

研究の背景と目的

拘束治具
鋼橋等の現場溶接時、溶接部の開先形状保持を目的として拘束治具が設置される。



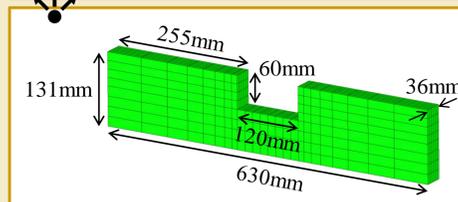
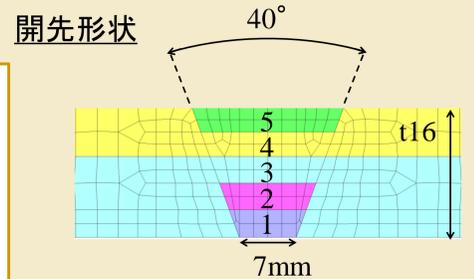
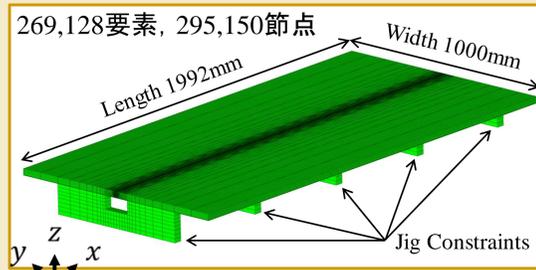
拘束治具自体の剛性による溶接変形低減効果も期待される

- 問題点**
- 拘束治具が溶接変形に及ぼす影響に関して数値解析的に検討した事例は少ない
 - 設置間隔や形状・寸法は現場の勘や経験に頼る部分が多い

研究目的

- 拘束治具の溶接変形低減効果の定量的検討
- 低減効果を高めるための寸法の変更方法の提案

解析条件

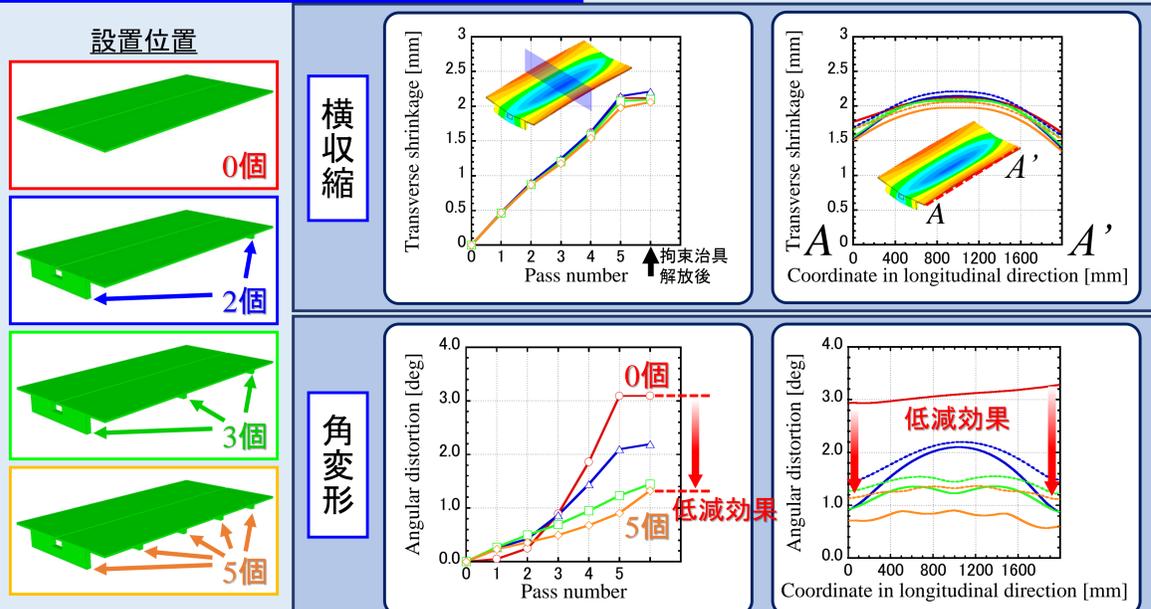


各パスの入熱条件

パス番号	電流 [A]	電圧 [V]	溶接速度 [mm/sec]	入熱量 [kJ/mm]
1	150	20	2.05	1.46
2	280	30	5.07	1.66
3	290	31	4.25	2.12
4	290	33	3.12	3.07
5	290	34	2.75	3.59

拘束治具の溶接変形低減効果

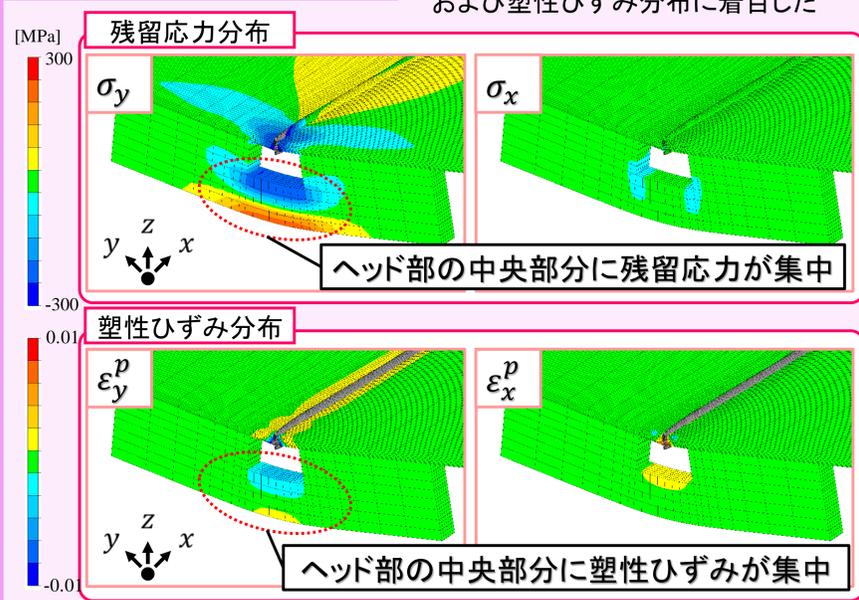
拘束治具の個数の違いが溶接変形低減効果に及ぼす影響に関する検討



特に角変形について局所的な効果が大きい

接合部の変形傾向

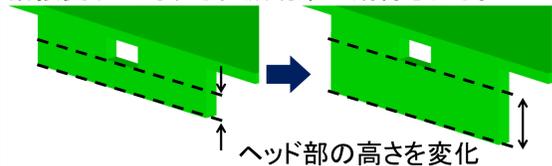
拘束治具接合部の残留応力分布および塑性ひずみ分布に着目した



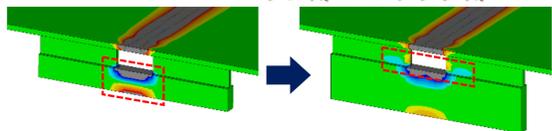
拘束治具のヘッド部に大きな曲げ変形が発生

溶接変形低減効果の向上

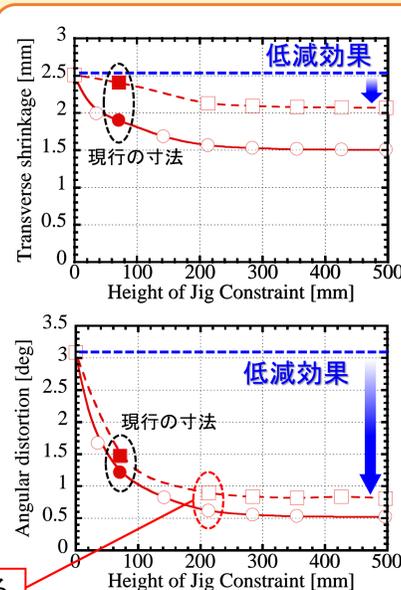
ヘッド部の曲げ剛性を高めることで溶接変形に対する低減効果が期待される。



変形箇所の変化 塑性ひずみの集中箇所がヘッド部からネック部にシフト



現行の寸法の2~3倍で十分な低減効果が得られる



変形傾向の把握から溶接変形低減効果を向上

溶接変形の簡易予測手法の開発

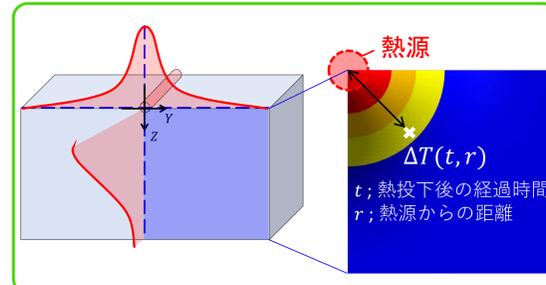
任意の条件(母材寸法, 開先形状, 拘束治具, 溶接条件etc.)に対応した, 実験も数値解析も要しない溶接変形の簡易予測手法の開発が求められる。

溶接時の温度上昇分布を瞬間線熱源を用いて次式で定義する

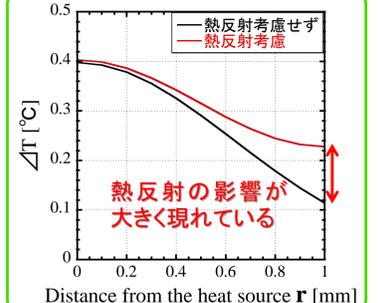
$$\Delta T = \frac{1}{(2\sqrt{\pi kt})^2 c_p} \exp\left(-\frac{y^2+z^2}{4kt}\right) + \frac{1}{(2\sqrt{\pi kt})^2 c_p} \sum_{n=1}^{\infty} r^n \left[\exp\left(-\frac{y^2+(2nh+z)^2}{4kt}\right) + \exp\left(-\frac{y^2+(2nh-z)^2}{4kt}\right) \right]$$

熱反射を考慮した項

瞬間熱源による温度上昇のイメージ



温度分布



熱反射を考慮した温度分布から溶接変形を算出する

簡易力学モデル

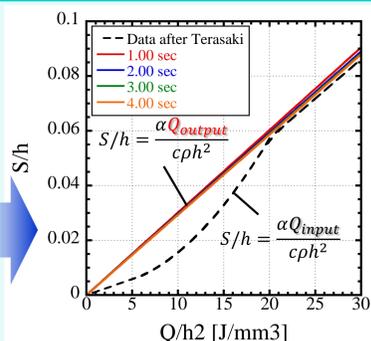
横収縮

温度上昇の分布から溶接線垂直方向の断面全体の保有熱量を算出

$$Q_{output} = \int_0^r c_p \Delta T dv \quad [J/mm]$$

保有熱量から算出した固有収縮量を横収縮とする

$$S = \frac{\alpha Q_{output}}{c_p h} \quad [mm]$$



Q/h²が小さい場合の拘束の効果について考慮する必要あり

角変形

収縮量

$$S = \alpha \Delta T B_w$$

収縮量S(z)に対する収縮力P(z)

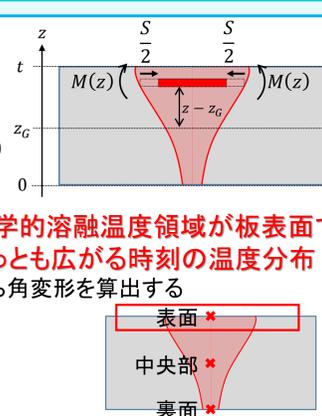
$$P(z) = \frac{S(z)EA}{B_w}$$

曲げモーメントM(z)

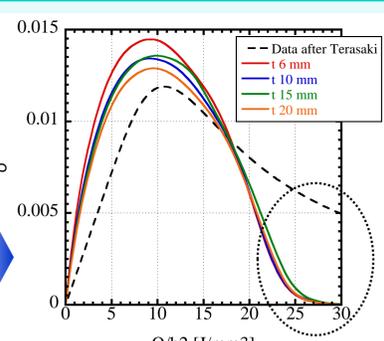
$$M(z) = P(z) \times (z - z_G)$$

角変形δ

$$\delta = \frac{B_w}{EI} \int_0^h M(z) dz$$



力学的溶融温度領域が板表面でもっとも広がる時刻の温度分布から角変形を算出する



Q/h²が大きい場合の角変形量の差について検討中

結言

拘束治具の個数の違いが溶接変形低減効果に及ぼす影響に関して検討した結果, 横収縮に対しては効果が小さいが, 角変形に対しては局所的に大きな低減効果が得られることが確認された。その際, 拘束治具のヘッド部に残留応力が集中し大きな曲げ変形が生じていることが確認された。したがって, ヘッド部の変形傾向を考慮し, 曲げ剛性が高まるようにヘッド部の寸法を変化させることによって, 拘束治具の溶接変形低減効果をさらに高めることができるという可能性を解析的に示すことができた。また, 熱反射を考慮した瞬間線熱源から算出した温度分布より, 横収縮・角変形を算出するための簡易力学モデルを示した。