

底板重ね継手の疲労強度について

1 目的

底板の重ね継手のすみ肉溶接部においては、のど厚の大きさ、初層部の欠陥の有無、板と板との隙間等の構造的要因により疲労強度が異なることが考えられることから、重ねすみ肉溶接のルート部を起点としたき裂が進展した場合を想定した 4 点曲げ試験及びき裂進展解析を実施し、上述した構造的要因と疲労強度との関係について整理することを目的とする。

2 重ねすみ肉溶接の 4 点曲げ試験について

2.1 試験概要

図 2.1.1 に示すように、負荷は上スパン 200mm、下スパン 300mm の 4 点曲げで実施する。重ねすみ肉により発生する段差は治具で高さを調整することとする。設定した変位に対して繰り返し荷重を負荷させる変位制御試験を実施し、設定した変位に到達した初回負荷の 25% になった時点までの繰り返し回数を計測する。

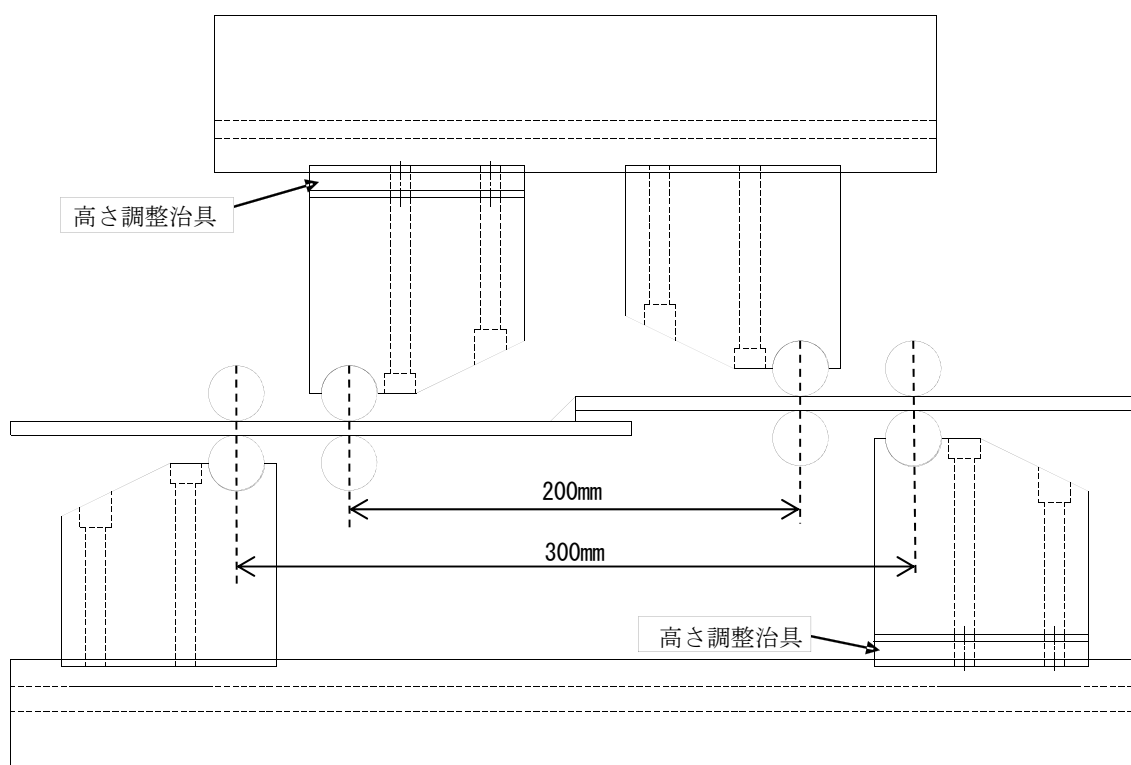


図 2.1.1 4 点曲げ試験の概要

2.2 試験片

(1) 試験片の種類

すみ肉溶接部の 4 点曲げ疲労試験の実施にあたり、のど厚の大きさ、初層部における欠陥の有無、板と板との隙間については、表 2.2.1 に示す組み合わせの試験を実施した。

表 2.2.1 疲労試験を実施する構造的要因の組み合わせ

ケース	のど厚	初層部	隙間	疲労試験
1	100%	無欠陥	1mm	設定変位：6 種類
2	50%	無欠陥	1mm	
3	100%	無欠陥	5mm	
4	50%	無欠陥	5mm	
5	100%	ブローホールあり	1mm	設定変位：4 種類
6	50%	ブローホールあり	1mm	
7	100%	ブローホールあり	5mm	試験実施せず
8	50%	ブローホールあり	5mm	

作成した試験片の断面写真について図 2.2.1～2.2.4 に示す。また、参考まで過去に発生した重ねすみ肉溶接の疲労破壊事例の写真を図 2.2.5 に示す。

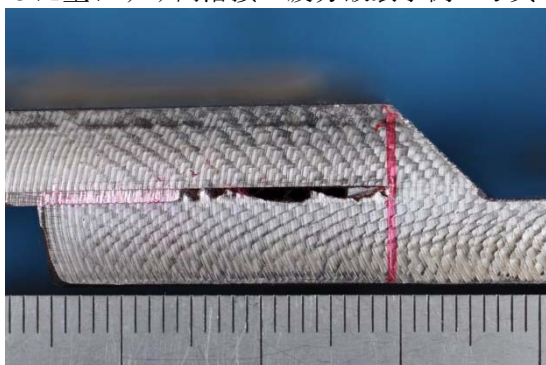


図 2.2.1 試験片(隙間 1mm、のど厚 100%)

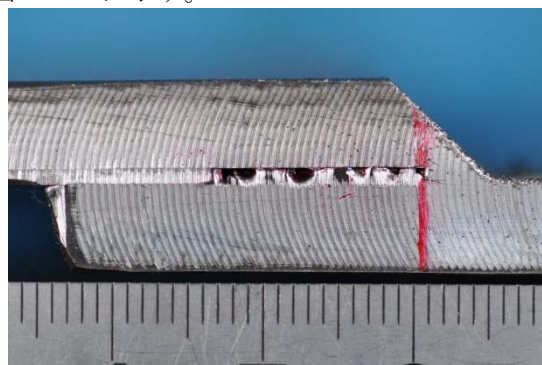


図 2.2.2 試験片(隙間 1mm、のど厚 50%)

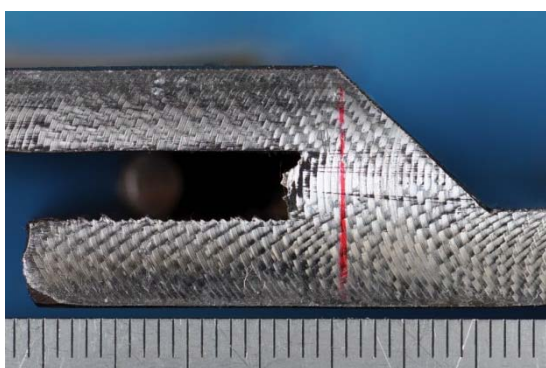


図 2.2.3 試験片(隙間 5mm、のど厚 100%)

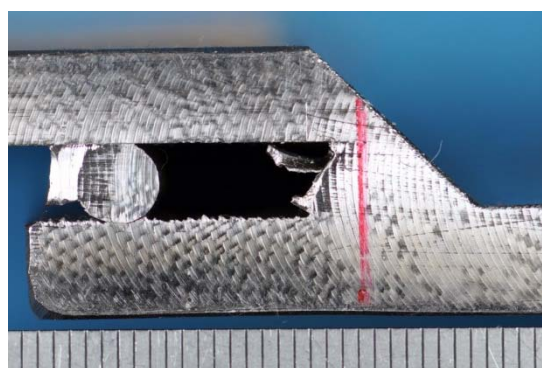


図 2.2.4 試験片(隙間 5mm、のど厚 50%)

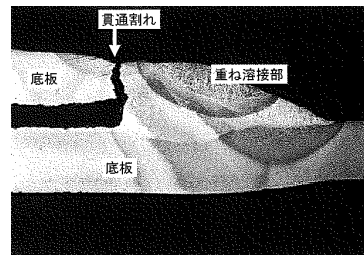
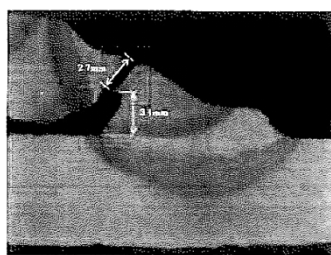
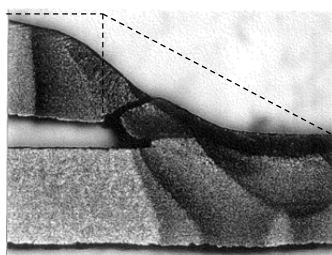


図 2.2.5 過去に発生した重ねすみ肉溶接の疲労破壊事例の写真

(2) 溶接施工条件

試験片の溶接は表 2.2.2 に記載した条件に基づいて行われた。なお、初層部に意図的にブローホールを発生させた試験片を作成する必要があることから、炭酸ガスアーク溶接を採用した。

表 2.2.2 溶接条件

溶接材料	神戸製鋼所製 MG-50T
棒径	1.2mm ϕ
パス数	隙間 1mm : 3 隙間 5mm : 6
電流 (A)	190
電圧 (V)	24
速度 (cm/min)	約 30

なお、初層部に欠陥がない試験片とブローホールを発生させた試験片に対する放射線透過試験の結果を図 2.2.6 及び 2.2.7 に示す。

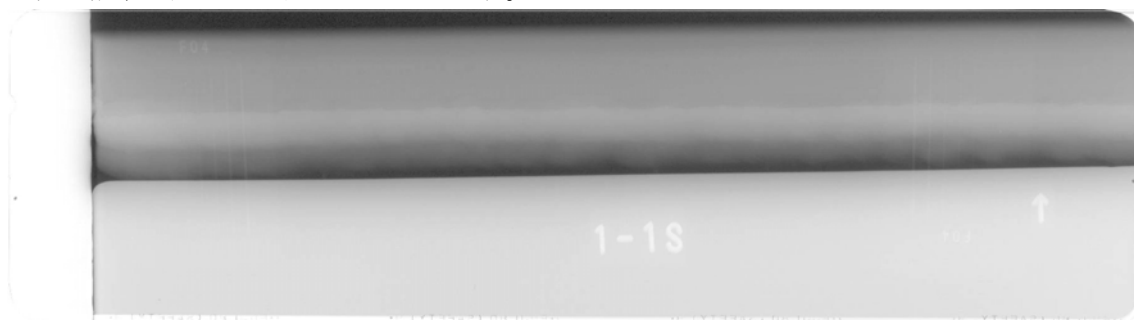


図 2.2.6 初層部無欠陥の試験片における放射線透過試験結果

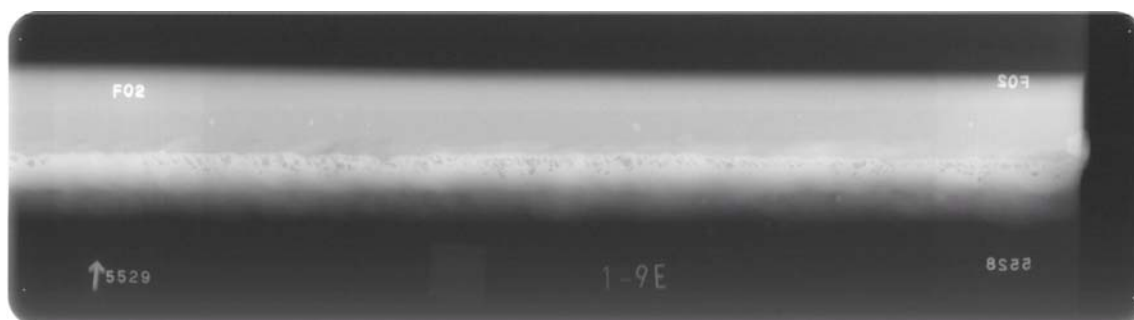


図 2.2.7 初層部にブローホールを発生させた試験片における放射線透過試験結果

2.3 試験結果

(1) のど厚の影響について

すみ肉溶接の構造的要因のうち、のど厚の影響について比較するために、表 2.2.1 に示すケース 1 と 2 の試験結果を比較したものを図 2.3.1 に、ケース 3 と 4 の試験結果を比較したものを図 2.3.2 に示す。のど厚の大小は疲労強度に大きな影響を与える結果が得られた。

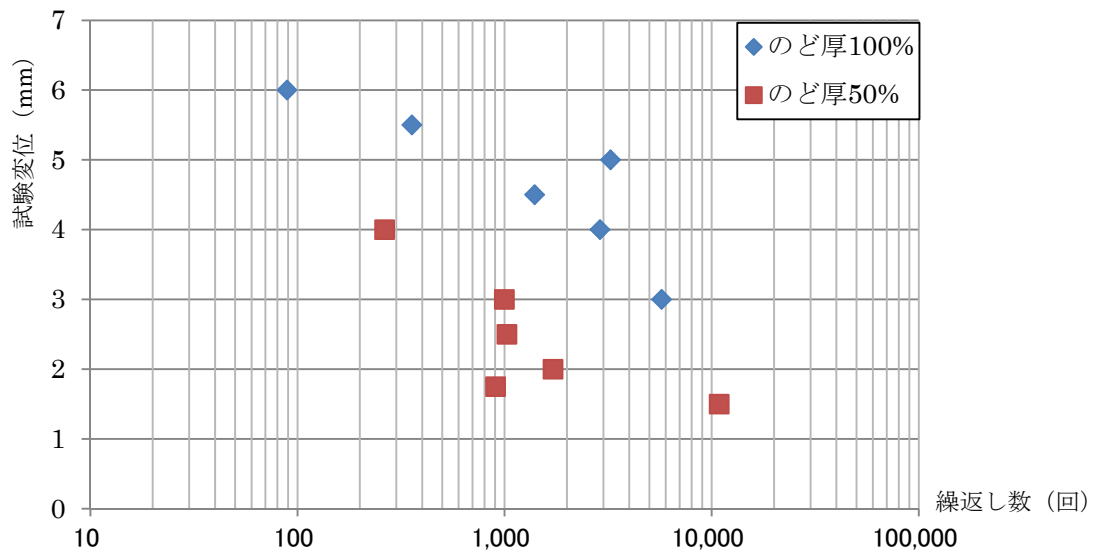


図 2.3.1 初層部無欠陥、隙間 1mm の場合の試験結果

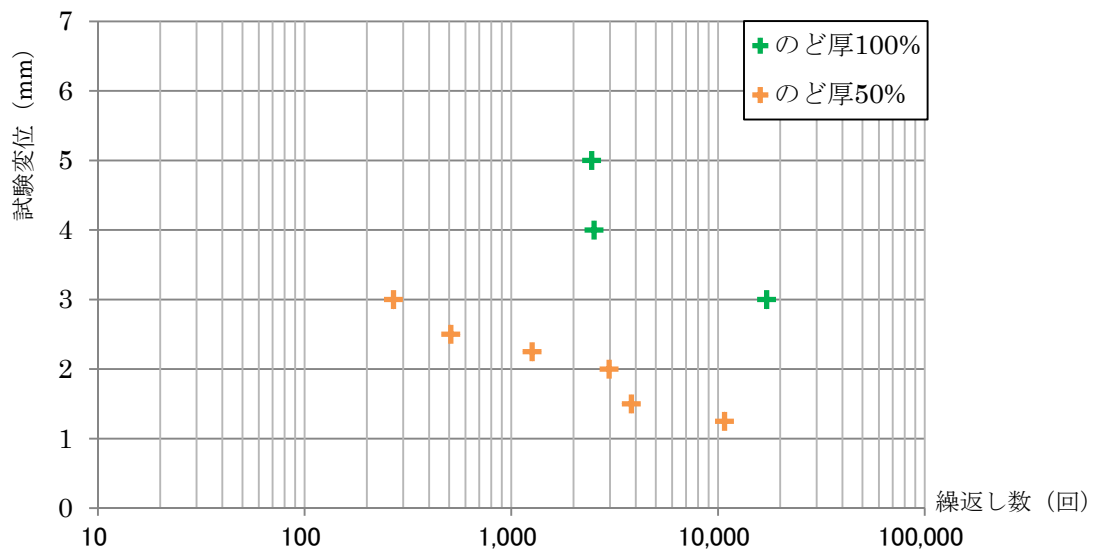


図 2.3.2 初層部無欠陥、隙間 5mm の場合の試験結果

(2) 初層部欠陥の有無の影響について

すみ肉溶接の構造的要因のうち、初層部欠陥の有無の影響について比較するために、表 2.2.1 に示すケース 1 と 5 の試験結果を比較したものを図 2.3.3 に、ケース 2 と 6 の試験結果を比較したものを図 2.3.4 に示す。試験片の作成にあたり初層部へ発生させたブローホールはあくまで出来たなりのものであり、ブローホールの大きさや発生位置等について制御を一切行っていないものであることに留意が必要であるが、初層部無欠陥の試験結果と比較し疲労強度に有意な差が認められる結果となった。

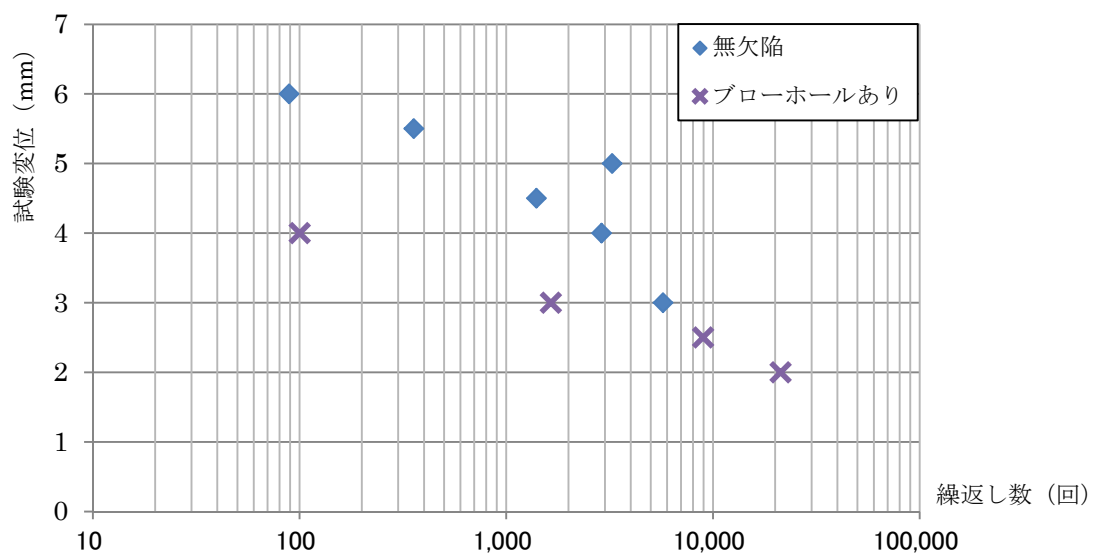


図 2.3.3 隙間 1mm、のど厚 100%の場合の疲労試験結果

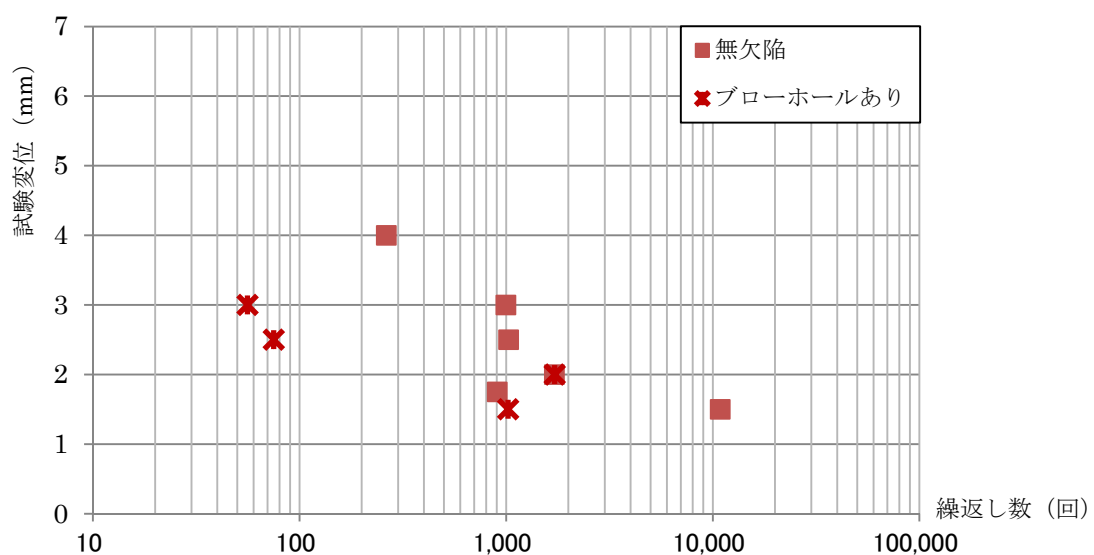


図 2.3.4 隙間 1mm、のど厚 50%の場合の試験結果

(2) 隙間の影響について

すみ肉溶接の構造的要因のうち、隙間の影響について比較するために、表 2.2.1 に示すケース 1 と 3 の試験結果を比較したものを図 2.3.5 に、ケース 2 と 4 の試験結果を比較したものを図 2.3.6 に示す。隙間の大小が疲労強度与える影響は他の構造的要因に比較して少ない結果が得られた。

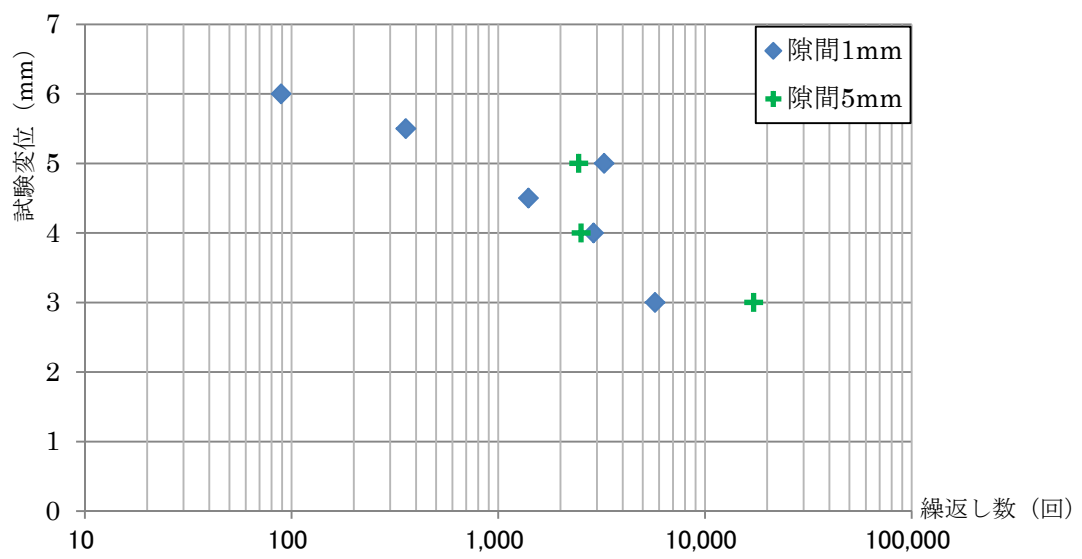


図 2.3.5 初層部無欠陥、のど厚 100%の場合の試験結果

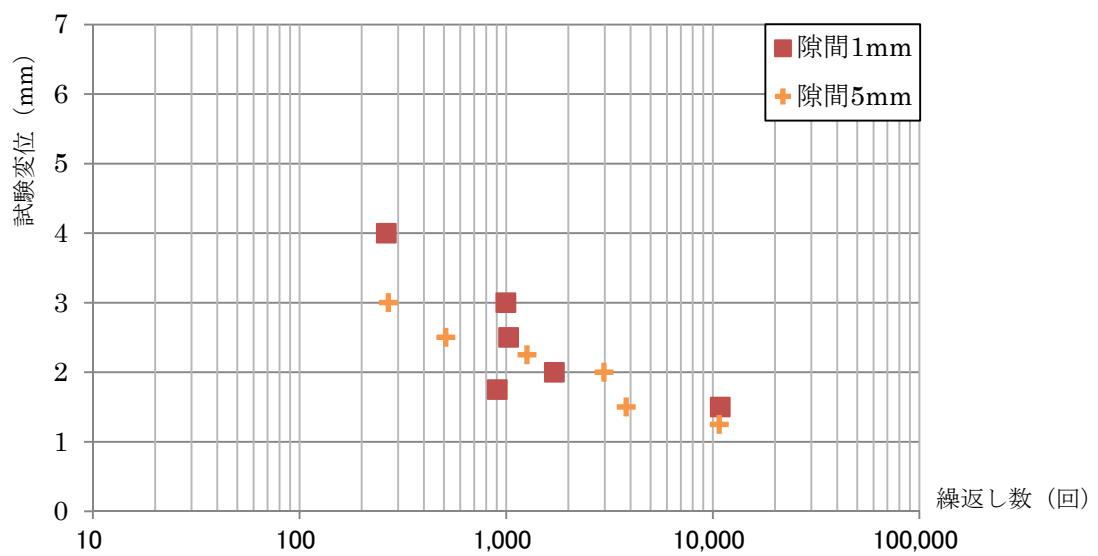


図 2.3.6 初層部無欠陥、のど厚 50%の場合の試験結果

3 有限要素法を利用したき裂進展解析について

3.1 解析方法

以下に示すような N. E Dowling 他¹⁾の塑性域におけるき裂進展評価提案式を用いて、所定のき裂進展性解析を行う。

$$\frac{dc}{dN} = C' (\Delta J_c)^{m'} \quad (3.1.1)$$

ここで、

C : き裂深さ (mm)

N : 繰返し回数 (cycle)

ΔJ_c : き裂深さを変数とする J 積分範囲 (N/mm)

C' : き裂進展則の定数

m' : き裂進展則の指数

本解析においてき裂進展則の定数 C' と指数 m' は、以下の値を用いる。

$$m' = 1.75, C' = 1.014 \times 10^{-5}$$

(このときの単位系は ΔJ が [N /mm]、 dc / dN が [mm/cycle]。)

同評価式で用いる、初期き裂寸法変化と J 積分範囲の関係は、2 次元解析モデル（帯状き裂を有する重ね継手モデル）により、汎用有限要素法解析プログラム「ABAQUS」（バージョン 6.10）を用いた数値解析により求める。

3.2 解析条件と解析モデル

(1) 解析条件

4 点曲げ試験のモデルと同じ支持条件、負荷位置を考慮した解析モデルの概念図を図 3.2.1 に隙間及びのど厚不足の 2 種類の隅肉溶接部の解析モデルの概念図を図 3.2.2 に示す。

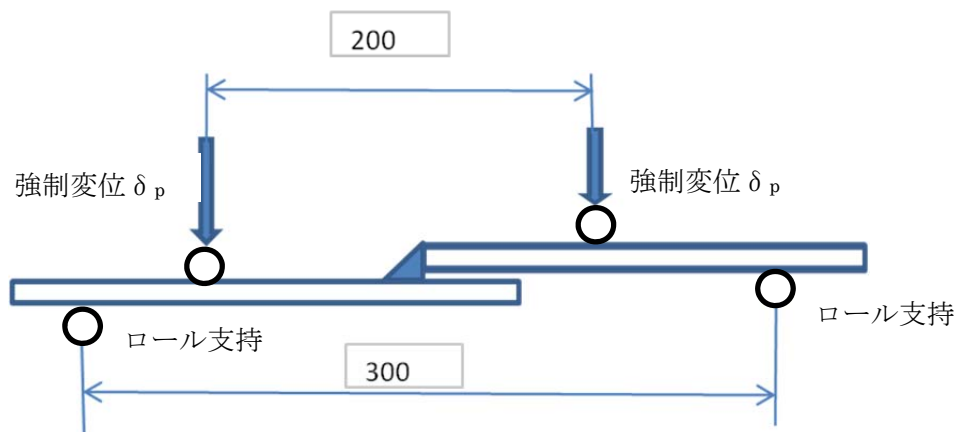
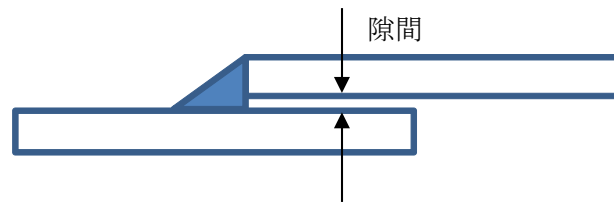
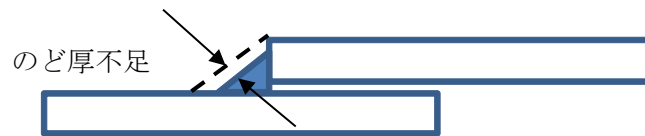


図 3.2.1 重ね継手の負荷、支持概念図



(1) 隙間のあるモデル



(2) 隙間+のど厚不足のモデル

図 3.2.2 重ね継手隅肉溶接部の解析モデルの概念図

(2) 材料特性

弾塑性特性を考慮にいたした 2 次元平面ひずみモデルによるき裂進展解析 (J 積分) を実施する。材料データは 2010ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 2 (ASME B&PV Code を略称する) に提供される炭素鋼の応力ひずみカーブを使用する。

材料特性は表 3.2.1 に示す通りである。

表 3.2.1 材料特性 (JIS B 8257-2008 による)

材質	ヤング率 E (Gpa)	ポアソン比 ν (-)	降伏応力 σ_y (N/mm ²)	引張強度 σ_u (N/mm ²)
SS400	200	0.3	245	415

(3) のど厚

のど厚が $t/\sqrt{2}$ (のど厚 100%モデルと呼ぶ) 、 $t/2\sqrt{2}$ (のど厚 50%モデルと呼ぶ) の 2 種類とする (図 3.2.3 参照)。なお、溶接部の角度は 45° とする。

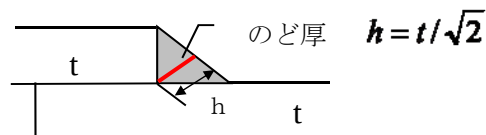


図 3.2.3 重ね継手ののど厚

(4) 解析パラメータ

解析パラメータとする重ね継手の沈下量（ルート部の鉛直変位）及びひずみの出力位置は図 3.2.4 に示すとおりである。

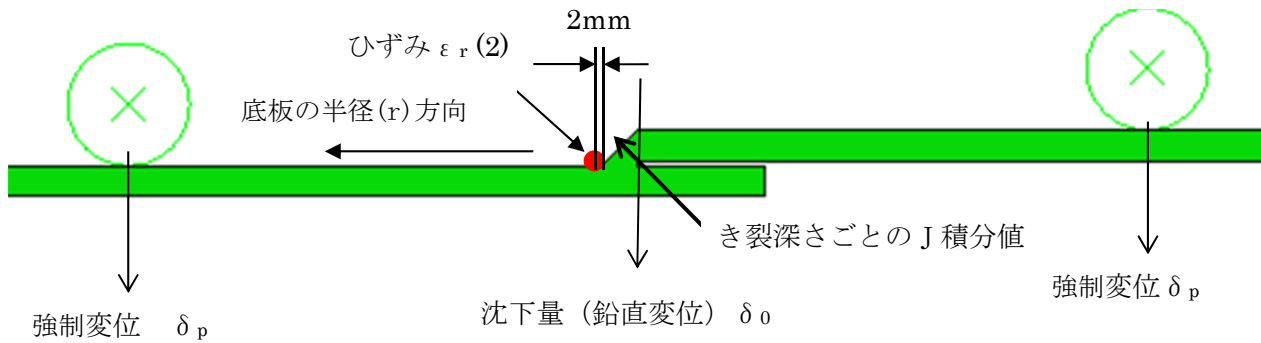


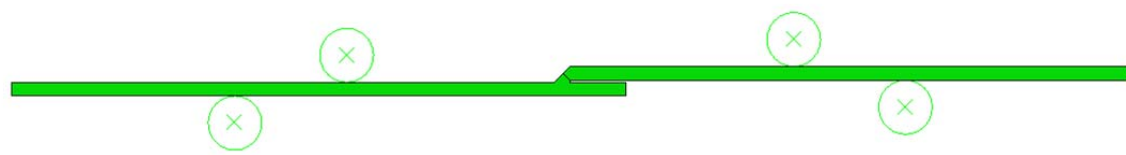
図 3.2.4 き裂進展解析時のパラメータ出力位置図

(5) 2次元解析モデル

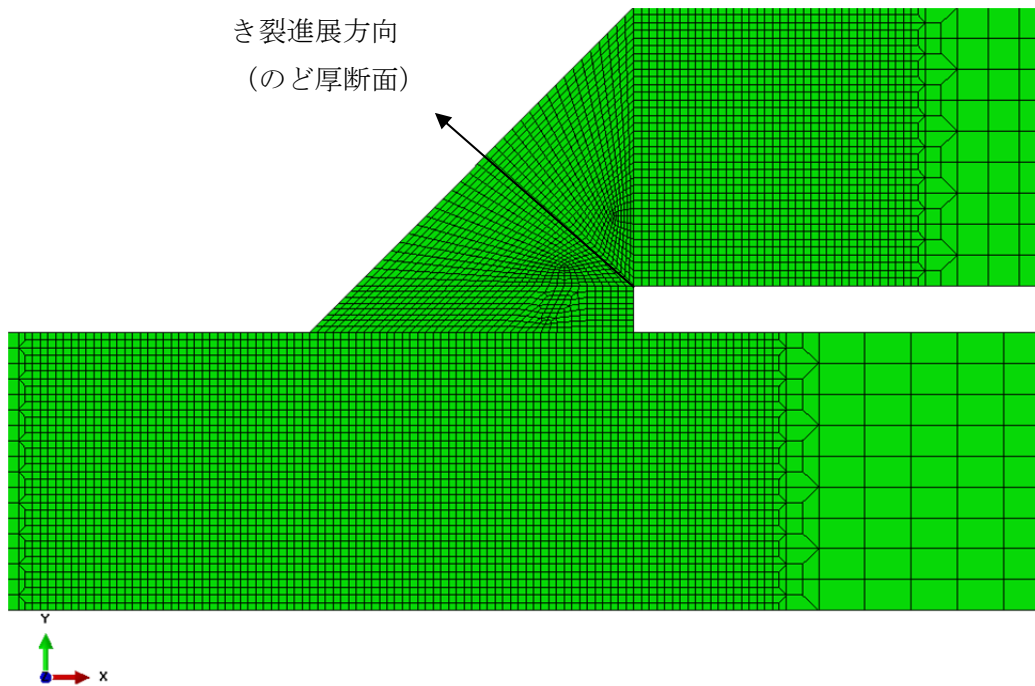
2次元解析モデルにおける使用要素は、CPE8 (8 節点、2 次、平面ひずみ) 要素である。のど厚の種類により二つの解析モデルを作成した。

ア のど厚 100%モデル

のど厚 100%のモデルの全体図及び溶接部の拡大図は図 3.2.5(a)と(b) (板厚 6mm、隙間 1mm)に、この解析モデルによる解析ケースは表 3.2.2 に示すとおりである。



(a) モデル全体図



(b) 溶接部のメッシュ拡大図

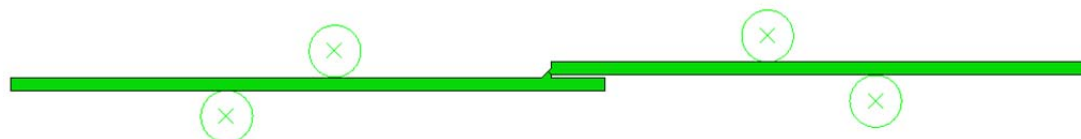
図3.2.5 き裂進展解析モデル (のど厚100%モデル)

表3.2.2 重ね継手の2次元モデルによる破壊力学パラメータ (J 積分値)
FEM解析ケース (のど厚100%モデル)

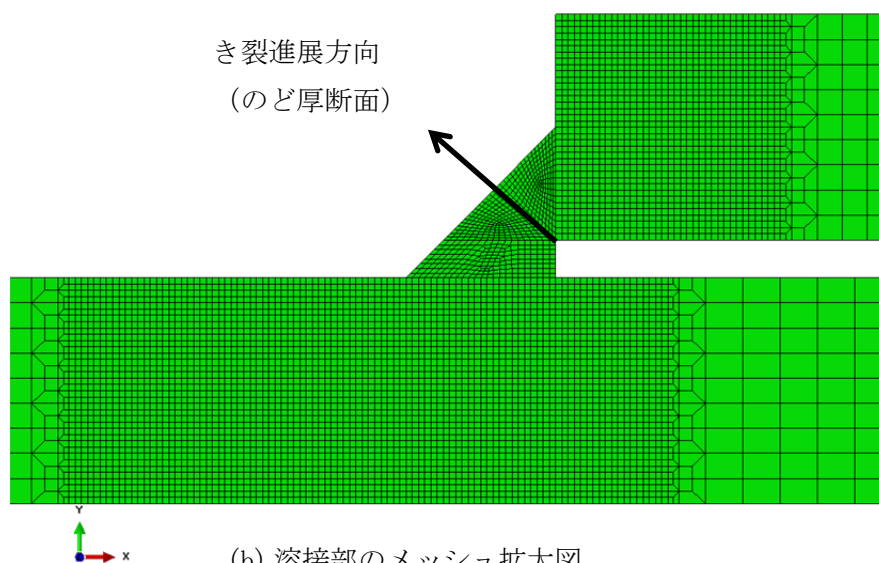
解析番号	隙間 [mm]	のど厚 [mm]	初期き裂深さ c [mm]
1-1	1.0	4.24	0
1-2	1.0	4.24	0.5
1-3	1.0	4.24	1.0
1-4	1.0	4.24	1.5
1-5	1.0	4.24	2.0
1-6	1.0	4.24	2.5

2) のど厚 50%モデル

のど厚 50%のモデルの全体図及び溶接部の拡大図は図 3. 2. 6(a) と (b)に、この解析モデルによる解析ケースは表 3. 2. 3 に示すとおりである。



(a) モデル全体図



(b) 溶接部のメッシュ拡大図

図3. 2. 6 き裂進展解析モデル (のど厚50%モデル)

表 3. 2. 3 重ね継手の2次元モデルによる破壊力学パラメータ (J 積分値)

F E M解析ケース (のど厚50%モデル)

解析番号	隙間 [mm]	のど厚 [mm]	初期き裂深さ c [mm]
2-1	1.0	2.12	0
2-2	1.0	2.12	0.27
2-3	1.0	2.12	0.53
2-4	1.0	2.12	0.80
2-5	1.0	2.12	1.06
2-6	1.0	2.12	1.33
2-7	1.0	2.12	1.59

3.3 き裂進展解析手順

き裂進展解析は次の (a) ～ (c) の手順によって実施するものとする。

- (a) J 積分の解析結果を、設定したき裂寸法における基本解析制御パラメータとされる重ね継手の沈下量（鉛直変位） δ_0 値（き裂なし場合の値）との関係で整理する。
- (b) J 積分値がゼロの場合、すなわち鉛直変位がゼロの場合を基準状態とし、その基準状態からの変動量として、解析から得られた J 積分値を J 積分範囲 ΔJ_c と見なす。各設定したき裂深さの最深点における ΔJ_c のみ注目するため、き裂深さ及び重ね継手の鉛直変位値 $\Delta\delta_0$ （き裂があるときの値）の変動による ΔJ_c の変化を、式 (3.3.1) に示す関数 $M(c)$ と線形補正関数 $f(\Delta\delta_0)$ との積の形で表わす。ここで、関数 $M(c)$ は各設定したき裂深さにおける J 積分値を沈下量 $\Delta\delta_0$ で割った値の平均値（全ステップ）を用いて、き裂深さとの関係（式 (3.3.2) に示す多項式）が求められる。重ね継手の沈下量と J 積分値の関係がほぼ線形であるため、式 (3.3.3) に示す近似的な線形補正関数 $f(\Delta\delta_0)$ を用いて沈下量の変動分の補正を行う。

$$\Delta J_c = M(c) \times f(\Delta\delta_0) \quad (3.3.1)$$

ここには、

$$M(c) = x_1 c + x_2 c^2 + x_3 c^3 + x_4 c^4 \quad (3.3.2)$$

$$f(\Delta\delta_0) = \frac{p_1 \Delta\delta_0}{1 + p_2 / \Delta\delta_0^2} \quad (3.3.3)$$

- (c) 求めた ΔJ_c を式 (3.1.1) に示すき裂進展則に代入して、式 (3.3.4) に示すように初期き裂深さ c から、設定した限界き裂状態のき裂深さ c_f （のど厚の 80% に達したとき貫通とみなす）まで積分して、想定した繰返し負荷状態における繰返し回数（貫通までの疲労破断回数） N_f を求める。

$$N_f(-) = \int dN = \int_c^{c_f} \frac{1}{C^*} \frac{1}{(\Delta J_c)^{m^*}} dc = \int_c^{c_f} \frac{1}{C^*} \frac{1}{(f(\Delta\delta_0)M(c))^{m^*}} dc \quad (3.3.4)$$

3.4 2次元解析モデルによるき裂進展解析結果

(1) のど厚 100%モデルの J 積分値解析結果

帯状初期き裂を有するのど厚 100%モデル（2次元解析モデル）による J 積分値解析結果を表 3.4.1 に示し、重ね継手の沈下量と J 積分値の関係および沈下量と溶接止端部に発生した底板の半径方向圧縮ひずみの関係をそれぞれ図 3.4.1 と図 3.4.2 に示す。代表的なき裂部

の塑性ひずみ分布図の一例を図 3. 4. 3 に示す。

表 3. 4. 1 初期き裂を有する底板重ね継手のルート部のき裂進展解析から求めた J 積分値
(板厚 : 6 mm、隙間 : 1 mm、のど厚 100%)

STEP	δ_0 [mm]	ε_r (2) [%]	各き裂深さ c ごとの J 積分値 [N/mm]					
			$c = 0.0$ [mm]	$c = 0.5$ [mm]	$c = 1.0$ [mm]	$c = 1.5$ [mm]	$c = 2.0$ [mm]	$c = 2.5$ [mm]
1	2.85	-0.07	0.58	1.41	2.84	6.57	11.06	12.95
2	6.10	-0.13	6.37	21.34	32.03	37.33	40.28	38.40
3	9.93	-0.15	20.16	57.69	71.04	75.15	74.75	68.20
4	13.70	-0.20	32.91	93.90	112.09	115.80	112.63	101.26
5	17.22	-0.23	42.83	126.44	154.35	158.95	153.10	137.11
6	20.61	-0.27	50.56	155.94	196.53	202.66	194.89	174.85
7	23.88	-0.31	56.65	179.63	235.08	245.25	238.18	214.41
8	26.75	-0.33	60.07	197.96	271.21	287.90	280.40	254.87
9	29.58	-0.35	62.95	209.07	306.51	328.90	322.11	295.17
10	32.56	-0.37	66.37	221.84	335.97	367.01	361.33	335.13

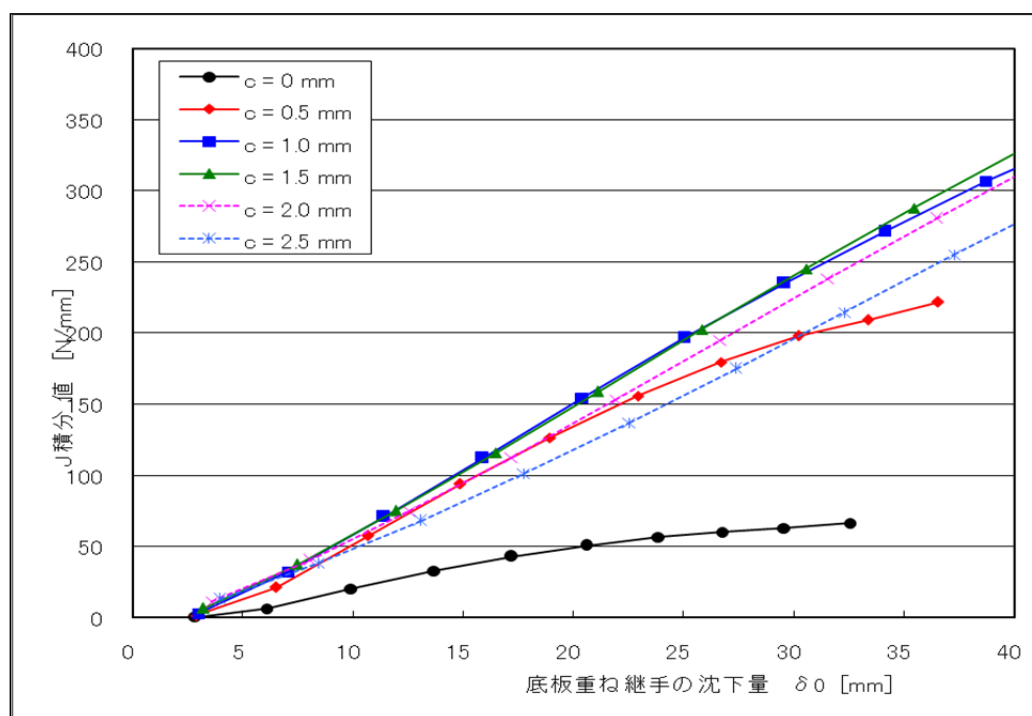


図 3. 4. 1 底板重ね継手の沈下量と J 積分値の関係 (のど厚 100%モデル)

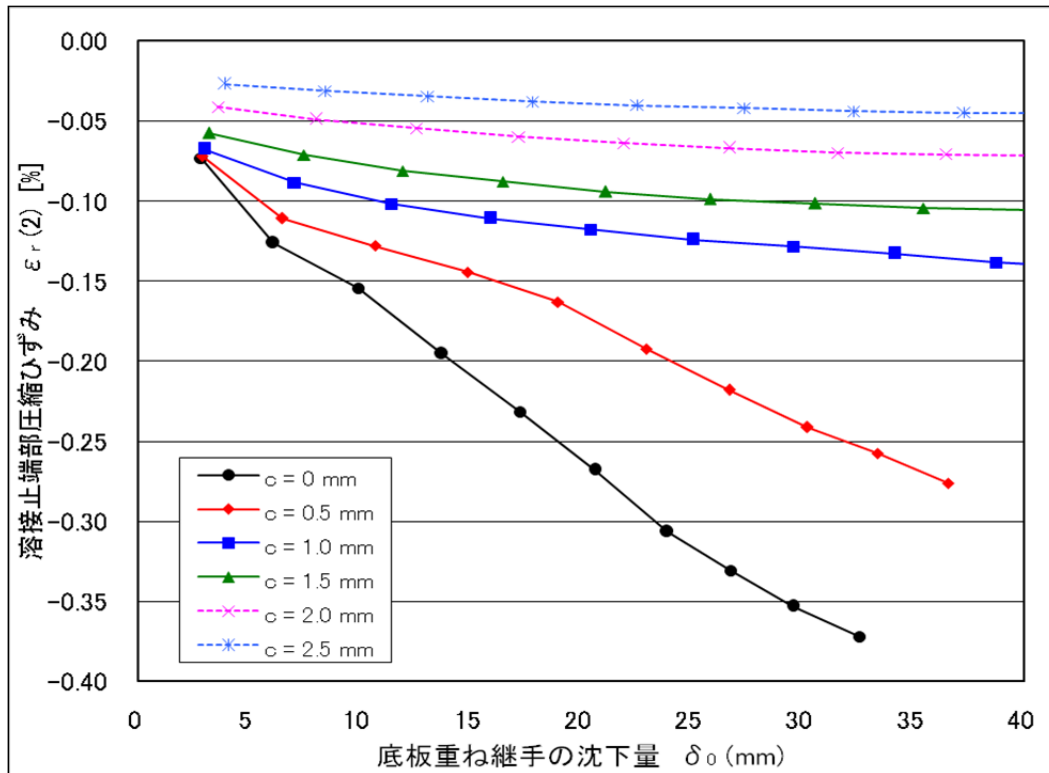


図 3. 4. 2 底板重ね継手の沈下量と溶接止端部に発生した底板の半径方向圧縮ひずみの関係
(のど厚 100%モデル)

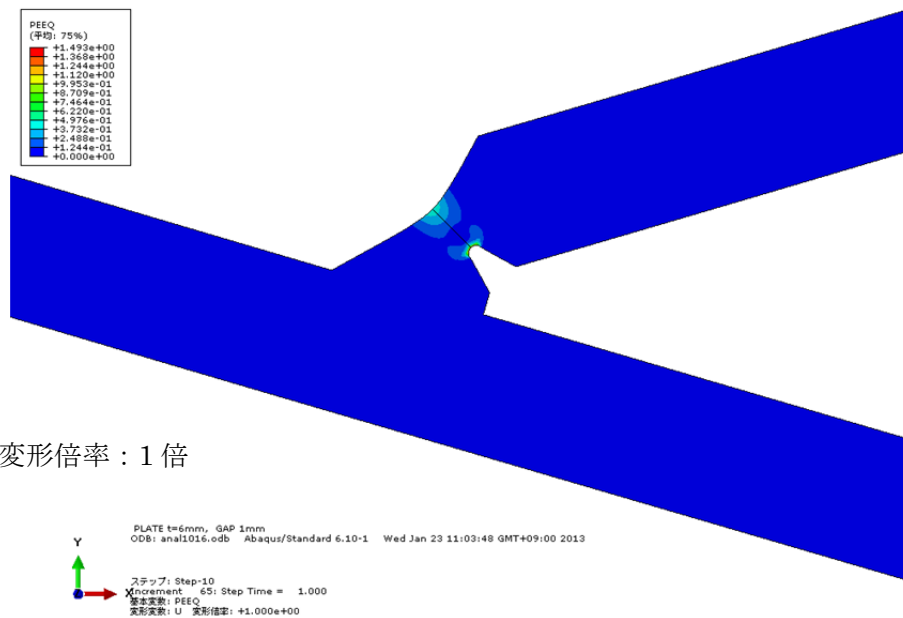


図3. 4. 3 き裂部の相当塑性ひずみの分布図の一例 (初期き裂深さ $c = 2.0$ mm)

なお、き裂進展解析の際に、以下の関数 $M(c)$ （図3.4.4参照）と線形補正関数 $f(\Delta\delta_0)$ （図3.4.5参照）を用いて、式(3.3.1)よりJ積分範囲 ΔJ_c を求める。

$$M(c) = 1.943 + 10.590c - 8.693c^2 + 3.255c^3 - 0.489c^4$$

$$f(\Delta\delta_0) = \frac{1.203\Delta\delta_0}{1 + 30.299/\Delta\delta_0^2}$$

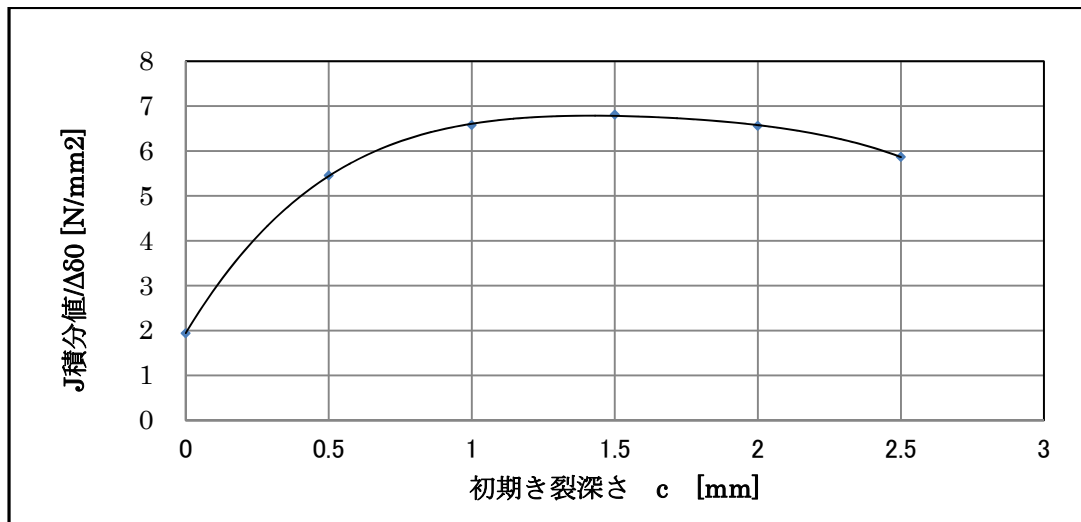


図 3.4.4 のど厚 100%モデルの $M(c)$ 関数

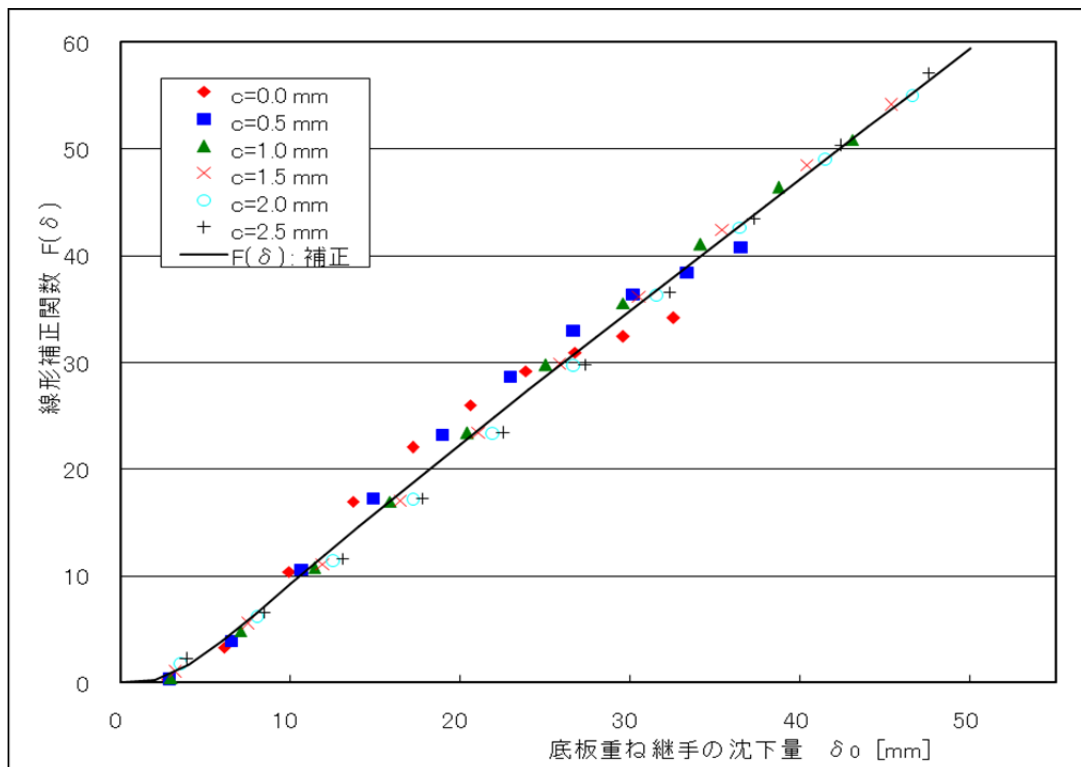


図 3.4.5 のど厚 100%モデルの線形補正関数 $f(\Delta\delta_0)$

(2) のど厚 50%モデルの J 積分値の解析結果

帯状初期き裂を有するのど厚 50%モデル（2 次元解析モデル）による J 積分値解析結果を表 3.4.2 に示し、重ね継手の沈下量と J 積分値の関係および沈下量と溶接止端部に発生した底板の半径方向圧縮ひずみの関係をそれぞれ図 3.4.6 と図 3.4.7 に示す。代表的なき裂部の塑性ひずみ分布図の一例を図 3.4.8 に示す。

表 3.4.2 初期き裂を有する底板重ね継手のルート部のき裂進展解析から求めた J 積分値
(板厚：6 mm、有害隙間：1 mm、のど厚 50%)

STEP	δ_0 [mm]	ε_r (2) [%]	各き裂深さ c ごとの J 積分値 [N/mm]					
			c = 0.00 [mm]	c = 0.27 [mm]	c = 0.53 [mm]	c = 0.80 [mm]	c = 1.06 [mm]	c = 1.33 [mm]
1	2.85	-0.033	3.82	7.64	8.76	8.81	8.11	6.62
2	6.38	-0.038	14.41	25.51	26.43	24.42	21.10	16.60
3	9.98	-0.042	26.66	46.08	46.57	42.26	36.04	28.17
4	13.64	-0.045	40.39	68.91	68.66	62.12	52.74	41.20
5	17.35	-0.047	55.44	93.49	92.33	83.48	70.95	55.61
6	21.12	-0.049	71.58	119.49	117.13	106.15	90.53	71.34
7	24.95	-0.051	88.65	146.69	143.16	129.97	111.24	88.21
8	28.80	-0.052	106.19	174.56	170.13	154.84	133.05	—
9	32.72	-0.053	124.27	203.16	197.86	180.57	—	—
10	36.71	-0.054	142.58	231.84	226.14	207.19	—	—

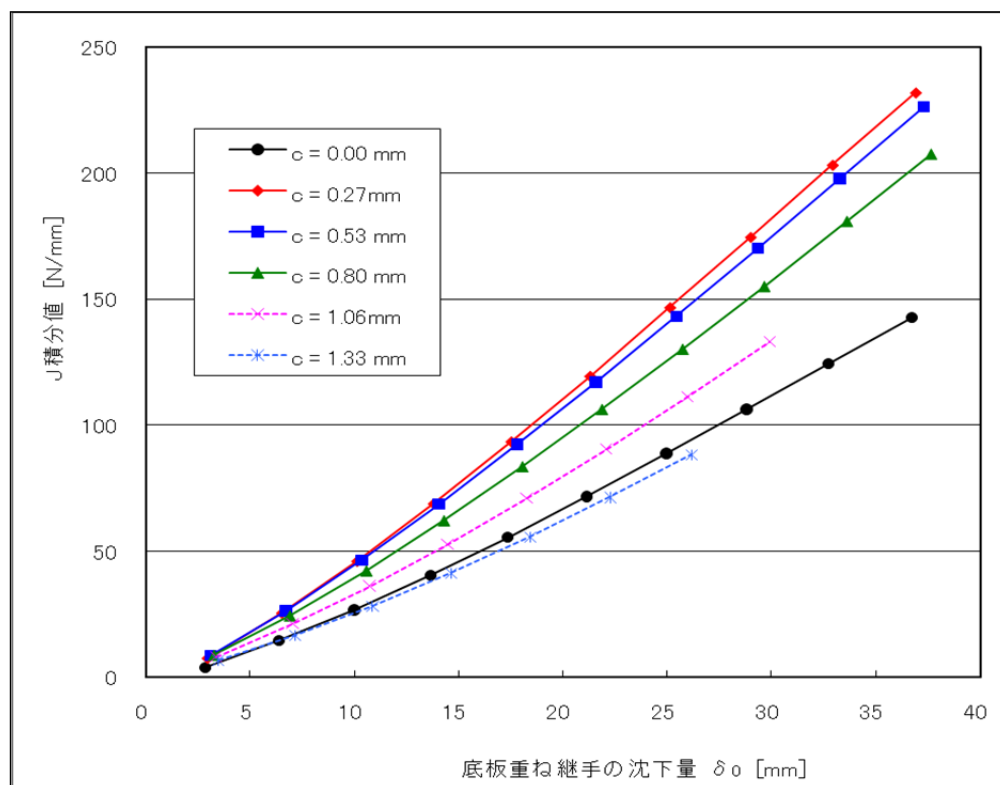


図 3.4.6 底板重ね継手の沈下量と J 積分値の関係（のど厚 50%モデル）

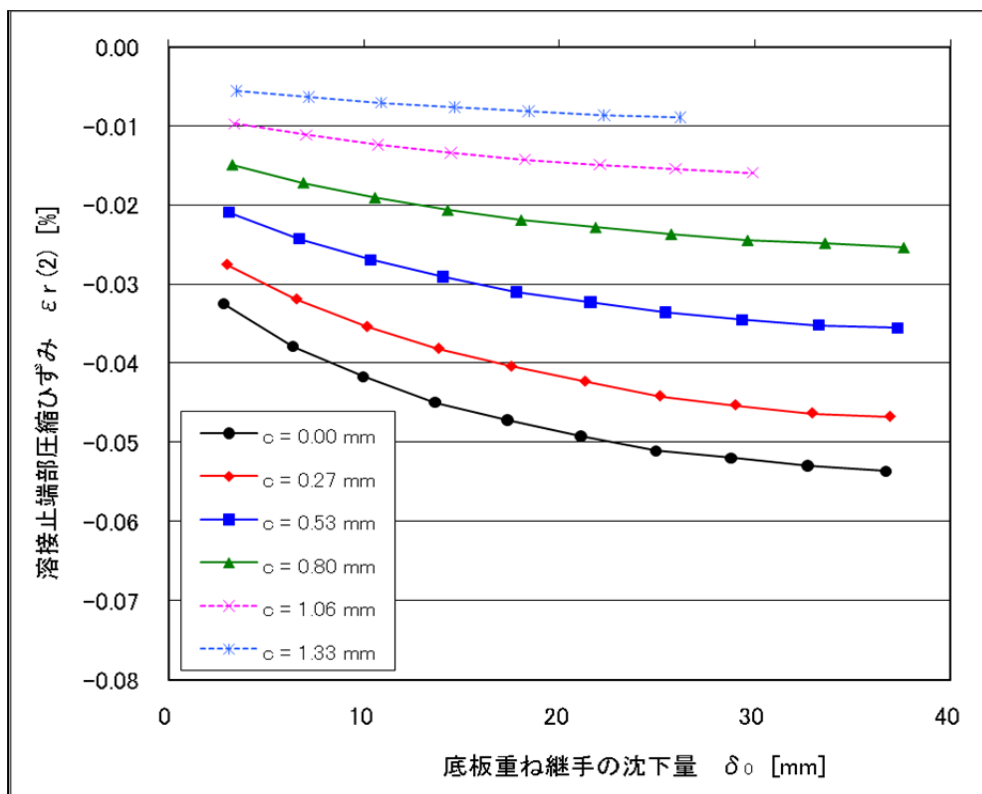


図 3. 4. 7 底板重ね継手の沈下量と溶接止端部に発生した底板の半径方向圧縮ひずみの関係
(のど厚 50%モデル)

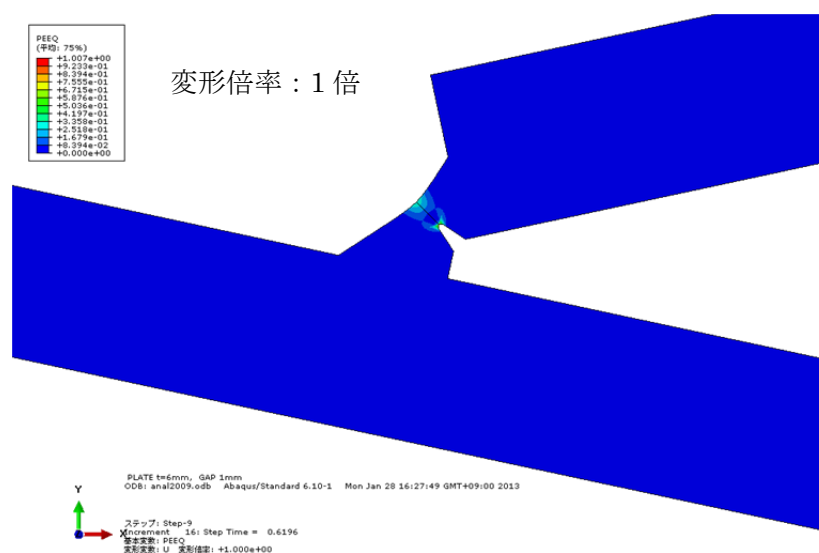


図3. 4. 8 き裂部の相当塑性ひずみの分布図の一例 (初期き裂深さ $c = 1.6$ mm)

なお、き裂進展解析の際に、以下の関数 $M(c)$ (図3. 4. 9参照) と線形補正関数 $f(\Delta\delta_0)$ (図3. 4. 10参照) を用いて、式(3. 3. 1)より J 積分範囲 ΔJ_c を求める。

$$M(c) = 3.091 + 12.521c - 23.397c^2 + 15.295c^3 - 3.696c^4$$

$$f(\Delta\delta_0) = \frac{1.244\Delta\delta_0}{1 + 42.967/\Delta\delta_0^2}$$

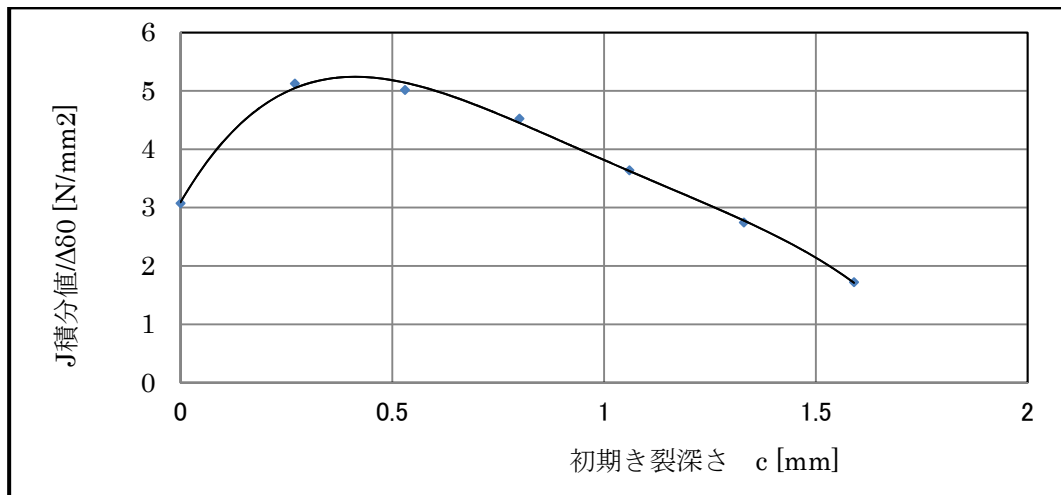


図 3. 4. 9 のど厚 50%モデルの $M(c)$ 関数

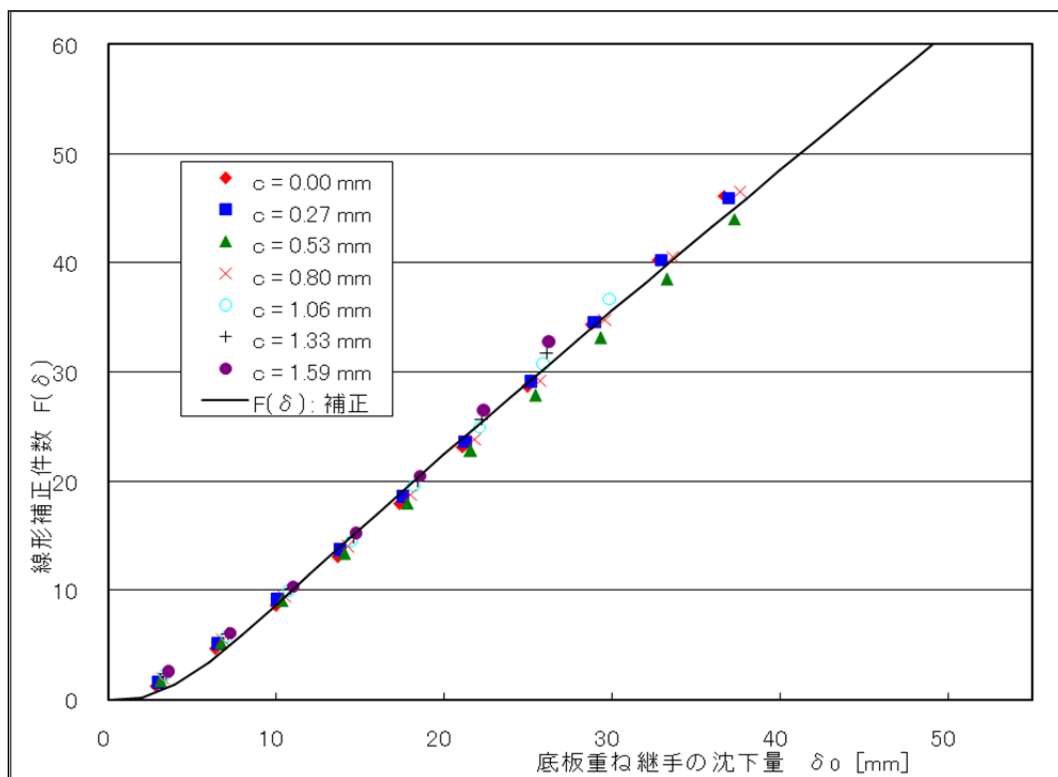


図 3. 4. 10 のど厚 50%モデルの線形補正関数 $f(\Delta\delta_0)$

3.5 疲労寿命カーブ作成と沈下量に対応する許容き裂深さの推定

き裂成長評価式を用いて、2次元解析モデルのき裂進展解析結果を評価することにより、初期き裂深さを設定した重ね継手溶接部のルート部の最終限界き裂深さ(のど厚の80%と設定)までの到達回数を式(3.3.4)の数値積分より算定し、沈下量と疲労破断回数の関係を示す疲労寿命カーブを作成する。

(1) のど厚100%モデルの疲労寿命カーブ

初期き裂深さを設定した重ね継手溶接部のルート部の最終限界き裂深さまでの到達回数と疲労寿命カーブを表3.5.1と図3.5.1に示す。

表3.5.1 のど厚100%モデルのき裂進展解析による最終限界き裂(のど厚の80%)への到達回数

解析 番号	初期き裂 c [mm]	最終き裂 cf [mm]	STEP δ_0 [mm]	1 2	2 4	3 6	4 8	5 10	6 15	7 20	8 25	9 35
1-1	0.0	3.4	Nf [回]	501623	22283	4970	2033	1110	428	236	153	81
1-2	0.5	3.4	Nf [回]	451751.9	20068	4476	1831	999	386	212	137	73
1-3	1.0	3.4	Nf [回]	432633.3	19219	4287	1754	957	370	203	132	70
1-4	1.5	3.4	Nf [回]	416470	18500	4127	1688	921	356	196	127	68
1-5	2.0	3.4	Nf [回]	400163	17776	3965	1622	885	342	188	122	65
1-6	2.5	3.4	Nf [回]	381896.1	16965	3784	1548	845	326	180	116	62

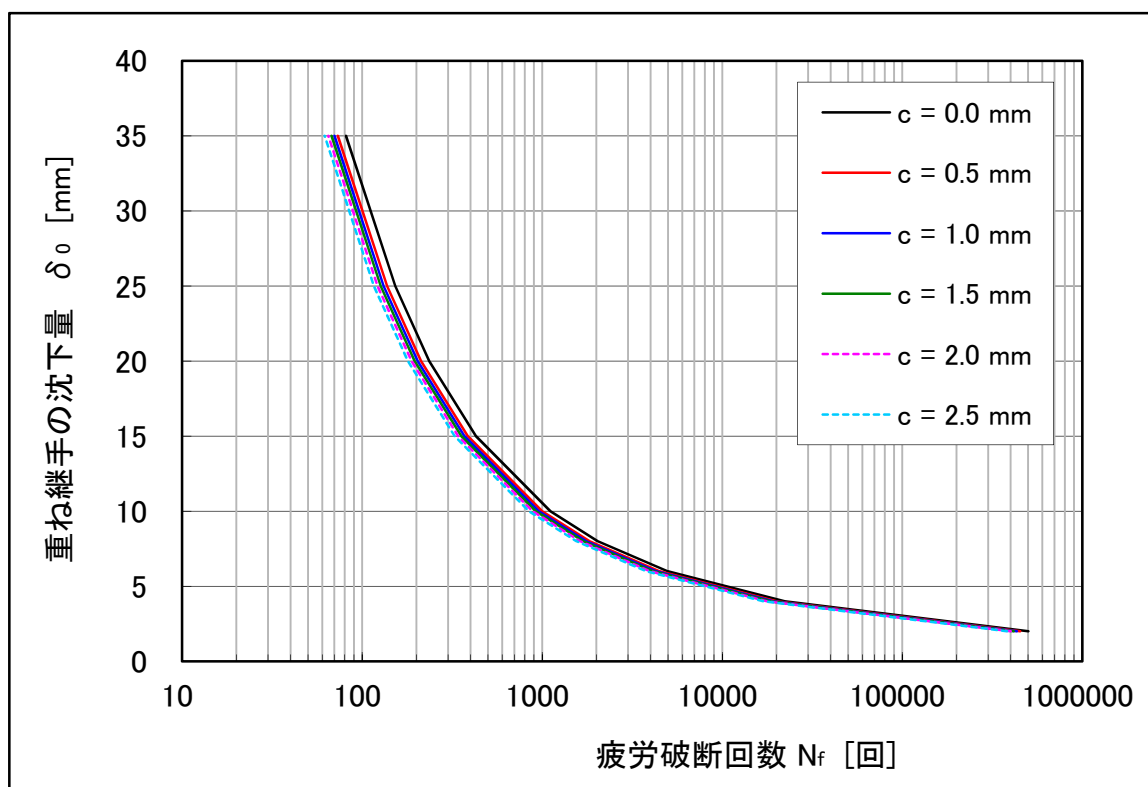


図3.5.1 のど厚100%モデルの疲労寿命カーブ

(2) のど厚50%モデルの疲労寿命カーブ

初期き裂深さを設定した重ね継手溶接部のルート部の最終限界き裂深さまでの到達回数と疲労寿命カーブを表3.5.2と図3.5.2に示す。

表 3.5.2 のど厚 50%モデルのき裂進展解析による最終限界き裂(板厚の 80%)への到達回数

解析 番号	初期き裂 c [mm]	最終き裂 cf [mm]	STEP	1	2	3	4	5	6	7	8	9
			δ_0 [mm]	2	4	6	8	10	15	20	25	35
2-1	0.00	1.7	Nf [回]	356195	13938	2765	1039	535	191	102	65	34
2-2	0.27	1.7	Nf [回]	323126	12644	2508	942	485	173	92	59	31
2-3	0.53	1.7	Nf [回]	301413	11795	2340	879	452	162	86	55	29
2-4	0.80	1.7	Nf [回]	275717	10789	2140	804	414	148	79	50	26
2-5	1.06	1.7	Nf [回]	241730	9459	1876	705	363	130	69	44	23
2-6	1.33	1.7	Nf [回]	188544	7378	1464	550	283	101	54	34	18
2-7	1.59	1.7	Nf [回]	93029	3640	722	271	140	50	27	17	9

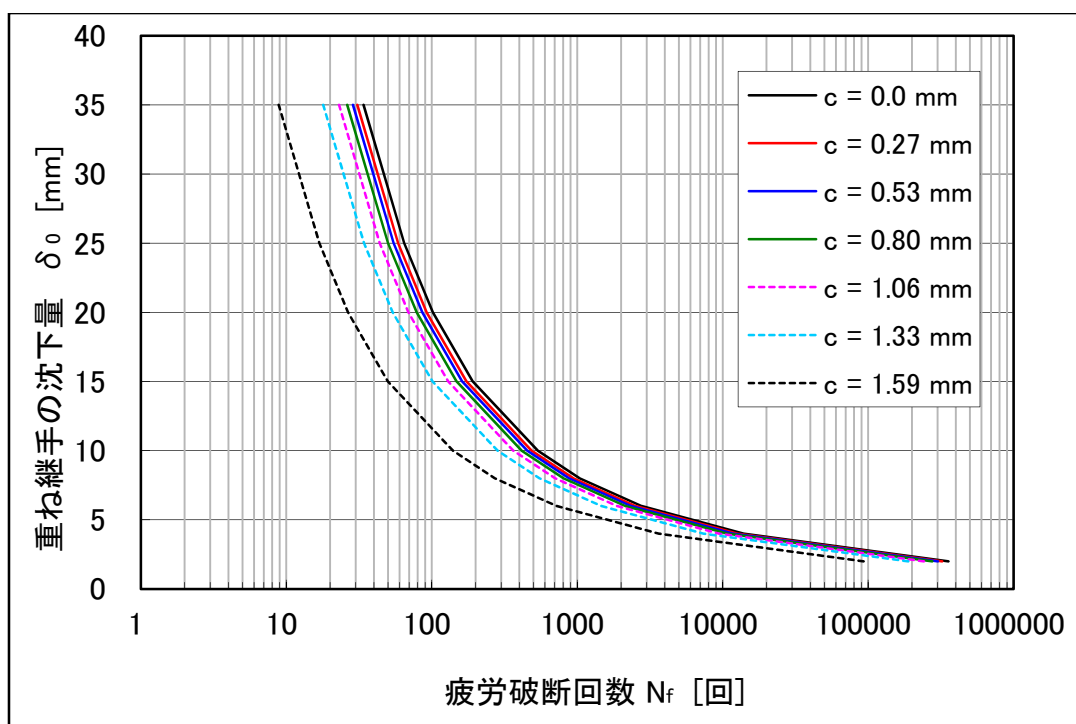


図 3.5.2 のど厚 50%モデルの疲労寿命カーブ

4 4点曲げ試験結果とき裂進展解析結果との比較

4.1 静荷重試験による計測ひずみと解析ひずみとの比較

4点曲げによる静的負荷試験を実施し、初層部無欠陥、のど厚 100%、隙間 1mm の試験片に対し図 4.1.1 に示す位置にひずみゲージを取り付けデータを採取した。溶接止端部の計測値（ひずみ 1）と解析から得られたひずみとの比較を図 4.1.2、溶接表面（ひずみ 2）の比較を図 4.1.3 に示す。

図 4.1.2 に示す止端部のひずみとの比較結果では、沈下量の 20mm 以下の範囲において両者にはそれほど大きな差はないものの、図 4.1.3 に示す溶接表面のひずみの比較結果では、両者の差が存在することがわかる。

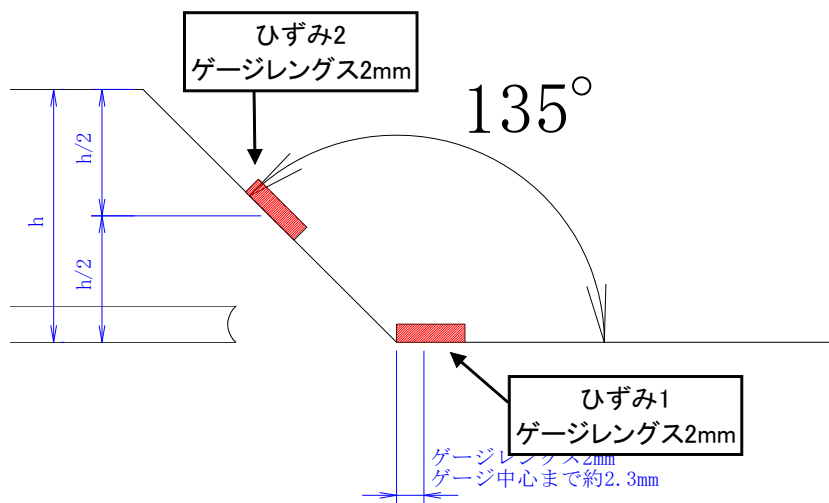


図 4. 1. 1 ひずみ計測位置

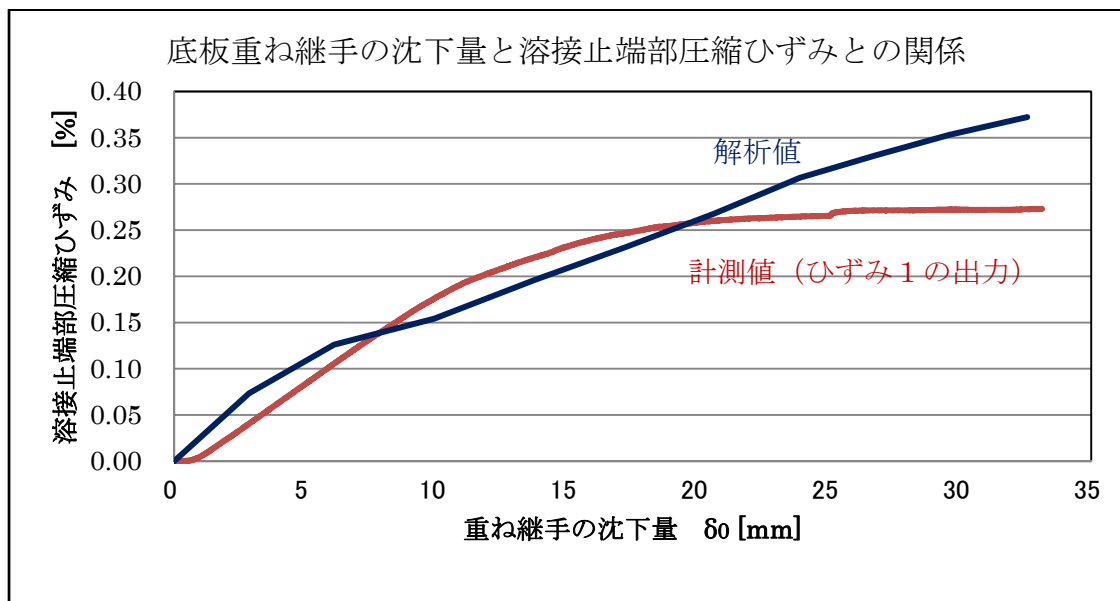


図 4. 1. 2 のど厚 100%モデルの溶接止端部に発生した圧縮ひずみと試験計測値との比較

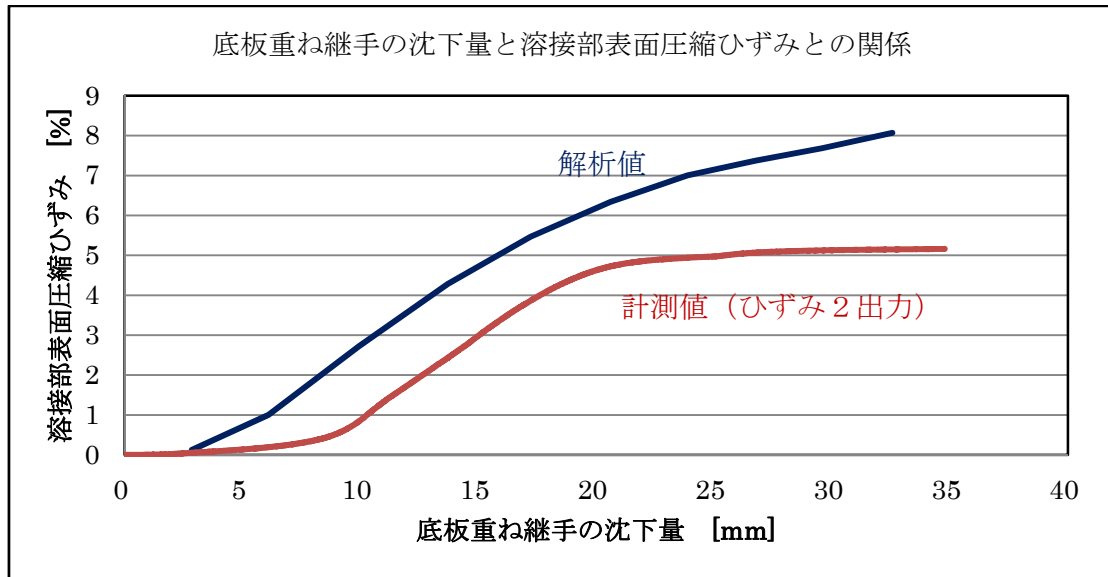


図 4.1.3 のど厚 100%モデルの溶接部表面に発生した圧縮ひずみと試験計測値との比較

4.2 曲げ疲労試験から得られた破断回数とき裂進展解析から得られた破断回数との比較

き裂進展解析から得られた溶接部の疲労破断回数及び曲げ疲労試験結果を図 4.2.1 と図 4.2.2 に示す。なお、曲げ疲労試験で得られた変位は試験機で与えた強制変位 δ_p であることから、有限要素法解析によって得られた δ_p と δ_0 との関係により補正した。

今回の条件では、解析結果は非安全側の評価となっています。今後、高い塑性ひずみ発生したルート部に対応できる適切なき裂進展則の定数 C' と指数 m' の選定が要検討項目として考えられる。

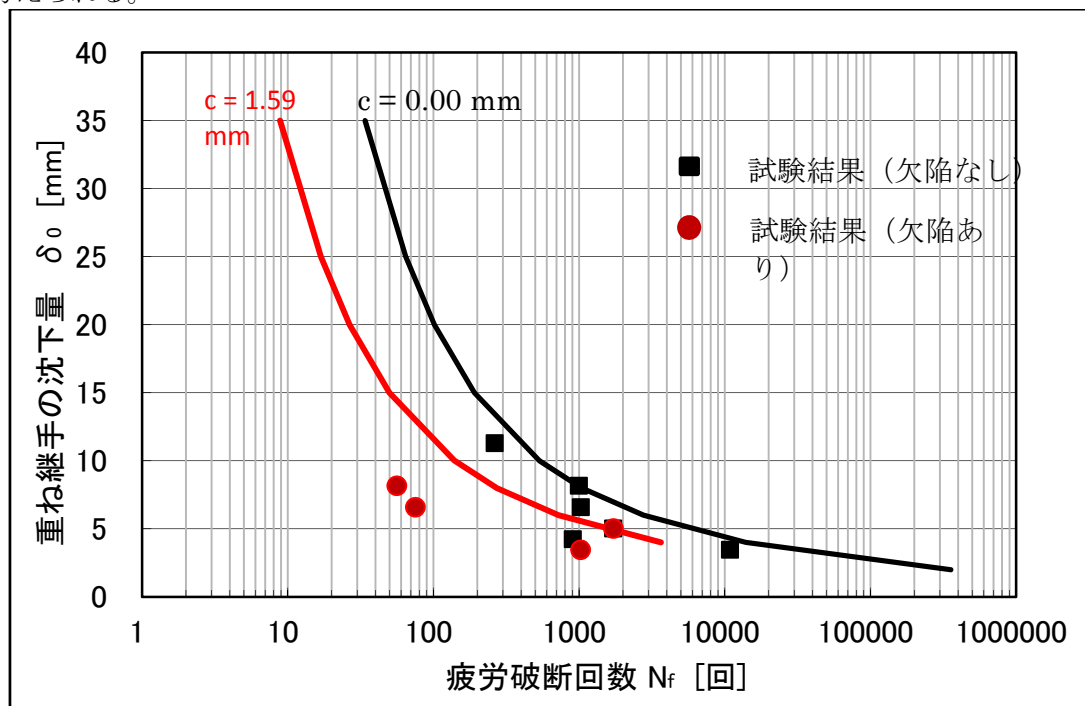


図 4.2.1 のど厚 50%モデルの解析結果と試験結果との比較

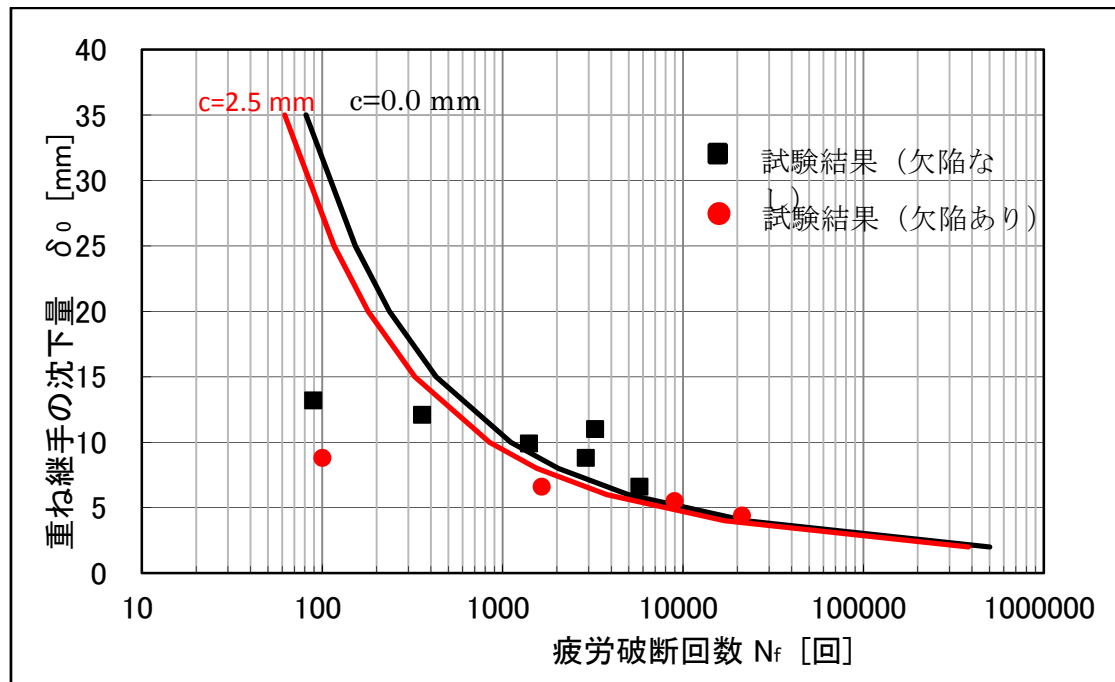


図 4.2.2 のど厚 100%モデルの解析結果と試験結果との比較

5 まとめ

重ねすみ肉溶接部の構造的要因（初層部欠陥の有無、隙間、のど厚）のうち、初層部欠陥の有無及びのど厚の大小が疲労強度に影響を及ぼすことが分かった。

また、有限要素法を用いたき裂進展解析から沈下量と疲労破断回数の関係を示す疲労寿命カーブを得た。疲労破断回数の少ない範囲（概ね $N_f < 1,000$ ）において4点曲げ疲労試験から得られた結果に対して非安全サイドの結果となっている。一例ではあるが、300mm程度の範囲において20mmの沈下が考えられる場合は、溶接部の初層が無欠陥、かつ、のど厚が健全な場合においても、解析上は100回程度の繰り返し回数によりルート部からのき裂がのど厚の80%まで進展する結果となっており、曲げ疲労試験の結果からは更に少ない回数でき裂が同程度進展することが考えられることに留意する必要がある。

旧法屋外タンク貯蔵所は設置から概ね40年以上経過したものが大半であり、底板の重ね溶接部には荷重履歴が重ねられていることから、慎重な検討が必要と考えられる。今後、旧法屋外タンク貯蔵所の底板の沈下による重ねすみ肉溶接部の疲労強度を定量的に評価するためには、実際のタンクにおいて沈下が起こる範囲、その範囲における荷重による沈下量、すみ肉溶接初層部の欠陥の有無、すみ肉溶接ののど厚について把握することが重要になると考える。