

柱-柱継手の食違い補強肉盛溶接による熱歪解析
(その2. FEM解析)

正会員 ○濱田 弘行*1 正会員 横田 和伸*2 正会員 藤田 哲也*3
梅野 光弘*4 同 塙 亨 *5 同 護 雅典 *6
同 石原 完爾*7 岩下 義春*8

柱-柱継手 食違い 補強肉盛溶接
熱歪 伝熱解析 FEM 解析

1. はじめに

その1では、FEM解析で必要となる伝熱境界条件を設定するための测温実験を行い、伝熱境界条件を定めた。その境界条件でのFEM解析の温度分布及び歪値は、溶接施工後の歪量の実測結果とFEM解析値はほぼよい対応を示し、FEM解析により補強肉盛溶接による歪性状を概ね把握できることを示した。その2では、中小規模の建物の柱サイズの最大に近い断面として□-500x500の角形鋼管を想定し、食違い量を板厚の1/3とした場合のFEM解析を行い、肉盛溶接補強による歪及び応力分布を示す。

2. FEM解析概要

解析は、母材板厚差(補強溶接量)の影響を考察するために、表-1に示す板厚を違えた3ケースについて2次元解析を実施する。さらに□-500x500x22の角形鋼管を想定した3次元モデルの解析を行った。

本解析の解析フローを図-1に示す。

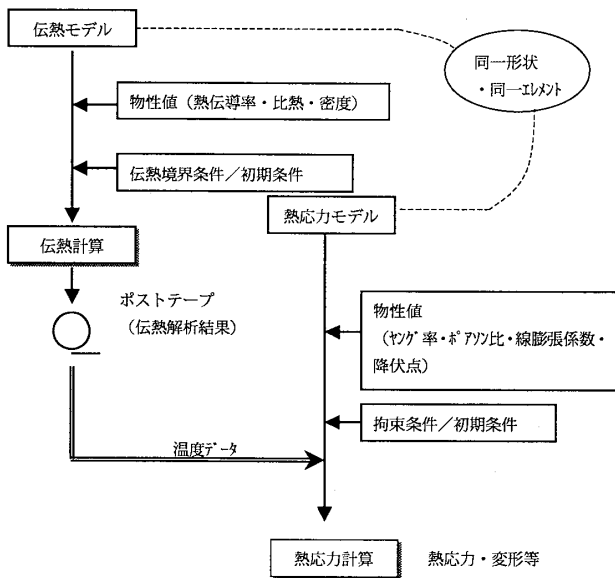


図-1. 解析フロー

2-1. 解析モデル

- ・柱長さ: 2000mm
- ・使用プログラム: MSC. Marc (非定常伝熱解析と弾塑性解析)
- ・使用要素
 - 2次元解析 伝熱計算: 4辺形伝熱要素
 - 応力計算: 一般化平面ひずみ要素
 - 3次元解析 ソリッド要素
- ・応力計算境界条件(拘束条件): 上端、下端完全拘束
- 物性値は、以下に示す。
 - ・比熱 : 0.12 kcal/kg・°C ・ポアソン比: 0.3
 - ・密度 : 7850kg/m³ ・線膨張率: 1.2x10⁻⁵

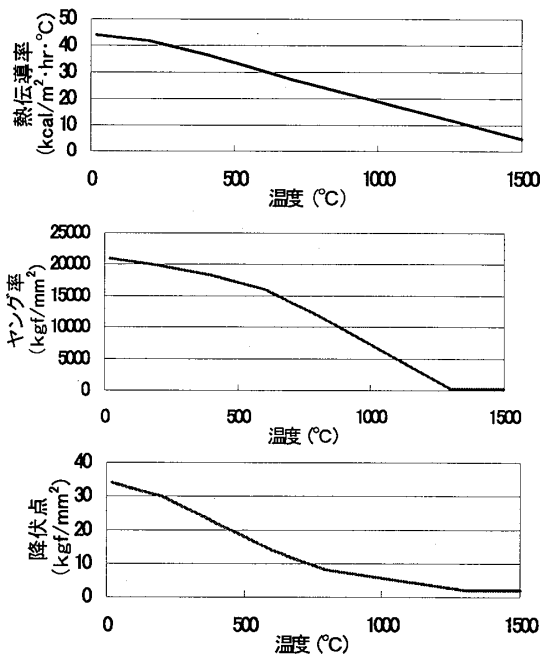


図-2. 物性値

表-1. 解析ケース

柱断面	D/t	種別	e _m	a	g	補強長さ
			(mm)	(mm)	(mm)	
□-500x500x22	22.7	FA	7.0	7.0	22.5	80.0
□-500x500x16	31.3	FB	5.0	5.0	18.5	80.0
□-500x500x14	35.7	FC	4.5	1.0	17.0	80.0

3. 解析結果

その1 (表-3 の CASE4) で示した伝熱境界条件 (熱伝達率及び雰囲気温度等) を用いて、溶接熱履歴を考慮せず肉盛溶接部をまとめて盛った条件で FEM 解析を行った。

3-1. 伝熱解析結果

表-2 に 2次元解析各ケースの母材外側表面と母材内側表面の温度の最大値を示す。図-3 に $t=22\text{mm}$ における板厚方向温度変化を示す。解析によれば、板厚が薄くなるに従い短時間で外側及び内側の温度差が平衡し 30~60sec で母材外側及び内側の温度差がほぼなくなる。

表-2. 各ケースの最大温度

板厚 t (mm)	食違い量 e_m (mm)	最大温度	
		① 母材外側表面	② 母材内側表面
22	7.0	690°C	335°C
16	5.0	800°C	470°C
14	4.5	815°C	515°C

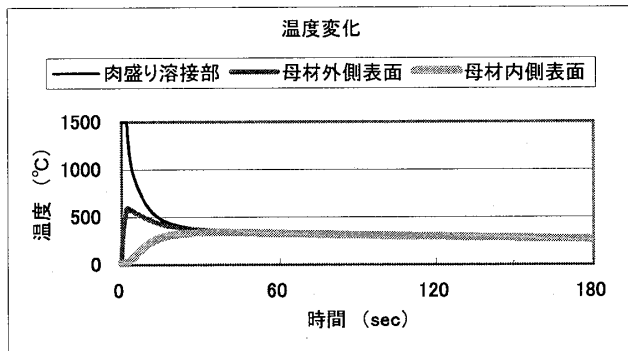


図-3. 板厚方向の温度変化 ($t=22\text{mm}$)

3-2. 熱応力解析結果

各ケースの板厚方向の最大変形量を表-3 及び図-4 に示す。変形の最大値は、溶接量 (補強肉盛量) に比例し、2次元では板厚の 1/6、食違い量の 1/2 程度の変形を生じている。また、3次元解析では、2次元解析より最大変形量は 30% 大きな値となっている。これは 3次元解析では、板幅方向の変形が影響しているためと考えられる。なお変形の最大点は 2次元、3次元解析ともほぼ同じ点であった。

表-3. 板厚方向の最大変形量

板厚 t (mm)	食違い量 e_m (mm)	e_m/t	板厚方向 最大変形量 δ_{\max} (mm)	δ_{\max}/t	δ_{\max}/e_m
2次元解析					
22.0	7.0	1/3.14	3.44	1/6.40	1/2.03
16.0	5.0	1/3.20	2.44	1/6.56	1/2.05
14.0	4.5	1/3.11	2.30	1/6.09	1/1.96
3次元解析					
22.0	7.0	1/3.14	4.54	1/4.85	1/1.54

図-5、6 に板厚 22mm の場合の板厚方向応力 (σ_x) と柱軸方向 (σ_z) の応力分布を示す。2次元解析の 3 ケースの歪分布及び応力分布は同様の傾向を示し、肉盛溶接金属 1 層目の補強肉盛の端部に接する部分に応力が集中する傾向にあり、その部分で最大値を示している。

4. まとめ

本解析の結果を実際の溶接施工モデル等で確認していないが、解析により判明した継手部食違い補強肉盛溶接による局所的な歪の傾向は、補強肉盛溶接量に比例し、場合によっては板厚の 1/6 以上または食違い量の半分 ($e_m/2$) 以上の変形を生じる結果が得られた。また、残留応力は、補強肉盛溶接金属の上下端部に接する部分で大きくなる傾向を示し、1 パスおよび最終パス溶接部の処理と形状の管理が重要であることを示している。

なお、本研究は AW 検定協議会 研究評価委員会 WG6 において行われたものである。

参考文献 1) 突合せ継手の食違い及びアンダーカットの検査方法及び補修・補強方法 (柱溶接継手編) 2002.6 : 告示 1464 号検討委員会編

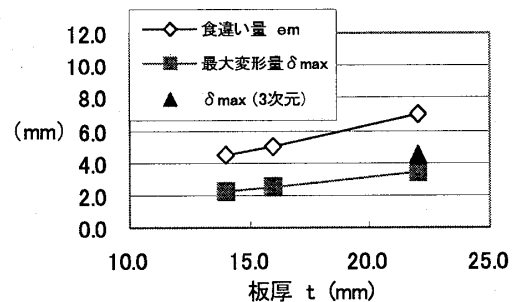


図-4. 板厚・食違い量と最大変形量の関係 (2次元解析)

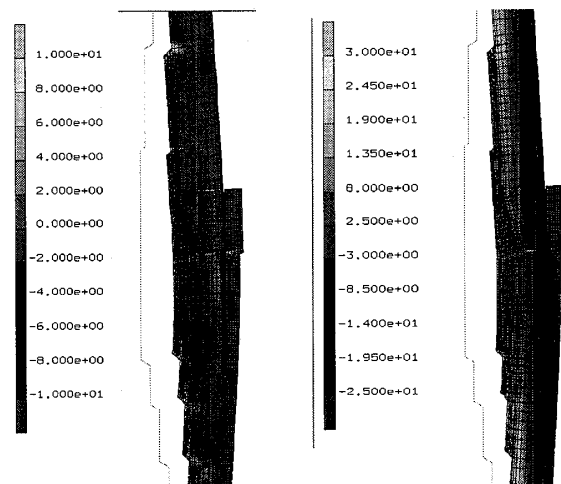


図-5. 2次元解析 ($t=22\text{mm}$) の板厚方向応力 (σ_x) 分布

図-6. 2次元解析 ($t=22\text{mm}$) の柱軸方向応力 (σ_z) 分布

*1 熊谷組 (株)

*2 NTT ファシリティーズ (株)

*3 榊日本設計 博士 (工学)

*4 安藤建設 (株)

*5 戸田建設 (株)

*6 榊竹中工務店

*7 NTT 都市開発(株)

*8 川鉄テクノリサーチ(株)

*1 Kumagai Gumi Co.,Ltd.

*2 NTT Facilities Inc.

*3 Nihonsekkei Inc.,Dr. Eng.

*4 Ando Corporation Inc.

*5 Toda Corporation Inc.

*6 Takenaka Corporation Inc.

*7 NTT Urban Development Co.

*8 Kawasaki Steel TechnoResearch Co.