease from initial temperature