

溶接変形の予測と制御



研究ノート

金 裕 哲*

Estimation and Control of Welding Deformation

Key Words : Welding deformation, Residual stress, Plastic strain, Large deformation, FEM modeling

1. はじめに

溶接すると、必然的に溶接変形、残留応力が生じる。薄板の溶接では、鋼構造物の美観性、製作精度などに大きな影響を与える面外変形が残留応力に比べ、重要となる。このため、橋梁や船舶など、鋼構造物の製作工程で生じる面外変形は、熟練技術者による個人技能、勘などにより矯正されるのが一般的である。ところが、熟練技術者は減少の傾向にあり、熟練技術者の技能、勘に代わり、これらを系統的に処理できるシステムの構築が望まれている。

これに関連し、ここでは、熱弾塑性大変形解析結果を基本として、薄板の突合せ溶接で生じる面外変形、残留応力・塑性ひずみに及ぼす初期たわみの影響について述べる。

2. 初期たわみが溶接面外変形、残留応力・塑性ひずみに及ぼす影響

解析は、長さ $L = 600(\text{mm})$ 、幅 $B/2 = 300(\text{mm})$ 、板厚 $h = 6(\text{mm})$ の2枚の長方形板を

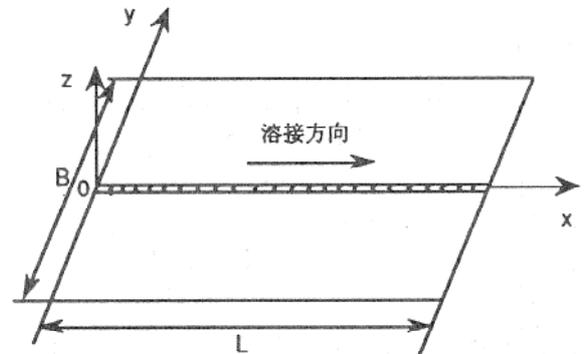


図1 解析モデル

突合せ溶接する場合に対して行った(図1)。

溶接条件は、入熱量 $Q = 900(\text{J}/\text{mm})$ 、溶接速度 $v = 3(\text{mm}/\text{s})$ であり、開先はI開先である。

なお、初期たわみの形状は図2に示す三つのタイプ：Type I, Type II, Type III であり、最大初期たわみの大きさは $5(\text{mm})$ である。

2.1 温度分布

非定常熱伝導解析を行い、熱源の移動に伴う温度履歴を求めた¹⁾。応力解析では、初期たわみ形状に関係なく、同じ温度履歴を用いた。

2.2 初期たわみが面外変形に及ぼす影響

初期たわみ形状 (Type I, Type II, Type III) を変化させ、熱弾塑性大変形解析で得られた z 方向の変位 (面外変位) w を図3に示す。

面外変位の大きさは：Type II < Type I << Type III の順序となっている。すなわち、Type II の初期たわみが最も小さい面外変位を生じさせる。また、初期たわみ形状が同じであ

* You-Chul KIM
1948年2月3日生
1978年大阪大学大学院工学研究科
博士課程修了、造船学専攻
現在、大阪大学溶接工学研究所、
溶接構造体部門、助教授、工学博
士、弾塑性力学、溶接工学
TEL 06-879-8657
FAX 06-879-8689
E-Mail kimyc@jwri.osaka-u.
ac.jp



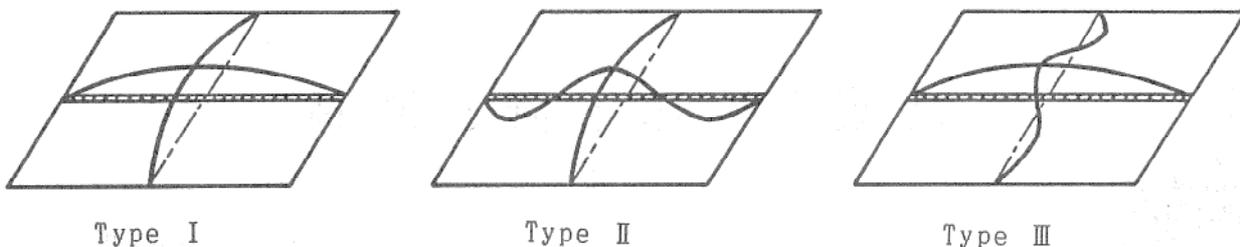


図2 初期たわみ形状

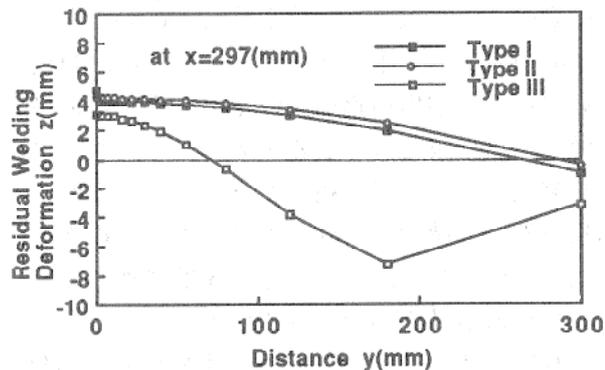
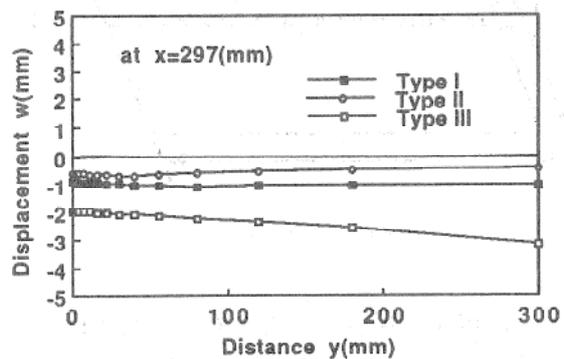
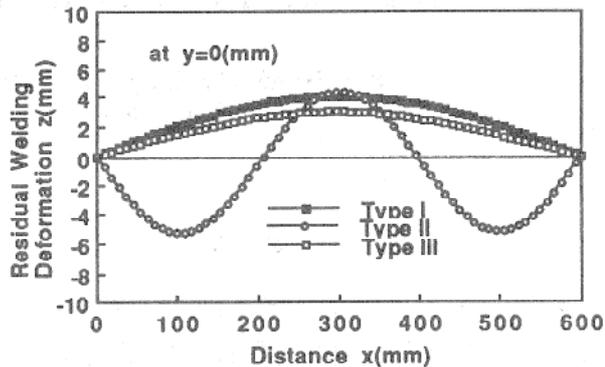
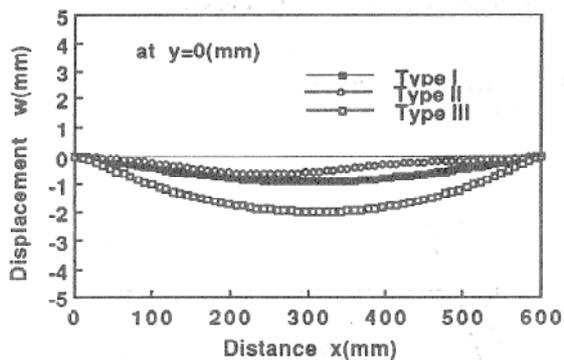


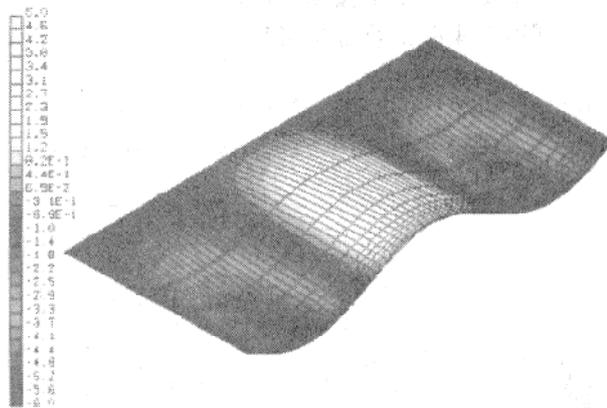
図3 面外変位

(a) 面外変形

れば、生じる面外変位は、大きさに差はあるが、同じ傾向を示すようである。

以上から、溶接に伴う面外変位は初期たわみ形状の影響を大きく受ける。また、初期たわみが溶接線方向にうねっていると生じる面外変位は小さいが、溶接線直角方向にうねっていると面外変位が大きくなることがわかった。

次に、突合せ溶接で生じる残留変形を図4に示す。図4(a)によれば、全体として、面外の残留変形はType Iが最も小さい。Type IIは、面外の変位が最も小さかったため、溶接線方向の初期たわみ形状がそのまま残留変形となっている。また、Type IIIの場合、溶接金属 ($y=0$ (mm)) における溶接線方向の変形は小さいが、溶接線直角方向において、初期たわみ形状を助



(b) 残留変形 (Type II)

図4 面外変形と残留変形

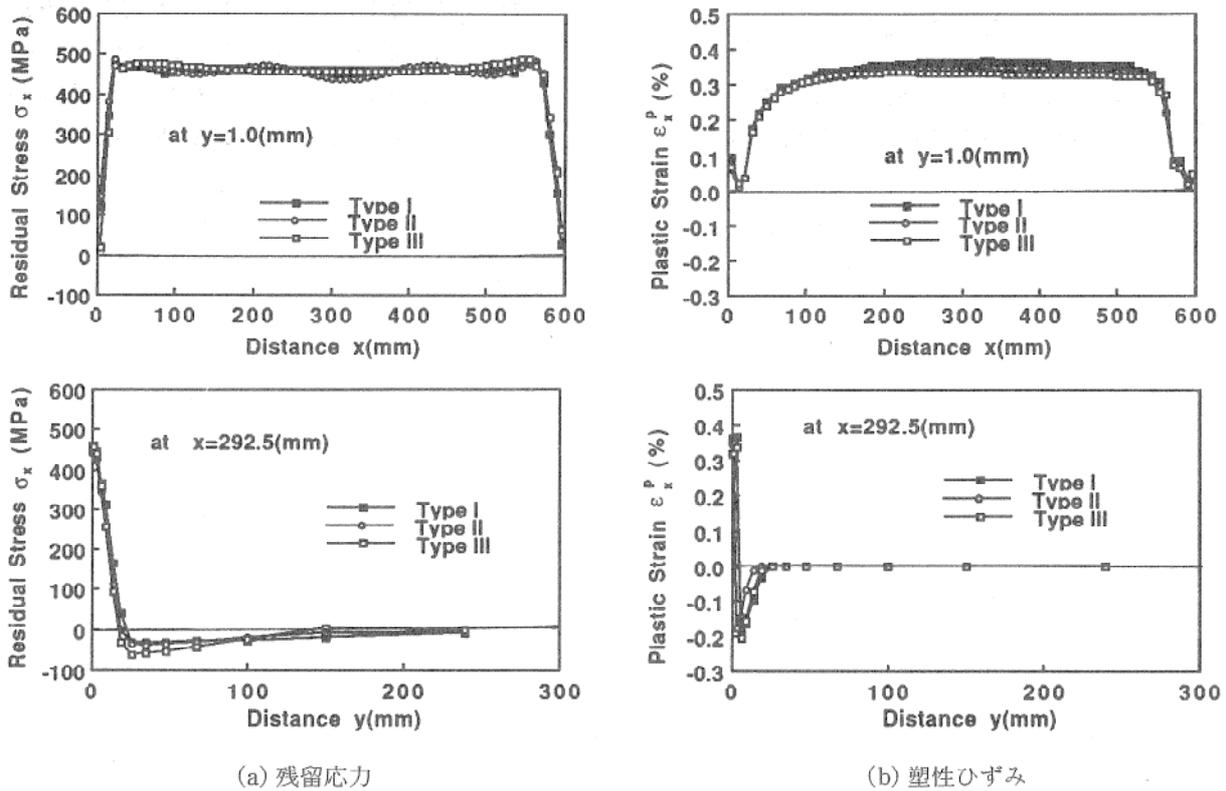


図5 残留応力・塑性ひずみ分布

長するような大きな変形が残留する。

以上より、面外変位 w に注目すると、Type II の変位が最も小さかったが、残留変形は Type I が最も小さい。これは、溶接変形の防止、あるいは制御を行う際、指標によっては異なった評価となる可能性があることを示唆している。

また、Type II の初期たわみを有する板の突合せ溶接で生じる残留変形の一例を、図 4(b) に示す。過渡状態をも含め、この種の表示²⁾により、板全体の変形挙動が詳細に検討でき、結果として、溶接変形の生成機構が明らかになるものと考えている。

2.3 初期たわみが残留応力・塑性ひずみに及ぼす影響

何ら拘束のない 2 枚の板を突合せ溶接する場合、溶接線に直角方向の応力成分 σ_y および塑性ひずみ成分 ϵ_y^p は小さい¹⁾。ここでは、溶接線方向にのみ注目することにする。

溶接線方向応力成分 σ_x を図 5(a) に示す。結果によれば、残留応力は初期たわみ形状の相違によらず、ほぼ同じ分布となっている(過渡状態においても同様であった)。

溶接線方向塑性ひずみ成分 ϵ_x^p を図 5(b) に示す。結果によれば、 ϵ_x^p は初期たわみ形状の影響はさほど受けないようである。また、塑性ひずみは溶接線近傍のみに生成されることがわかる。

以上、初期たわみは残留応力・塑性ひずみには影響を及ぼさないことがわかった。

3. おわりに

ここでは、熟練技術者の技能、勘に代わり、溶接変形を予測し、これを防止、あるいは制御するシステムの構築を最終目的として、著者らが行っている研究成果の一部を紹介した。

近年、計算機は長足の進歩を遂げ、ここで示した解析が可能となってきた。現状では、これらの結果を得るのに、WS で 1 ケース 4 ~ 6 日を要するが、過去、この種の解析ができなかったことを思うと、感慨深いものがある。いずれにせよ、溶接変形の予測、防止、制御といった難問題を解決するべく、研究に着手したばかりではあるが、これらの集大成であるシステムの構築を目指し、さらに研究を進めている。

参 考 文 献

- 1) 金, 朴, 井元, 堀川: 薄板溶接で生じる溶接変形・残留応力に及ぼす初期たわみの影響, 溶接学会講演概要集, 第56集(1995)
- 2) 金, 張, 堀川: 溶接に伴う応力生成機構のコンピュータグラフィックスによる視覚化, 溶接学会講演概要集, 第57集(1995)

