

柱-柱継手の食違い補強肉盛溶接による熱歪解析
(その1. 測温実験)

正会員 ○埜 亨 *1 正会員 濱田 弘行*2 正会員 藤田 哲也*3
梅野 光弘*4 同 横田 和伸*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 測温実験 FEM 解析

1. はじめに

平成12年建設省告示1464号において食違い・ずれに関する許容値が規定されたが、許容値を超えた食違いが発生した場合、どこまで補強が許容されるのか、どのような補強を許容するのかについては明確な判断基準が無い状況であった。食違いが生じて修正が困難な場合、慣用的には肉盛溶接により補強する方法が用いられていたが、柱溶接継手に関しては参考文献1)でその補強方法が提案されている。

本報では柱-柱継手における補強肉盛溶接の入熱による影響をFEM解析により明らかにすることを目的としている。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測温実験結果について報告する。

2. 測温実験概要

2-1. 測温実験の目的

柱-柱継手における食違いの補強肉盛溶接による熱歪量をFEM解析により定量的に把握するためには、適切な伝熱境界条件の設定が必要となる。そのため、補強肉盛溶接を想定した溶接施工を行い、溶接の界面及び周辺の温度分布を実測することにより、解析に必要な外面、内面の熱伝達率、及び最高温度での保持時間を設定するものとする。

さらに測温実験において溶接施工後の歪計測を行い、FEM解析値と比較することにより、解析の妥当性についても検証する。

2-2. 試験体

□-500x500x22の柱断面の溶接継手部を想定し、食違いが板厚の1/3生じた場合(食違い量 $e_m=1/3 t$)の補強肉盛溶接を下式で算定した。

$$b = e_m + (t_2 - t_1) / 2$$

$$a = \sqrt{(1 + 2(b/t_1)) - (t_2/t_1)} \cdot t_1$$

$$L = 2.5 \cdot (a + d) + g$$

$$g = t_1 \cdot \tan \theta + G$$

$$L_1 = 0.55 \cdot (1 - 9/40 \cdot t_1/b) \cdot D$$

算定結果を表-1に示す。また表-1に基づいた補強肉盛溶接の積層図を図-1に示す。

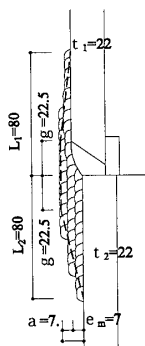


図-1. 肉盛溶接積層図

表-1. 補強肉盛溶接諸元

柱断面	D/t	e_m (mm)	a (mm)	g (mm)	L_1, L_2 (mm)	L (mm)	補強長さ max(L, L1, L2)
□-500x500x22	22.7	7.0	7.0	22.5	80.6	55.4	80.6→80.0

測温実験試験体は想定柱断面(□500)の1/2程度をモデル化した幅1100mm、厚さ22mmの平板試験体とした。図-2に試験体形状を示す。図中の熱電対①、③、⑤は表面下2mmの位置に、②、④、⑥、⑦は溶接裏面に取り付けた。熱電対は1600℃までの温度計測が可能な白金ロジウムを使用した。また図-2の試験体中心を通る破線部分の位置に、水糸を張り歪計測を行った。

2-3. 溶接条件

補強肉盛溶接の溶接条件は下記による。

- CO2 半自動溶接
- 姿勢：横向き姿勢
- 使用ワイヤ：YGW18 1.2φ
- 電流：220~240A、電圧：24~26V、速度：50~60cm/min
- 入熱量：5.4~7.5kJ/cm
- 積層方法：3層45パス
- 室温：22℃

2-4. 測温実験結果

熱電対による測温結果を表-2に示す。表-2に示す温度は各部位での最高温度を示している。

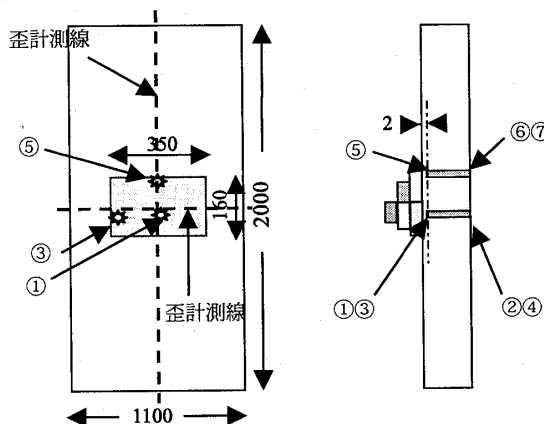


図-2. 試験体形状と熱電対位置

3. 伝熱解析

FEM 解析に必要な伝熱境界条件を設定するために、2次元伝熱計算のパラメトリックスタディを行い各パラメーターを設定した。伝熱計算は肉盛溶接3層をまとめて盛ったモデルで解析した。解析結果を表-3に示す。表-3より、測温実験結果との対応が最も良いのはCASE4(雰囲気温度： $\theta=20^{\circ}\text{C}$ 、熱伝達率： $\alpha=20\text{kcal/m}^2\text{hr}^{\circ}\text{C}$ (溶接金属部外面)、 $\alpha=5\text{kcal/m}^2\text{hr}^{\circ}\text{C}$ (母材部外面・内面)、 1500°C での保持時間：2sec)であった。

4. 歪量の計測値とFEM解析値の比較

歪量の計測値とFEM解析値(FEM解析のモデル化はその2を参照)の比較を図-4、図-5に示す。FEM解析はCASE4での伝熱境界条件を用い、平板試験体の熱応力解析を行った。最大変形は板の中央部で発生しており、実測値が14.5mm、解析値が13.3mmと概ね一致している。また長さ方向、幅方向とも実測値と解析値の歪分布は良い対応を示している。

5. まとめ

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に測温実験を行った。その結果、伝熱解析において以下の条件を仮定することにより測温実験の温度分布と概ね一致することを確認した。

・熱伝達率及び雰囲気温度

外面(溶接金属部)： $\alpha=20\text{kcal/m}^2\text{hr}^{\circ}\text{C}$ $\theta=20^{\circ}\text{C}$

外面(母材部)： $\alpha=5\text{kcal/m}^2\text{hr}^{\circ}\text{C}$ $\theta=20^{\circ}\text{C}$

内面： $\alpha=5\text{kcal/m}^2\text{hr}^{\circ}\text{C}$ $\theta=20^{\circ}\text{C}$

・溶接金属部を 1500°C で2sec保持

表-2. 各部位での測温結果

層数	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
1層	690	335	550	300	110	100	95
2層	520	365	300	320	620	395	280
3層	420	320	260	230	350	320	230

表-3. 伝熱計算のパラメトリックスタディ結果

		CASE1	CASE2	CASE3	CASE4	測温実験
熱伝達率 α ($\text{kcal/m}^2\text{hr}^{\circ}\text{C}$)	外面(溶接部)	10	5	5	20	—
	外面(母材部)	10	5	5	5	—
	内面	1	5	5	5	—
雰囲気温度 θ ($^{\circ}\text{C}$) (外面・内面)		20	20	20	20	—
最高温度での保持時間 (sec)		0	1	3	2	—
①の温度 ($^{\circ}\text{C}$)		408	600	760	673	690
②の温度 ($^{\circ}\text{C}$)		180	280	370	340	335

また測温実験後の歪量の実測結果とFEM解析値はほぼよい対応を示しており、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と考えられる。

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

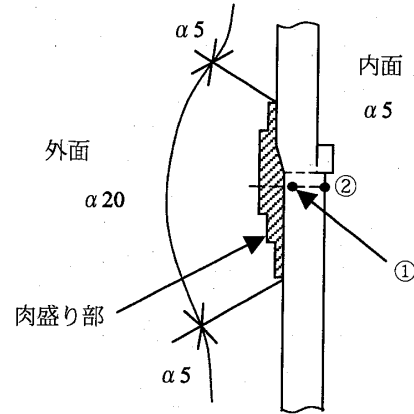


図-3. 伝熱解析モデル

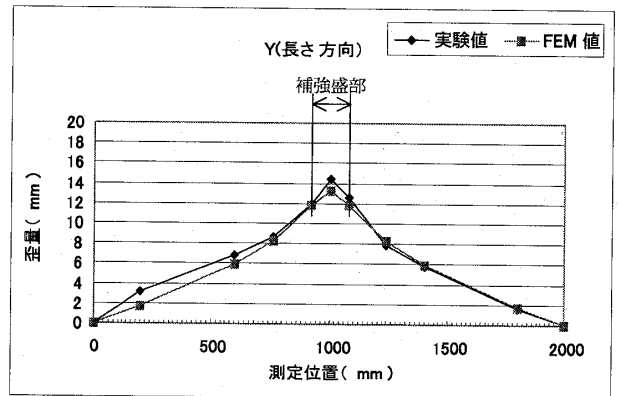


図-4. 歪量の比較(長さ方向)

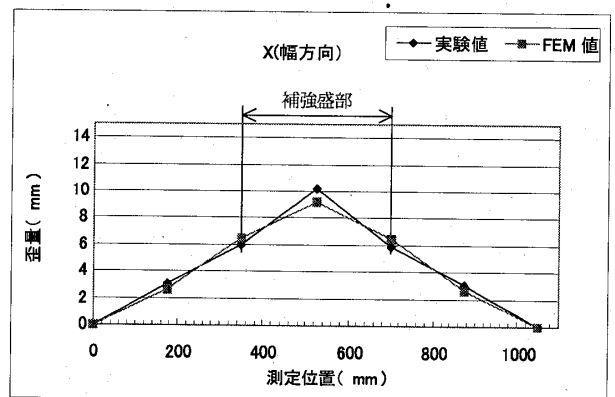


図-5. 歪量の比較(幅方向)

*1 戸田建設(株)

*2 熊谷組(株)

*3 (株)日本設計 博士(工学)

*4 安藤建設(株)

*5 NTTファシリティーズ(株)

*6 (株)竹中工務店

*7 NTT都市開発(株)

*8 川鉄テクノロジー(株)

*1 Toda Corporation Inc.

*2 Kumagai Gumi Co., Ltd.

*3 Nihonsekai Inc., Dr. Eng.

*4 Ando Corporation Inc.

*5 NTT Facilities Inc.

*6 Takenaka Corporation Inc.

*7 NTT Urban Development Co.

*8 Kawasaki Steel TechnoResearch Co.