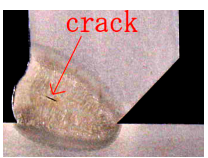


溶接高温割れを考慮した溶接諸条件最適化システムの開発

大阪府立大学大学院 工学研究科 航空宇宙海洋系専攻 正岡研究室 且越雄

研究背景

実施工で溶接高温割れが発生



問題
製品の品質低下
生産コストの上昇

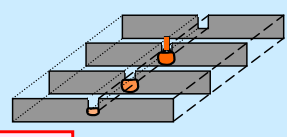
割れの発生メカニズムの解明
割れが発生しない継手条件の選定が重要

狭開先溶接法

I形の狭い開先を用いた厚板の突き合わせ溶接

利点

- 溶接パス数の低減
- 総入熱量の低減
- 溶接変形の低減



問題点

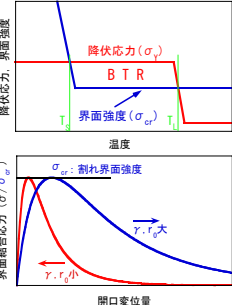
溶接条件や溶け込み形状のアスペクト比に関係し、**梨形ビード割れ**が発生する場合がある

研究目的

狭開先溶接時の梨形ビード割れを対象に、温度依存型界面要素を用いた高温割れ解析法により、割れに及ぼす諸因子の影響について検討する

割れが発生しない最適な溶接諸条件を導出するため、新たに最適化手法を導入した新しい溶接諸条件最適化システムを開発し、それを狭開先溶接時の梨形ビード割れ問題に適用することにより、本手法の有用性について検討する

高温割れ解析手法—温度依存型界面要素法



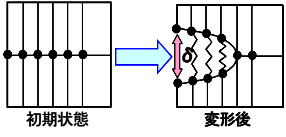
BTRは界面強度と降伏応力の温度依存性により表される

高温脆化温度域(BTR)を降伏応力: $\sigma_y > \sigma_{cr}$: 界面強度として力学的モデル化

界面の相互作用は非線形パナを用いて表される

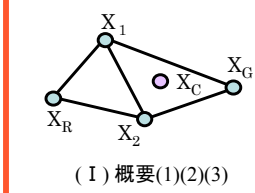
$$\sigma = \frac{\partial \phi}{\partial \delta} = \frac{24\gamma(T)}{r_0} \left\{ \left(\frac{r_0}{r_0 + \delta} \right)^7 - \left(\frac{r_0}{r_0 + \delta} \right)^{13} \right\}$$

ϕ : 界面ポテンシャル γ : 表面エネルギー
 σ : 界面結合応力 r_0 : 寸法パラメータ

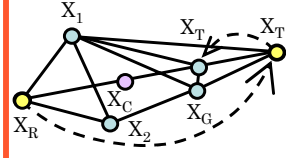


割れが発生すると予想される経路に界面要素を配置する

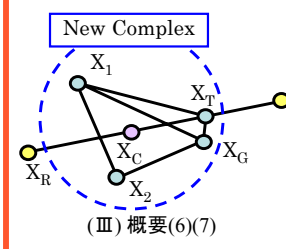
最適化手法—Complex Method



(I) 概要(1)(2)(3)



(II) 概要(4)(5)



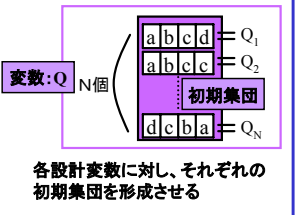
(III) 概要(6)(7)

Complex Methodの概要

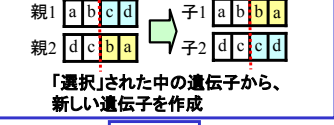
- 初期条件集合を定義
- 評価値の最も低い条件点 X_R と2番目に低い点 X_G を求める
- 点 X_R 以外の条件集合の重心点 X_C を求める
- 点 X_R から X_C を通る直線上に試行点 X_T を取る
 $X_T = X_C + A(X_C - X_R)$ $A: 1.3$
- X_T の評価値が X_G より低ければ、 A の値を10%小さくして点 X_T を再作成し、大きければ次に進む
- 評価値の最も低い条件 X_R を X_T に置き換え、新たに条件集合を作成
- (2)~(6)を繰り返して、収束が得られたら計算を終了

最適化手法—GA (遺伝的アルゴリズム)

初期集団形成

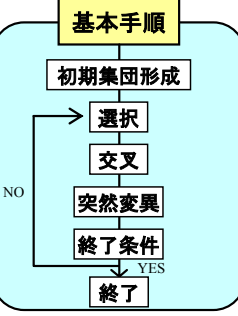
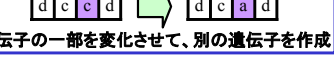


交叉(例:1点交叉)



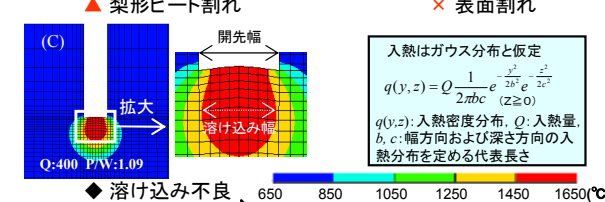
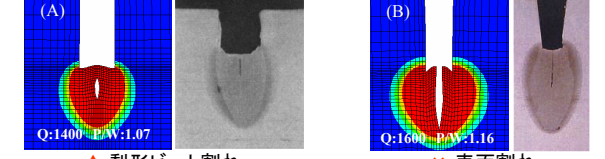
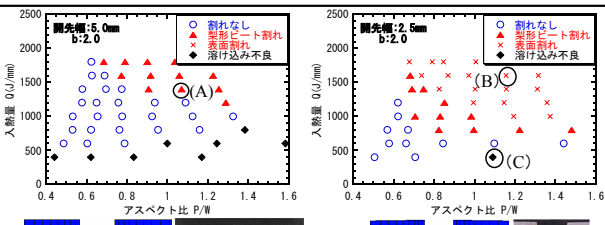
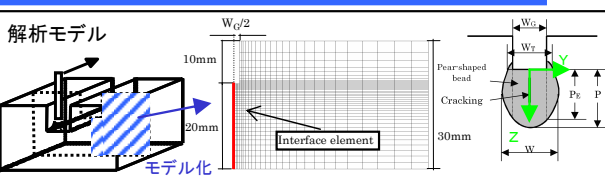
「選択」された中の遺伝子から、新しい遺伝子を作成

突然変異



狭開先溶接時の高温割れ解析結果

-入熱量・溶け込み形状のアスペクト比 P/Wの影響-

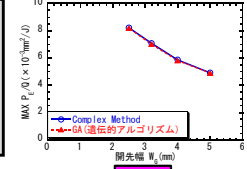


入熱量 **大きい** → 梨形ビード割れ発生
アスペクト比 **さらに大きい** → 表面割れ発生

狭開先溶接時における溶接条件の最適化計算結果

W_G (mm)	Complex Method 結果						$(P_E/Q)_{max}$ (mm ² /J)	GA (遺伝的アルゴリズム) 結果						$(P_E/Q)_{max}$ (mm ² /J)	
	Heat input parameters	Size of penetration shape						Heat input parameters	Size of penetration shape						
	Q (J/mm)	b (mm)	c (mm)	W _T (mm)	P _E (mm)	P _E /W _T		Q (J/mm)	b (mm)	c (mm)	W _T (mm)	P _E (mm)	P _E /W _T		
5.0	1166	2.04	5.33	5.07	5.73	1.13	4.91×10^3	5.0	1109	2.01	5.05	5.05	5.43	1.08	4.89×10^3
4.0	916	1.51	5.05	4.00	5.37	1.34	5.86×10^3	4.0	850	1.48	4.43	4.11	4.94	1.20	5.80×10^3
3.2	689	0.10	4.17	3.20	4.88	1.52	7.08×10^3	3.2	649	0.10	3.81	3.23	4.56	1.41	7.02×10^3
2.5	544	0.10	3.95	2.50	4.47	1.79	8.21×10^3	2.5	546	0.10	3.81	2.59	4.48	1.73	8.18×10^3

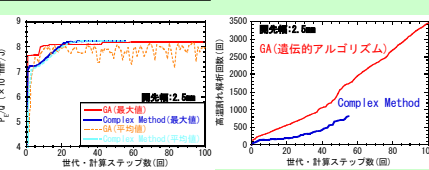
目的関数: Maximum P_E/Q
設計変数: {Q, b, c}
制約条件: 割れが発生しない
開先底は1450°C以上



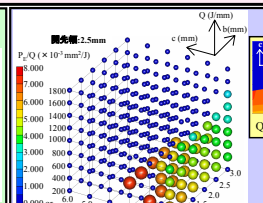
開先幅が狭いほど、少ない入熱量で効率的に深い溶け込みが得られる

求めた P_E/Q の最大値は、両手法ともほぼ同じ値

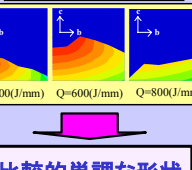
最適化手法比較



GAのほうが P_E/Q の最大値の探索が遅い



目的関数分布



比較的単調な形状

解析条件を実施工に近づける

目的関数の複雑化

結論

- 入熱量および溶け込み形状が大きい場合に、梨形ビード割れが発生しやすいことが分かった
- 本手法の適用で、開先幅が狭いほど、効率良く深い溶け込みが得られることが確認できた
- 今回の解析においては、目的関数分布が単調な形状であったため、Complex MethodおよびGAを用いた解析結果の双方から得られる目的関数値は同程度であったが、計算時間の点からComplex Methodの方が有利であることを確認した