

建築鉄骨の現場溶接時の収縮変形に関する研究 (その2)

—鉄骨全体の變形に及ぼす溶接による収縮變形の影響—

中 辻 照 幸 高 橋 正 明
小早川 恵 実 小 川 雄 一郎
藤 盛 紀 明

§ 1. はじめに

ウェブを高力ボルト接合し、フランジを溶接接合する混用継手は、現場の柱・梁継手に多く用いられている。この接合形式に着目し、前報¹⁾ではフランジ溶接時の溶接部近傍の収縮変形挙動について、基礎的な理論解析と実大模型実験を行なった結果を報告した。

本報では、①溶接時に生じる溶接部近傍の収縮量(以下、局部収縮量という)、②局部収縮量が鉄骨全体の變形に及ぼす影響、③溶接作業の方向性(以下、溶接順序という)、④調整スパンの効果等について現場調査した結果を述べる。さらに、鉄骨全体の變形を定量的に評価するための数値解析法を明らかにし、その解析方法を用いて種々の溶接順序が鉄骨全体の變形に及ぼす影響について検討した結果を述べる。

現場実測は、中高層鉄骨建築物1棟(HPC工法)と超高層鉄骨建築物1棟について行ない、数値解析には有限要素法(プログラム名: NASTRAN)を用いた。

なお、本論文で用いる用語の定義は表一に示す。

用語	定 義
局部収縮量	溶接による溶接部近傍(標点距離80~100mm)の収縮量
相 対 変 位 量	ウェブ高力ボルト締付け完了後、梁フランジ溶接前の鉄骨建入れ精度と溶接完了後の鉄骨建方精度の差。すなわち、溶接のみによる鉄骨柱のたおれ。
溶 接 順 序	溶接作業の方向性。同一階におけるスパン方向(水平方向)の溶接順序と、多層1節の場合の層方向溶接順序がある。
調 整 ス パ ン	溶接による相対変位量の累積を緩和するために建物を平面的に分割するように設けるスパンで、溶接中は仮ボルトで接合しておき、溶接完了後にウェブとフランジを高力ボルトで接合する。溶接は使用しない。

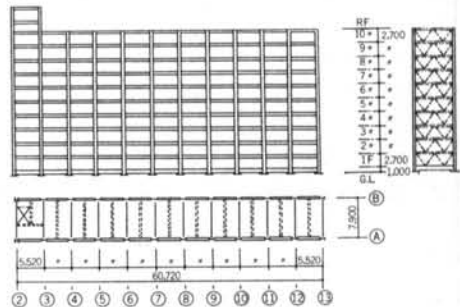
表一 用語の定義

§ 2. 現場実測計画

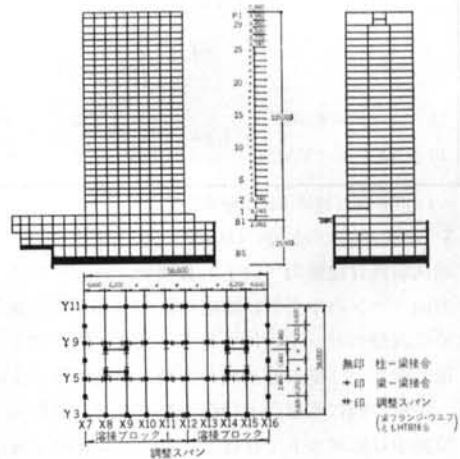
2.1 実測対象建築物の概要

鉄骨の精度を実測した建築物の概要は図一、図二および表二に示す。

図一は、HPC工法を用いた中高層鉄骨建築物(以下、A建物という)であり、鉄骨建方は2層1節で行なった。2層の梁の建入れ完了後、間仕切り壁・床版の建入れの関係から、下から1層ずつ本接合(ウェブ高力ボルト締付け後フランジを溶接する)を行なった。図一



図一 中高層鉄骨建築物(A建物)概要



図二 超高層鉄骨建築物(B建物)概要

	A 建物	B 建物
建物規模	地上10層, 高さ28m, 60.720m×7.900m	地下5層(SRC造), 地上30層(S造) 地上高さ120m, 56.600m×38.000m
柱形式	柱—H—500×200シリーズ	柱—地下—十字型
梁形式	梁—1階—H—900×200 —他階—H—500×200シリーズ	柱—地上—□—550×550~□—750×750 梁—標準H—825×250~400
現場接合	柱—フランジ部—溶接 —ウェブ部—高力ボルト 梁—フランジ部—溶接 —ウェブ部—高力ボルト	柱—十字型—全周溶接 —ボックス型—全周溶接 梁—フランジ部—溶接 —ウェブ部—高力ボルト —フランジ部—高力ボルト(調整スパン) —ウェブ部—高力ボルト(調整スパン)

表-2 現場実測した建物の概要

建物	節	溶接方法	溶接条件				梁部材 板厚 材質	溶接順序
			棒径 (ワイヤ)	電流 (A)	電圧 (V)	ガス流量 (l/min)		
A	1 5	手溶接 溶接棒LB-52	4φ	180	30	/	E14 E25 SM50A SS41	スパン方向 片押し 振分け
			5φ	250	30			
			6φ	350	30			
B	3 7	CO ₂ 半自動溶接 溶接ワイヤMG50	1.2φ	250 350	32 41	30 100	E16 E32 SM50A SS41	スパン方向 片押し 振分け ランダム 層方向 上↓層 下↓層 中↓層
			(4φ)*	160 180	25 27	/		
	8 10	手溶接 溶接棒L-55	5φ	240 260	30 32			
			6φ	320 340	32 35			
11 13	CO ₂ 半自動溶接 溶接ワイヤYM26	1.6φ	350 380	32 35	30 100			

* 4mmφ 棒は補修溶接で使用した

表-3 現場溶接の溶接条件(柱・梁、梁・梁接合)

は、超高層鉄骨建築物(以下、B建物という)であり、長手方向スパンの中央部に溶接による収縮変形を緩和するために調整スパンを設けてある。また、鉄骨建方は3層1節で行ない、梁の建入れが3層とも完了後、上層、下層、中層の順に本接合を行なった。なお、調整スパンは、溶接中は仮ボルトで接合しておき、溶接完了後にウェブとフランジを高力ボルトで本接合した。

2.2 現場溶接の概要

現場溶接には、A建物では手溶接、B建物では手溶接と炭酸ガス半自動溶接(CO₂溶接)を採用した。溶接条件を表-3に示す。また、溶接開先は図-3に示すように裏当て金付きレ型開先とした。なお、A建物ではフランジ端部にカバープレート(E6)が取り付けられている場合がある。

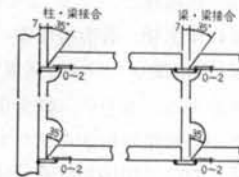


図-3 溶接開先標準図

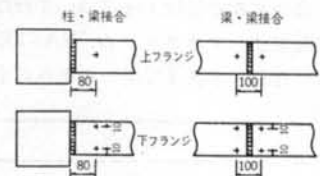


図-4 局部収縮量の測定点

2.3 測定項目および測定方法

測定は以下の項目について行なった。

a) 局部収縮量

A建物では全階の全柱・梁接合部の上・下フランジ、B建物では各節上層の全柱・梁接合部、梁・梁接合部の上・下フランジについて局部収縮量を測定した。測定方法は、図-4に示す位置にケガキ線を入れ、各標点間距離をウェブの高力ボルト締付け完了後と溶接完了後にノギスまたはノギスを改良したもので測定し、その差を局部収縮量とした。

溶接部の開先間隔は、通常のスチールテープでウェブの高力ボルト締付け完了後測定した。

b) 柱のたおれの測定

A建物では、建物の外周空地に設けた基準点をトランシットによって各階の梁上に移し、移した基準点と柱芯間を測定することによって柱のたおれを求めた。なお、基準点は2通りから13通りまでの各通りに設けた。

B建物では、建物内部の基準点を垂直器によって各節の柱天端に設けた治具に移し、移した基準点と柱芯間を測定することによって柱のたおれを求めた。基準点は、X7, X10, X13, X16通りとY3, Y5, Y9, Y11通りの交点に計16点設けた。

測定時期は、ウェブの高力ボルト締付け完了後で溶接開始前(建入れ時の鉄骨精度)に1度測定し、溶接完了後(最終的な鉄骨の建方精度)にも行なった。そして、両者の差が溶接による鉄骨の各柱の変位量(以下、相対変位量という)を示す。

なお、測定は気温の変化や直射日光による鉄骨の膨脹を考慮して早朝(6:30~8:30AM)に行なった。また、

測定期間はA建物の場合、昭和52年9月~11月、B建物の場合、昭和53年8月~昭和54年4月であった。

§ 3. 現場実測結果および考察

3.1 鉄骨の精度測定結果

図-5に、A建物の溶接開始前と溶接完了後の柱の位置を、図-6、図-7にB建物の溶接開始前と溶接完了後の柱の位置の例を示す。これらの図から、溶接によって柱のたおれが生じているのが分かる。

また、図-8はA建物の両妻(2通り、13通り)の鉄骨の最終的な納まりの位置を示したものである。1~3階までの柱は建物の内側に向かってたおれているが、4階以上の柱の建方精度はほぼ一定値に収束している。これは、梁の製作精度やウェブ高力ボルト穴のクリアラン

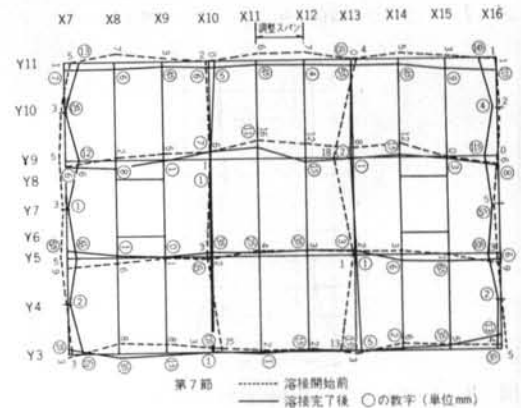


図-6 B建物の溶接前・後の柱の位置の例(平面図)

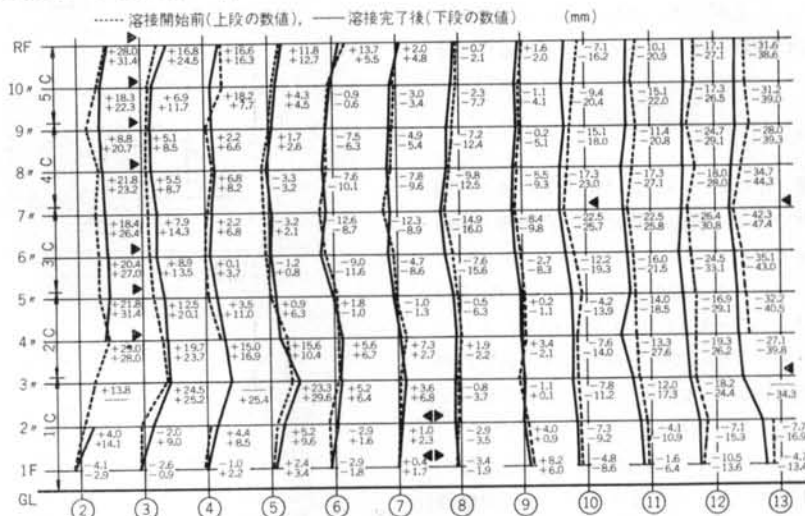


図-5 A建物の溶接前・後の柱の位置

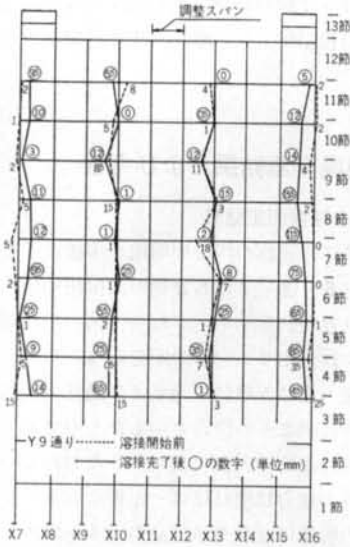


図-7 B建物の溶接前・後の柱の位置の例 (立面図)

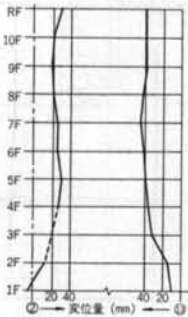


図-8 A建物の両妻の最終的な納まり

ス等から決まる建入れ時の最小スパン寸法に制約されるためと考えられる。したがって、溶接による収縮変形が生じても上層階では建物の精度はある値以下に確保できるのが分かる。

3.2 局部収縮量

図-9は、局部収縮量についてB建物の実測値と理論値を比較したものである。理論計算には、B建物で使用した溶接条件を採用した。

図-9に示すように、手溶接の局部収縮量については第1報¹⁾で示した局部収縮量(1.0~1.5mm程度)より今回の実測値の方が大きくなっているが、これはB建物のほとんどの継手で初層から大電流(5mmφ棒)を用いて溶接したためであると考えられる。

また、大電流を用いた場合、手溶接よりCO₂溶接の方の局部収縮量は小さいが、これは比溶融量が手溶接の約3mg/A・Sに対し、CO₂溶接の方は約6mg/A・Sと

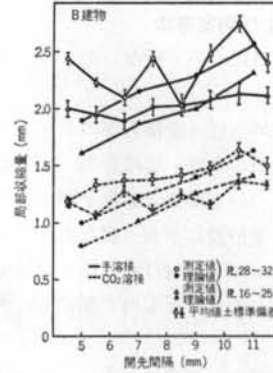


図-9 局部収縮量の実測値と理論値

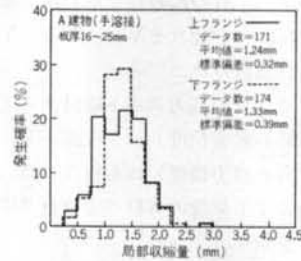
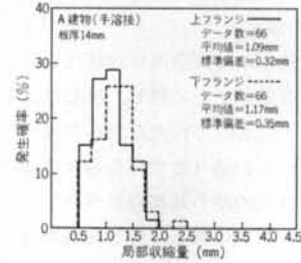


図-10 局部収縮量の分布 (A建物, 手溶接)

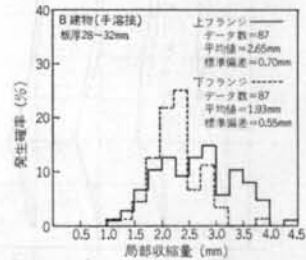
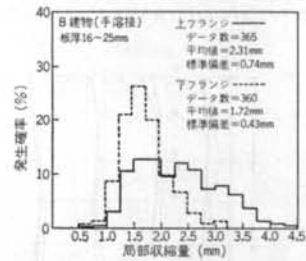


図-11 局部収縮量の分布 (B建物, 手溶接)

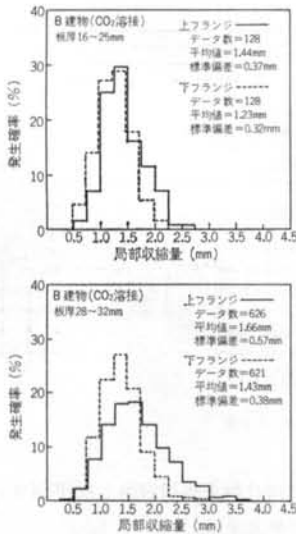


図-12 局部収縮量の分布 (B建物, CO₂溶接)

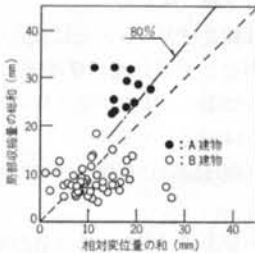


図-13 局部収縮量と相対変位量

約2倍であるためである。すなわち、同一開先を溶接するのに手溶接に比べCO₂溶接の方は約半分の入熱量になるからである。

なお、実測値では開先間隔が異なっても局部収縮量に差は認められないが、これは開先間隔が狭い場合、溶け込み不良の欠陥を生じさせないように、溶接工はさらに大電流を用いて溶接したためであると推察される。

以上から、現場溶接部の局部収縮量は板厚や溶接方法、溶接条件によって異なるが、開先間隔によってはそれほど大きな差は認められないことが分かる。

以上の考察に基づき、建物別、溶接方法別、板厚別、溶接部位別に集計した局部収縮量の分布を図-10～図-12に示す。

A建物の手溶接による局部収縮量は、B建物の手溶接の場合より小さく、B建物のCO₂溶接の場合とほぼ同程度である。これは、A建物のフランジ幅が狭く溶接長が短いためと、初層の溶接に4mmφの溶接棒を用いて低電流で溶接したためであると考えられる。

また、上フランジと下フランジにおける局部収縮量を比較すれば、A建物では両者に差は認められないが、B

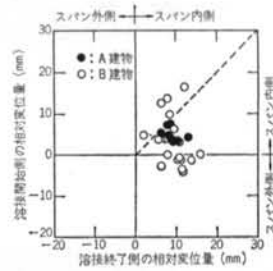


図-14 スパン方向に片押しで溶接した場合の相対変位量
建物では下フランジの方が小さい。これは、A建物の場合のフランジ幅は狭く溶接長が短いため、スカルップを利用してウェブの片側から一度に下フランジの溶接ができるのに対して、B建物の場合はフランジ幅が広く、下フランジを溶接するのにウェブを中心として梁の左右に分割して溶接することになり、個々の溶接長が短いため局部収縮量が小さくなったものと考えられる(第1報参照)。

3.3 局部収縮量と鉄骨の柱のたおれ

図-13は、測定した2カ所の柱の溶接によるたおれの和(相対変位量の和)と、その柱間の局部収縮量の総和の関係を示したものである。

A建物のように下から1層ずつ溶接を行なった場合は、局部収縮量が生じたとき柱の剛性によって梁に引張力が働き梁が伸びるため、局部収縮量の総和より相対変位量の和の方が小さくなる。A建物の例のような通常の柱・梁部材では、相対変位量の和に対し局部収縮量の総和は高々80%しか寄与しない。

B建物のように3層1節の場合は、上層のみの溶接時には上記の関係が成立すると考えられるが、下2層の溶接の影響を受けて最終的な上層の相対変位量の和は局部収縮量の総和と同程度かそれ以上になる。

以上の事項に関する定量的検討は§4.で行なう。

3.4 溶接順序による柱のたおれ

本節では、水平方向の溶接順序が柱のたおれに与える影響について考察する。

図-14は、溶接開始側と溶接終了側の相対変位量の関係を示したものである。B建物の場合は、§4.でも述べるように上層の溶接方向が柱のたおれ方に大きく影響するので、ここでは上層の溶接順序が建物の一方の端から他端へ向かって溶接した場合(以下、片押しという)のデータを示した。図-14から、柱は溶接を開始した側へたおれる傾向のあることが分かる。これは、溶接を完了した接合部が剛接合となり、それにしがたいフレームの

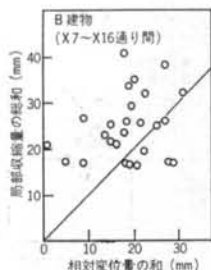


図-15 調整スパンがある場合の局部収縮量と相対変位量



図-16 解析モデル

剛性が高くなるので、順次溶接する柱が溶接を完了した柱側へ引きつけられるためであると考えられる。

3.5 調整スパンの効果

図-15は、B建物について調整スパンの効果を調べるために、両妻(X7通りとX16通り)の相対変位量の和と、その節の上層の局部収縮量の総和の関係を示したものである。3.3で考察したように、調整スパンがなければ相対変位量の和と局部収縮量の総和はほぼ等しくなるが、図-15に示すように調整スパンが存在することによって、局部収縮量の総和より相対変位量の和の方が小さい傾向にある。以上から、B建物で採用したような調整スパンは、鉄骨の精度の確保の観点から有効な方法であると考えられる。

§ 4. 相対変位量および発生応力に関する数値解析

前章では、現場実測結果に基づき相対変位量に関する種々の考察を行なった。本章では、電算機による数値解析法を提案し、相対変位量および溶接時に発生する応力に関して一般的な考察を行なう。

4.1 計算手法と解析上の仮定

計算には、有限要素法プログラム NASTRAN を使用した。各節点の変位および部材応力は、図-16に示す梁端溶接部(2-3, 4-5)に単位強制収縮量1mmを生じさせる温度定数と温度を与えることによって求めた。解析上の仮定は、現場の施工状況を考慮して以下のよ

溶接状況	溶接前 → 溶接中 → 溶接後		
	溶接前	溶接中	溶接後
接合部モデル			
梁端部接合条件	ピン	ピン	剛
局部収縮量	—	発生(両端同時)	(考慮済み)

表-4 接合部の解析モデル

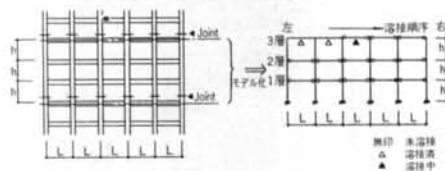


図-17 架構のモデル化

うにした。

- 解析は、架構骨組を線材置換した平面フレームとし弾性応力解析とする。
- 柱・梁接合部は、溶接前はピン接合とし、溶接後は剛接合とする(表-4参照)。
- 解析モデルは鉄骨建方の各節毎に独立したモデルとし、柱脚は固定とする(図-17参照)。ただし、最下層の節の柱脚条件は実際の施工時の状況を考慮し、ピンまたは固定とする。
- 1台の梁の両側は同時に溶接(収縮)することとする。
- 溶接順序の影響を調べるために、各溶接順に(b)項に従い接合条件を変えて1ステップずつ解析を行ない、最後にその結果を加え合せる。

4.2 解析手法の妥当性の検討

前述した解析手法の妥当性を検討するために、§3.で述べた実測結果と解析結果を比較する。

解析値と比較するために抽出した部位は、表-5に示すように、A建物では1節2階(溶接順序は建物中央部から両側へ溶接:振分け)と5節10階(溶接順序は3通りから13通りへ溶接:片押し)であり、B建物では6節9階~11階(上,下,中層の順に溶接し、溶接方向はそれぞれX16通りからX12通りへ振分け、X16通りからX12通りへ溶接した)である。解析値と実測値を比較した結果を図-18、図-19に示すが、解析値と実測値はよく一致しており、本解析手法が妥当であることが分かる。

また、表-5に相対変位量の和(A建物では3通りと13通り、B建物ではX13通りとX16通り)と局部収縮量の総和の比を示すが、3.3で考察したようにA建物の場合高々80%程度であり、B建物では上層の局部収縮量の総和より相対変位量の和の方がやや大きな値となっているのが分かる。

建物名	鉄骨節	対象階	使用部材		溶接順序		局部収縮量 (一力所当たり の平均実測値)	解析結果			
			柱	梁	層方向	スパン方向		内容	相対変位量 の和 Δ	局部収縮量 の総和 $\Sigma\delta$	$\Delta/\Sigma\delta$
A 建物	1節	2階	H-500×200 ×10×16	H-500×200 ×10×16 (基礎梁)	1層ごとに 下層から 上層へ	振分け (3通り+中央+3通り)	1.26mm	実測値	20.2mm	24.4mm	0.83
				解析値				18.7	#	0.77	
	5節	10階	H-496×199 ×9×14	H-496×199 ×9×14		片押し (3通り+13通り)	1.11mm	実測値	12.6	27.7	0.45
				解析値				14.0	#	0.51	
B 建物	6節	9階 ↓ 11階	(外柱) □-550 ² ×50 (中柱) □-550 ² ×32	H-825×200 ×12×32	11F ①	×16→×12	1.80mm	実測値	13.5	10.8	1.25
					10F ③	×16→×12		解析値	11.5	#	1.06
					9F ②	振分け					

表-5 A, B建物の解析条件および解析結果

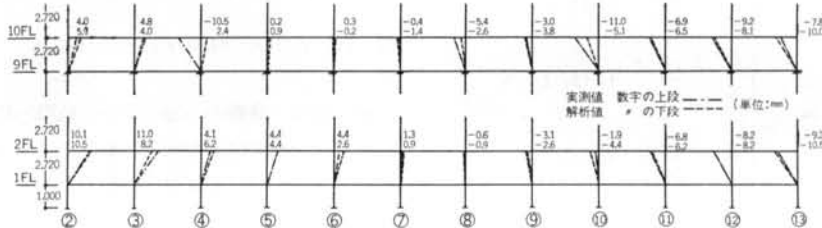


図-18 解析値と実測値の比較 (A建物)

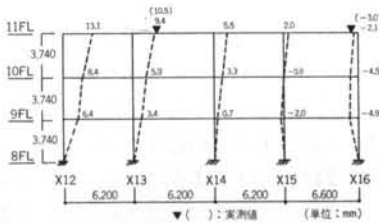


図-19 解析値と実測値の比較 (B建物)

		柱	梁
使用部材		H-250×250×9 ×14	H-400×200×8 ×13
断面性能	軸断面積 (cm ²)	1.0×10 ⁵	84.12
	せん断断面積 (cm ²)	20.0	せん断変形無視
	断面2次モーメント (cm ⁴)	1.08×10 ⁴	2.37×10 ⁴

表-6 解析モデルに使用した部材と断面性能

解析した層方向溶接順序, スパン方向溶接順序, 柱脚の拘束条件の組み合わせ, およびモデル名を表-7, 表-8に示す。

なお, 解析は中規模建物の局部収縮量が1mm程度と想定されることから, 単位収縮量1mmを梁の両端部に与えて行なった。

4.3.2 相対変位量に関する解析の結果

相対変位量に関する解析結果の例を図-20~図-23に示す。

図-20は, 上層から下層へと溶接した場合の各層の溶接時に生じる相対変位量を, 各層溶接時別に示したものである。図から, 上層の溶接順序が鉄骨柱のたおれ方に大きく関与しており, 相対変位量も上層の溶接時の影響

4.3 相対変位量および発生応力に関する一般的検討

4.1で提案した解析手法に用い,

(a)層方向溶接順序が相対変位量, 発生応力に及ぼす影響

(b)スパン方向溶接順序が相対変位量, 発生応力に及ぼす影響

(c)柱脚拘束条件が相対変位量, 発生応力に及ぼす影響について検討する

4.3.1 解析モデル

解析モデル架構は中規模建物を想定し, 図-17に示す架構と同一の3層5スパンの架構とし, スパン長 l を7m, 高さ h を3.5mとした。各部材の断面性能は表-6に示す。

層方向順序	スパン方向順序	モデル名		
上(3)層 ↓ 中(2)層 ↓ 下(1)層	振分け	— C321		
	片押し	3層 左から 2" " " 1" " "	E321-L L L	
		3層 左から 2" " " 1" " 右から	E321-L L R	
		3層 左から 2" " 右から 1" " 左から	E321-L R L	
		3層 左から 2" " 右から 1" " "	E321-L R R	
	上(3)層 ↓ 下(1)層 ↓ 中(2)層 ↓ 下(1)層 ↓ 中(2)層 ↓ 上(3)層	振分け	— C312	
		片押し	3層 左から 1" " " 2" " "	E312-L L L
			3層 左から 1" " " 2" " 右から	E312-L L R
3層 左から 1" " 右から 2" " 左から			E312-L R L	
3層 左から 1" " 右から 2" " "			E312-L R R	
振分け		— C123		
片押し		1層 左から 2" " " 3" " "	E123-L L L	

表-7 解析モデルの種類 (パラメータ: 溶接順序)

層方向順序	スパン方向順序	柱脚条件	モデル名
上(3)層 ↓ 中(2)層 ↓ 下(1)層	振分け	3層 溶接時 固定 2" " " 1" " "	C321
		3層 溶接時 ピン 2" " 固定 1" " "	C321-P F
		3層 溶接時 ピン 2" " " 1" " "	C321-P

表-8 解析モデルの種類 (パラメータ: 柱脚条件)
 が大きいことが分かる。図は省略するが、下層から溶接した場合でも同様に上層溶接時の影響が大きい。

図-21は、建物中央から振分けて溶接した場合の相対変位量を示すが、図から分かるように、層方向の溶接順序や柱脚の拘束条件にかかわらず相対変位量はほぼ等しい。

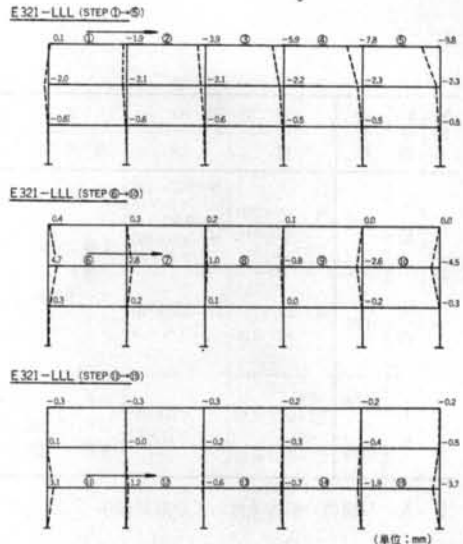


図-20 各層の溶接時に生じる相対変位量
 い。

図-22は、建物の一方の端から他端へ片押しで溶接した場合の相対変位量の例である。この場合、層方向溶接順序やスパン方向溶接順序の組み合わせによって相対変位量は多少異なるが、前述したように鉄骨柱のたおれ方に対して上層の溶接順序が支配的であり、相対変位量に対しても上層溶接時の影響が大きい。

また、図-21と図-22を比較すれば、相対変位量の最大値は片押しで溶接した方が振分けて溶接した場合より約2倍大きい。しかし、図-23に示すように両者の相対変位量の和で比較すれば、両者はほぼ等しい。

なお、図-23から分かるように、上層から溶接した場合上層での相対変位量の和は局部収縮量の総和より2~3%大きくなっており、下層から溶接した場合は上層での相対変位量の和は局部収縮量の総和より0~2%程度小さくなっている程度である。

以上から、3層1節の鉄骨を溶接する場合、鉄骨柱のたおれ方については上層のスパン方向溶接順序が支配的であり、鉄骨の納まりの見地からは建物中央から振分けて溶接した方が良く、また、層方向溶接順序は相対変形量に大きく寄与しないことが分かる。

4.3.3 応力に関する解析結果

溶接によって柱と梁に発生する曲げモーメント、および梁軸力を計算した結果を図-24、図-25に示す。

図-24は、各層溶接時別の曲げモーメントおよび梁軸力分布を示したものであるが、上層から下層へ溶接した場合、中層、下層溶接時に大きな曲げモーメントおよび梁軸力が発生する。これは、中層、下層溶接時に上層が

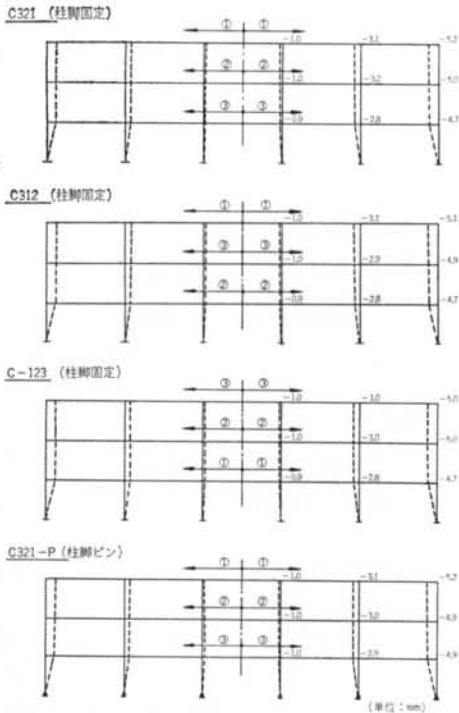


図-21 振分けで溶接した場合の相対変位量

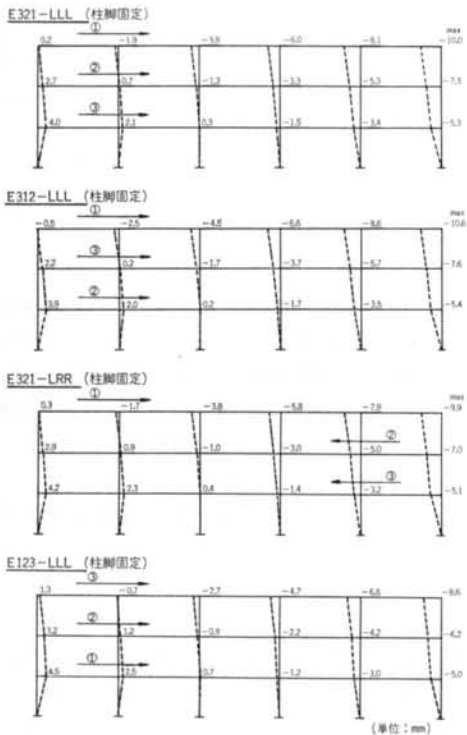


図-22 片押しで溶接した場合の相対変位量

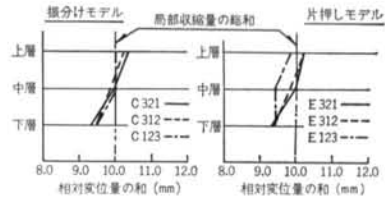
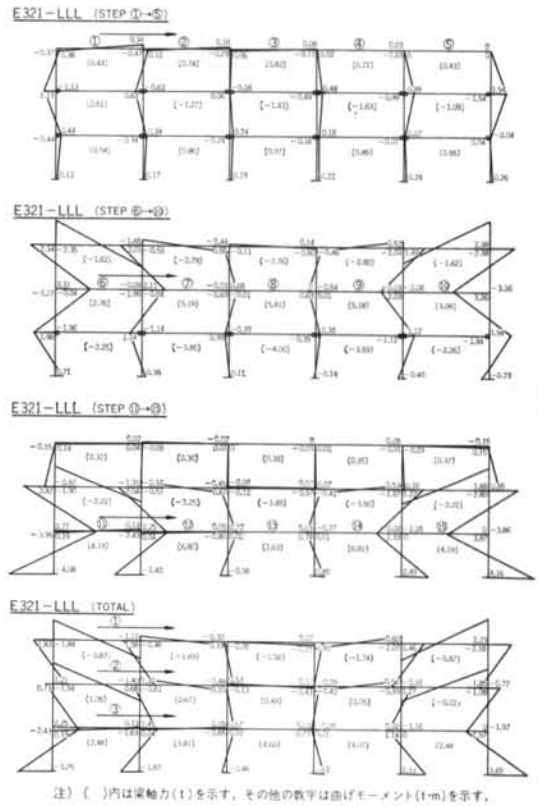


図-23 各層別の相対変位量の和



注) ()内は梁軸力(t)を示す、その他の数字は曲げモーメント(kNm)を示す。

図-24 各層の溶接時に生じる曲げモーメントと梁軸力剛接合となっており拘束力が高いためである。

図-25は、振分けで溶接した場合の曲げモーメントおよび梁軸力分布であるが、層方向溶接順序、柱脚の拘束条件によって分布が異なる。すなわち、最下層節の場合や柱・柱接合する前に柱脚をピン状態にしておけば、下層の曲げモーメントおよび梁軸力は小さくなる。また、曲げモーメントおよび梁軸力は層方向溶接順序によって異なり、下層から上層へ溶接した方が総じて小さい傾向にある。

図-24と図-25を比較すれば、層方向溶接順序が同一であればスパン方向溶接順序が異なっても、曲げモーメントおよび軸力はほぼ同一になる。

いずれの場合も曲げモーメントは外端側の柱・梁で最

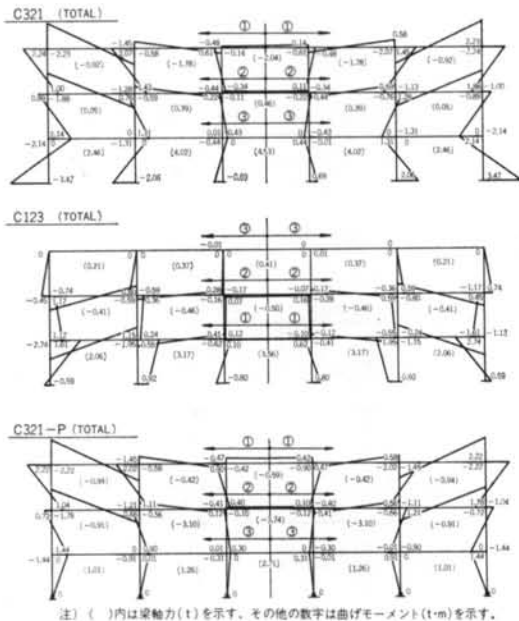


図-25 振分けで溶接した場合に生じる曲げモーメントと梁軸力

大になり、梁軸力は建物中央部で最大となるが、溶接を上層から下層へ行なった場合でも曲げモーメントで生じる最大応力度は柱で 4.3 kg/mm^2 、梁で 1.9 kg/mm^2 程度と小さく、梁軸力で生じる最大応力度も 0.6 kg/mm^2 程度と小さい。当然ながら局部収縮量、柱・梁断面、スパン長やスパン数等が異なれば応力度は異なると考えられる。

以上から、溶接によって生じる部材応力についてはスパン方向溶接順序はほとんど影響なく、層方向溶接順序と柱脚の拘束条件が支配的であり、発生する応力は局部収縮量が 1 mm の場合、最大 4 kg/mm^2 程度であることが分かる。

図-26は、表-7、8の解析モデル全てについて、応力度の最大値と相対変位量の最大値の関係を模式的に示したものである。解析結果によれば、応力度と相対変位量の観点から、柱をピン状態にしておいてスパン方向へは振分けで溶接した方が相対変位量も小さく、応力度も小さい。しかし、柱脚を固定していても、また上層から下層へ溶接しても発生する応力度は前述したように小さいので、施工上有利な方法で溶接しても問題はない。ただし、鉄骨に生じる相対変位量の面からは、建物中央から両端へと溶接した方が良いと考えられる。

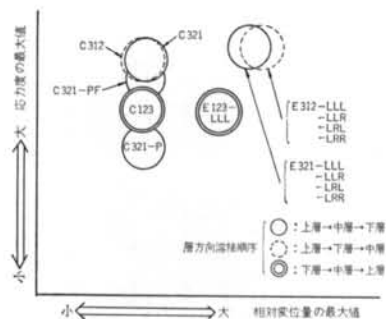


図-26 各解析モデルにおける応力度と相対変位量の関係

§ 5. まとめ

現場溶接時の収縮変形が鉄骨の変形に及ぼす影響について現場実測および数値解析した結果、以下に示す知見を得た。

(1)現場溶接時の溶接部近傍の収縮量は、板厚、溶接条件、溶接方法によって異なるが、 $1 \sim 2 \text{ mm}$ 程度である。

(2)大電流を用いた溶接では、 CO_2 溶接より手溶接の方が溶接部近傍の収縮量は大きい。

(3)下から1層ずつ溶接する場合、通常の柱・梁部材では溶接部近傍の収縮量は鉄骨柱のたおれに高々80%程度しか寄与しない。これは、柱の剛性によって梁が伸びるためである。

(4)3層1節の鉄骨の上層での柱のたおれ量は、中層、下層の溶接収縮量の影響によって、溶接部近傍の収縮量の総和と同程度 ($-2 \sim +3\%$ 程度)になる。

(5)スパン方向の溶接順序によって柱のたおれ方が異なり、溶接を開始した方に向かって柱がたおれる。また、3層1節の建物の場合、柱のたおれ方は上層のスパン方向溶接順序が支配的である。

(6)鉄骨の精度確保の観点からは、建物中央から両端へ溶接した方が良い。また、発生応力は下層から溶接した方が小さいが、中規模建物での通常の断面性能を有する柱・梁では発生する応力が小さいので、層方向溶接順序は施工上有利な方向から溶接した方が良いと考えられる。

(7)本論文で提案した有限要素法による数値解析手法は、溶接による鉄骨の変形や発生応力を予測するのに有効である。

(8)B建物で採用した調整スパンは、溶接収縮量の累積を緩和し、鉄骨の精度を確保するために有効である。

謝辞 現場実測を行なうに当たり、ご理解とご協力をいただいた関係作業所の方々、および実測にご協力いただいた鶴長秀喜、藤盛義嗣、阿部壯の三氏に末筆ながら謝

意を表します。

<参考文献>

- 1) 中辻, 藤盛: “建築鉄骨の現場溶接時の収縮変形に関する研究(その1)” 清水建設研究所報 Vol. 25 (昭和50年10月)
- 2) 中辻, 鶴長, 藤盛: “鉄骨建方精度の現場実測” 日本建築学会大会学術講演梗概集(昭和53年9月)
- 3) 栗野, 高橋, 斉田, 中辻: “現場溶接による鉄骨の収縮および架構の変形について” 日本建築学会大会学術講演梗概集(昭和55年9月)

