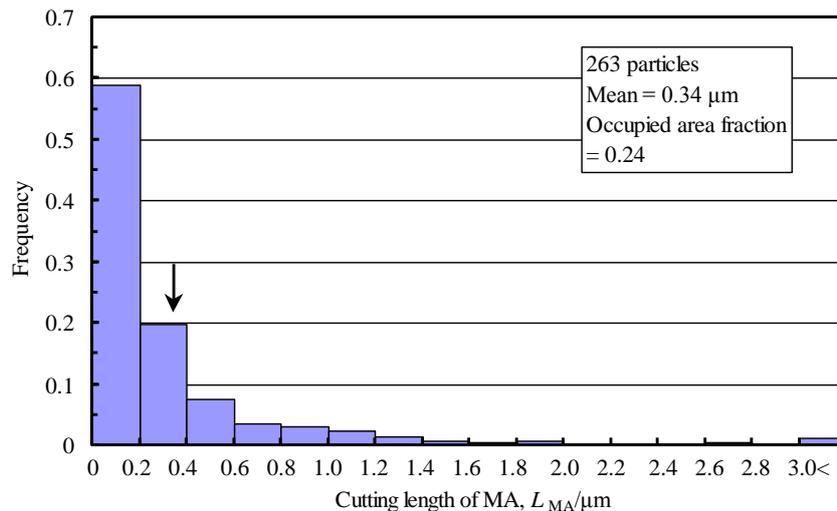


図 63.2 は、前出の SEM 像 (図 63.1(a)) の視野を縦方向に 8 等分割、横方向を 12 等分割する切断線分上に交差する第二相 (MA あるいは析出物粒子) の長さ(a)と線分上における母相の長さ(b)のヒストグラムをそれぞれ示したものである。線分上の母相間に段差や微小な第二相粒子が認められる場合には区分して長さを計測している。母相間の段差 (境界) に第二相が存在しない場合でも SEM のエッジ効果によって、コントラストが強調されるので判別が容易である。第二相の占有面積率は 0.24 で、母相の占有率は 0.76 となり、第二相 : 母相 = 1 : 3 の比率である。第二相の平均長さは $0.34\mu\text{m}$ である一方、母相の長さは $0.61\mu\text{m}$ と 2 倍弱の大きさである。実際、前図の高倍率 SEM 像が示す通り、第二相・母相ともにサブミクロン以下で微細な場合の多いことがわかる。ヒストグラムの形は傾斜の大きい右肩下がりであるために、第二相・母相ともに微細なものの頻度が高いことを示している。母相長さは第二相粒子間隔も反映するために、第二相粒子が微細で均一に分散していることが統計的に裏付けられる。

現状の試作材において、粒子サイズ・粒子間隔ともにサブミクロンオーダーを実現しており、有効結晶粒の微細化と第二相粒子の均一分散化に関してはほぼ目的を達していると考えられる。実用化に向けての組織改善の試みとしては、前出のマイクロ偏析の改善とともに、第二相と母相の比率の最適化こそが組織創製のキーポイントとなるであろう。そのためには、母相・第二相粒子の同定と各組織因子に対する強度特性を把握することが必須となる。現在、表面電位プローブ顕微鏡を用いた組織因子同定法の開発と、ナノインデンテーション (微小硬度計) を用いた微小組織因子に対する強度特性評価を準備中である。

(a)第二相サイズ



(b)母相サイズ

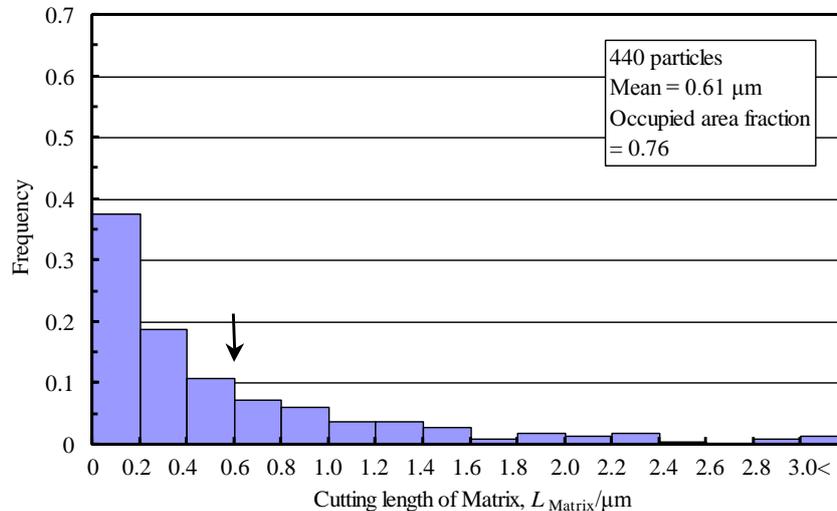


図 63.2 第二相粒子と母相サイズのヒストグラム

6.4 遅れ破壊性評価試験

残留オーステナイトを含有する鋼板に加工が加わると、オーステナイトの安定度によっては加工誘起マルテンサイト変態を起こすため、水素脆化による遅れ破壊の発生が懸念される。本試験は試験片にシャー切断を行うことで、プレストリム加工相当の大きな破断歪を与え、その試験片に0.1Nの塩酸水溶液に浸漬して水素チャージを行い、遅れ破壊性の評価を行う。

(1) 試験方法

- (a)表 64.1 に示す通り、5種類のクリアランスが異なるシャー切断を表 64.2 の試験条件にて塩酸浸漬して、水素チャージを行う。
- (b)所定チャージ時間（1h、2h、3h、5h、24h、48h、72h、96h）経過後に、亀裂発生状況を観察し、遅れ破壊評価を行う。

表 64.1 実績クリアランス結果

クリアランス %	板厚 mm		記号
	1.2	1.4	
	設定値 mm		
結果待ち	0.06	0.07	1
結果待ち	0.12	0.14	2
結果待ち	0.14	0.17	3
結果待ち	0.18	0.21	4
結果待ち	0.24	0.28	5

表 64.2 試験条件

項目	条件
クリアランス	約5～20%：5水準
試験液 温度	23℃ 恒温設定 (ウオーターバス使用)
酸	HCL (毎日 液を交換する。)
濃度	0.1N
浸漬時間	1h,2h,3h,5h,24h,48h,72h,96h
試験タイミング	a) 切断＝即日発送 b) 切断翌日＝切断24時間後 浸漬開始

(2) 評価項目及び評価方法

- (a)水素量：母材、水素チャージ後の試験片の400℃未満での放出水素量を測定し、拡散性水素がどの程度吸蔵されているか調査する。
- (b)亀裂：母材、水素チャージ後の試験片の断面を観察し割れの確認を行う。

(3) 試験結果

(a) 水素量測定

放出水素量の測定結果を図 64.1 に示す。400°C未満で放出された水素を拡散性水素として積算した。結果は検出されなかった 72 時間浸漬を除くと、浸漬時間 24 h、48 h、96 h に対して放出水素量は 0.008 ppm、0.016 ppm、0.031 ppm 検出されている。また、時間に比例して増加している。

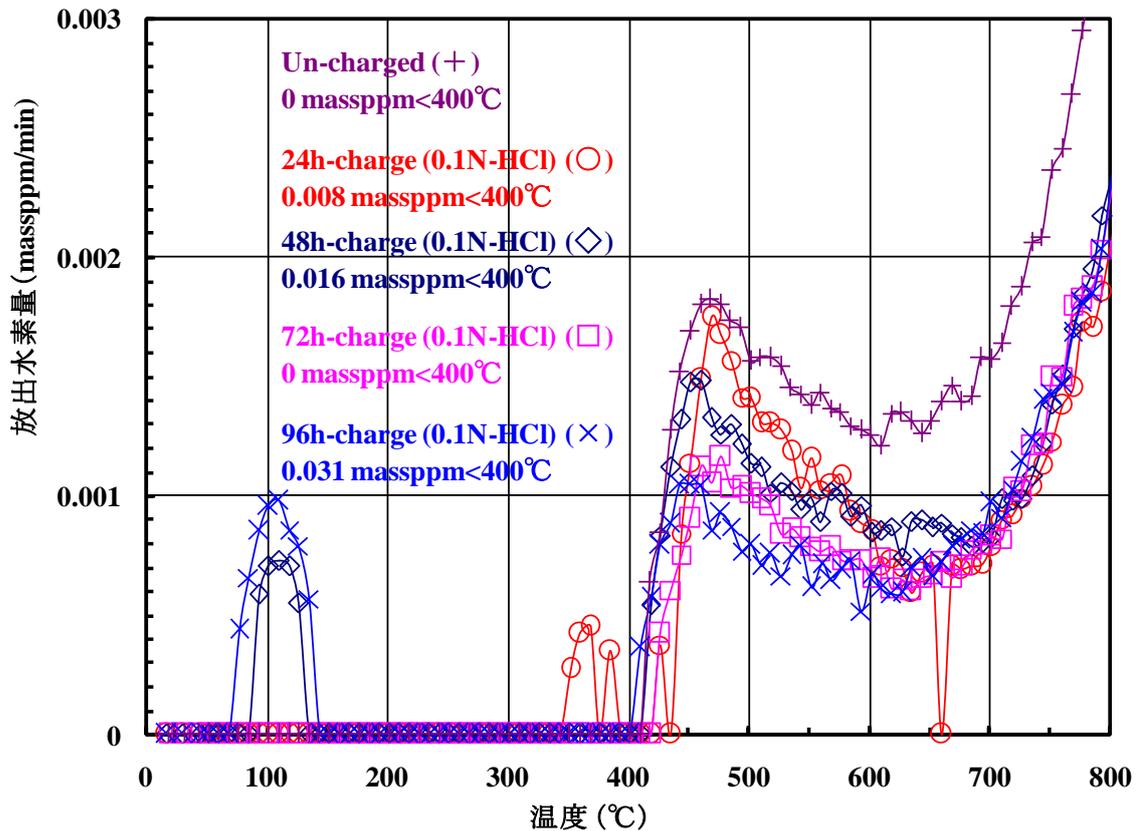


図 64.1 放出水素量測定結果

(b) シャー切断面観察

各条件の試験片を塩酸浸漬後に、亀裂発生の有無を確認した。結果を表 64.3、塩酸浸漬時間 72h と 96h の外観写真を図 64.2～図 64.5 に示す。

いずれの条件においても切断面に遅れ破壊による亀裂発生は確認されなかった。

表 64.3 断面観察結果

1.2t				備考	1.4t				備考
代符	クリアランス	浸漬時間(Hr)	クラック有無		代符	クリアランス	浸漬時間(Hr)	クラック有無	
1-1	0.06	1	無		A1-1	0.07	1	無	
1-2	0.06	2	無		A1-2	0.07	2	無	
1-3	0.06	3	無		A1-3	0.07	3	無	
1-4	0.06	5	無		A1-4	0.07	5	無	
1-5	0.06	24	無		A1-5	0.07	24	無	
1-6	0.06	48	無		A1-6	0.07	48	無	
1-7	0.06	72	無	外観	A1-7	0.07	72	無	外観
1-8	0.06	96	無	外観・SEM	A1-8	0.07	96	無	外観・SEM
2-1	0.12	1	無		A2-1	0.14	1	無	
2-2	0.12	2	無		A2-2	0.14	2	無	
2-3	0.12	3	無		A2-3	0.14	3	無	
2-4	0.12	5	無		A2-4	0.14	5	無	
2-5	0.12	24	無		A2-5	0.14	24	無	
2-6	0.12	48	無		A2-6	0.14	48	無	
2-7	0.12	72	無	外観	A2-7	0.14	72	無	外観
2-8	0.12	96	無	外観・SEM	A2-8	0.14	96	無	外観・SEM
3-1	0.14	1	無		A3-1	0.17	1	無	
3-2	0.14	2	無		A3-2	0.17	2	無	
3-3	0.14	3	無		A3-3	0.17	3	無	
3-4	0.14	5	無		A3-4	0.17	5	無	
3-5	0.14	24	無		A3-5	0.17	24	無	
3-6	0.14	48	無		A3-6	0.17	48	無	
3-7	0.14	72	無	外観	A3-7	0.17	72	無	外観
3-8	0.14	96	無	外観・SEM	A3-8	0.17	96	無	外観・SEM
4-1	0.18	1	無		A4-1	0.21	1	無	
4-2	0.18	2	無		A4-2	0.21	2	無	
4-3	0.18	3	無		A4-3	0.21	3	無	
4-4	0.18	5	無		A4-4	0.21	5	無	
4-5	0.18	24	無		A4-5	0.21	24	無	
4-6	0.18	48	無		A4-6	0.21	48	無	
4-7	0.18	72	無	外観	A4-7	0.21	72	無	外観
4-8	0.18	96	無	外観・SEM	A4-8	0.21	96	無	外観・SEM
5-1	0.24	1	無		A5-1	0.28	1	無	
5-2	0.24	2	無		A5-2	0.28	2	無	
5-3	0.24	3	無		A5-3	0.28	3	無	
5-4	0.24	5	無		A5-4	0.28	5	無	
5-5	0.24	24	無		A5-5	0.28	24	無	
5-6	0.24	48	無		A5-6	0.28	48	無	
5-7	0.24	72	無	外観	A5-7	0.28	72	無	外観
5-8	0.24	96	無	外観・SEM	A5-8	0.28	96	無	外観・SEM



図 64.2 シャー断面外観写真 1.2mm 72h



図 64.3 シャー断面外観写真 1.4mm 72h



図 64.4 シヤー断面外観写真 1.2mm 96h

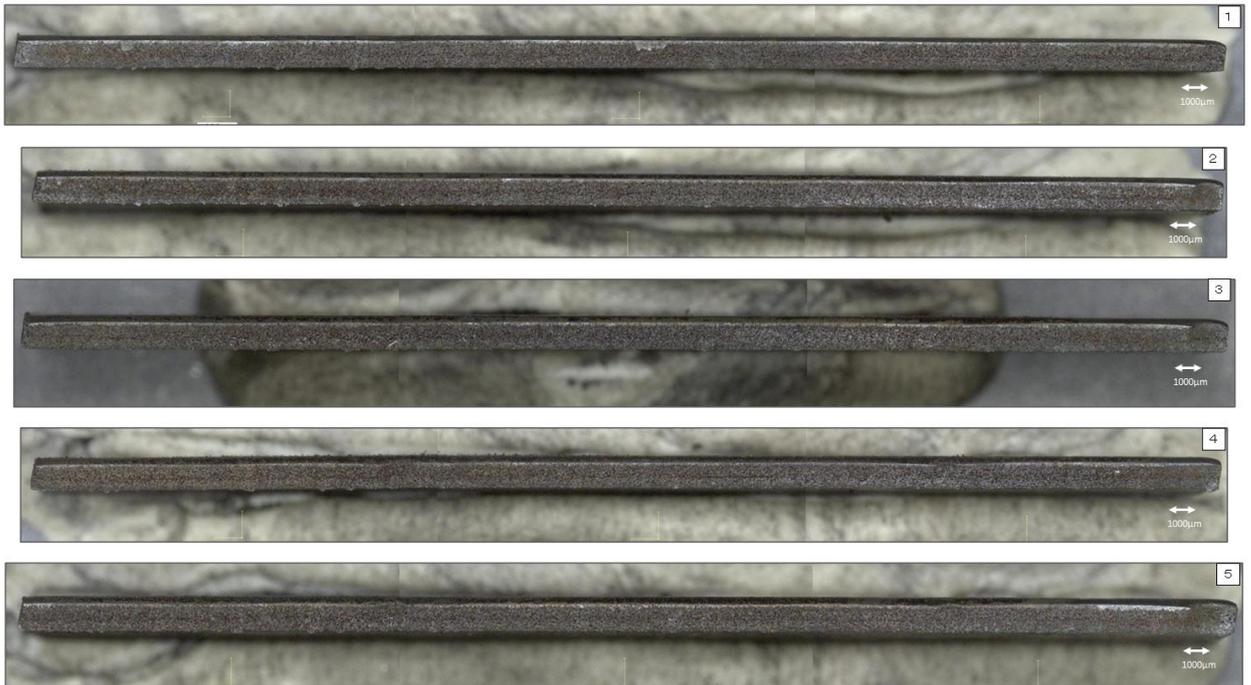


図 64.5 シヤー断面外観写真 1.4mm 96h

6.5 成形性評価

基本的な成形加工の特性値を確認するため、曲げ性、伸びフランジ性、張り出し性、および縮みフランジ性について、それぞれ、曲げ試験、穴広げ試験、エリクセン試験、円筒深絞り試験を実施した。

6.5.1 曲げ試験

(1) 試験方法

曲げ性を評価するため、図 65.1 に例示する曲げ試験を実施した。

試験方法：JIS Z 2248 に準ずる。

試験片：200×30mm

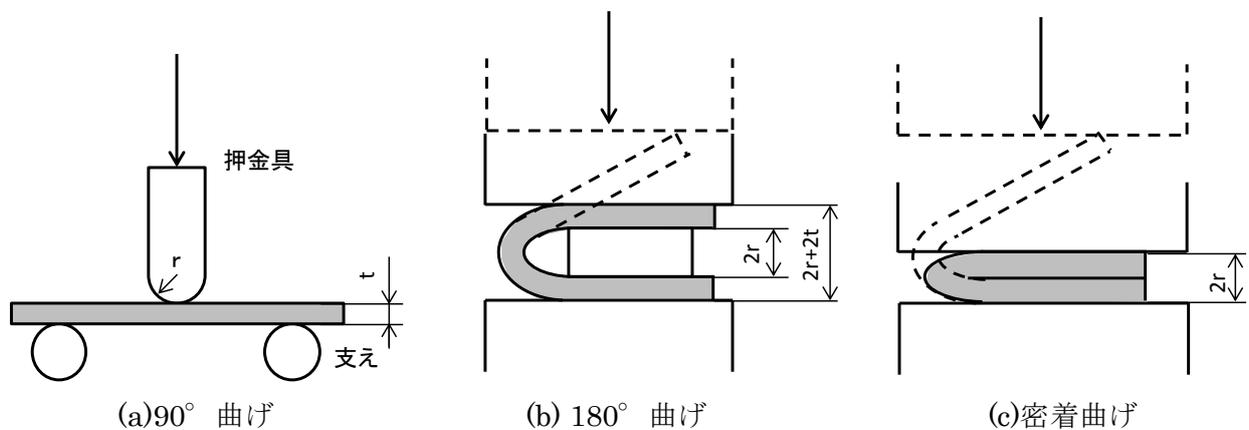


図 65.1 曲げ試験方法

(2) 試験結果

サンプリングした試験片について、180° 曲げは、試験片が支え間を通り抜けるまでの押し込みのみを行った。

曲げ試験結果は、L 方向においては全て 180° 曲げは出来ていたが、C 方向において 180° 曲げが出来ていないものがあり、異方性の影響と考えられる。仕上圧延温度を設定まで上げることによる異方性対策によって、これら問題は解決すると考えている。

6.5.2 穴広げ試験

(1)試験方法

伸びフランジ性を評価するため、図 65.2 に例示する穴広げ試験を実施した。

試験方法： JIS Z 2256 に準ずる。

n 数：3

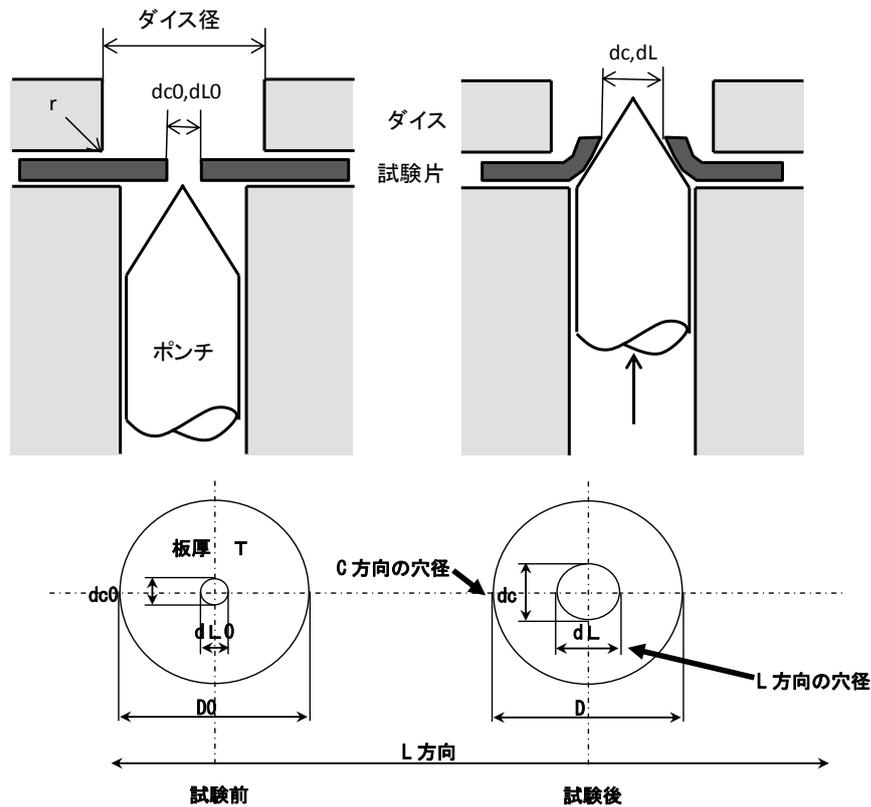


図 65.2 穴広げ試験

(2)試験結果

試作材で穴広げ試験を実施した結果を表 65.1 および図 65.3 に示す。

本試作材は FY2012 の 2.0mm と同等の特性値を有し、現行高炉比較材よりも特性は優れている。

表 65.1 穴広げ試験結果

コイルNo.	穴広げ率			
	%	最小	最大	A V
1.2t No.20	19.8	19.8	20.2	20.0
	20.2			
	19.9			
1.4t No.15	23.1	21.7	23.6	22.8
	21.7			
	23.6			
FY2012 2.0mm	23.8	21.4	24.5	23.3
	21.4			
	24.5			
現行高炉比較材 980MPa 1.8mm	9.9	9.9	18.4	14.2
	18.4			

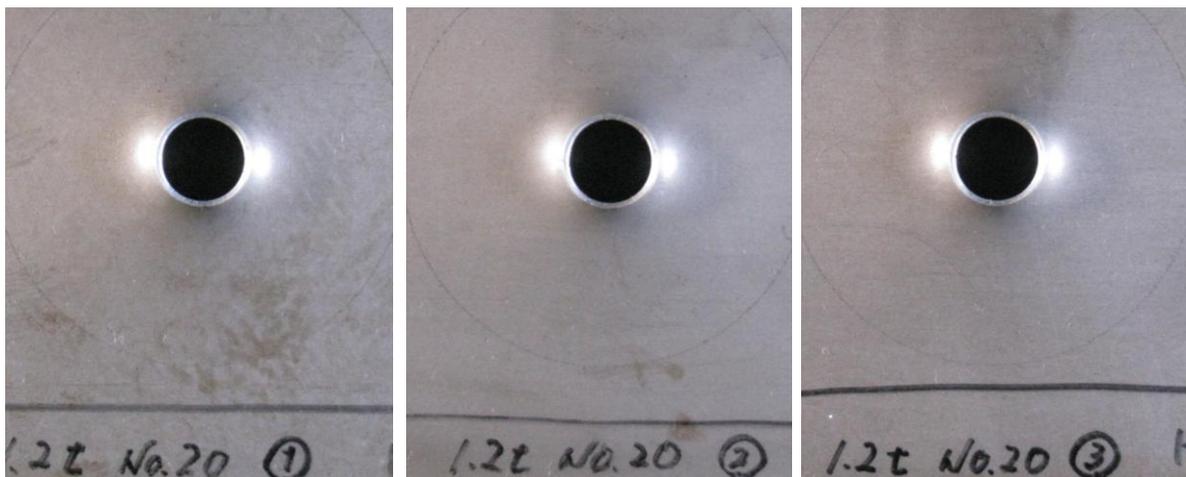


図 65.3 穴広げ試験片の外観写真 (1.2mm No20)

6.5.3 エリクセン試験

(1)試験方法

張り出し性を評価するため、図 65.4 に例示するエリクセン試験を実施した。

試験方法： JIS Z 2247 に準ずる。

n 数：3

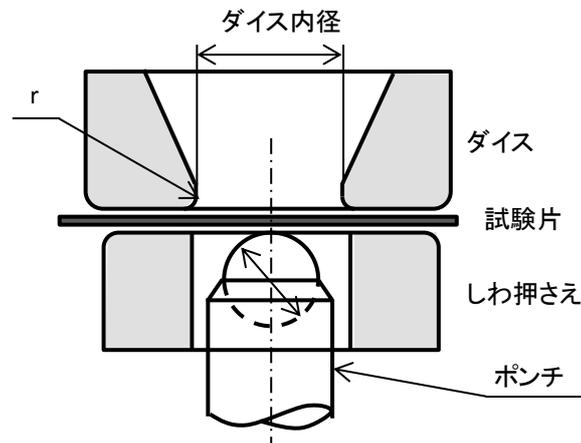


図 65.4 エリクセン試験

(2)試験結果

試作材のエリクセン試験の結果を、表 65.2 および図 65.5 に示す。

試作材は板厚を考慮すると FY2012 の 2.0mm より優れ、現行高炉比較材と同等の特性値を有しているものと考えられる。

表 65.2 エリクセン試験結果

COILNo.	ストローク			
	mm	最小	最大	AV
1.2t No.20	9.87	9.78	9.97	9.87
	9.97			
	9.78			
1.4t No.15	10.00	9.82	10.00	9.89
	9.85			
	9.82			
FY2012 2.0mm	9.63	9.50	9.63	9.56
	9.56			
	9.50			
現行高炉比較材 980MPa 1.8mm	11.57	11.27	11.57	11.42
	11.27			

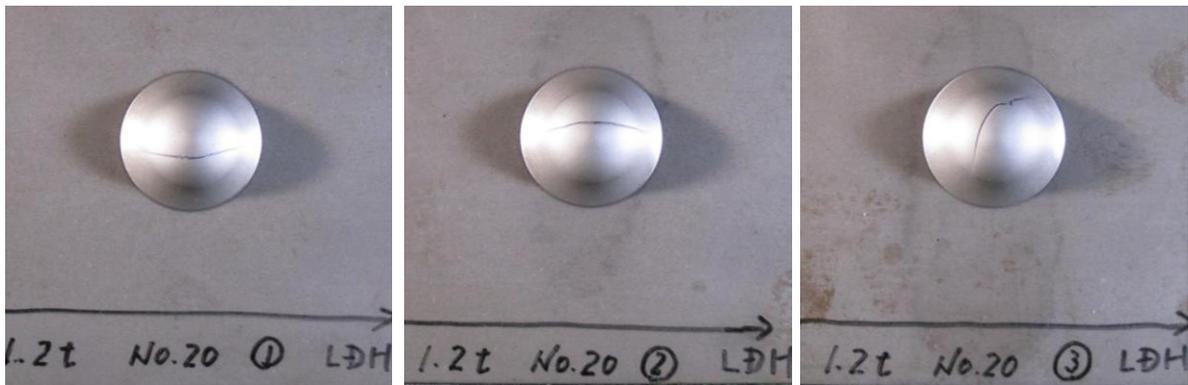


図 65.5 エリクセン試験片の外観写真 (1.2mm No20)

6.5.4 深絞り試験

(1)試験方法

絞り込みの成形性を評価するため、図 65.6 に例示する深絞り試験を実施した。

試験方法： 円板を打ち抜き、これをポンチ及びダイスを用いて円筒に絞り加工する。

n 数：2

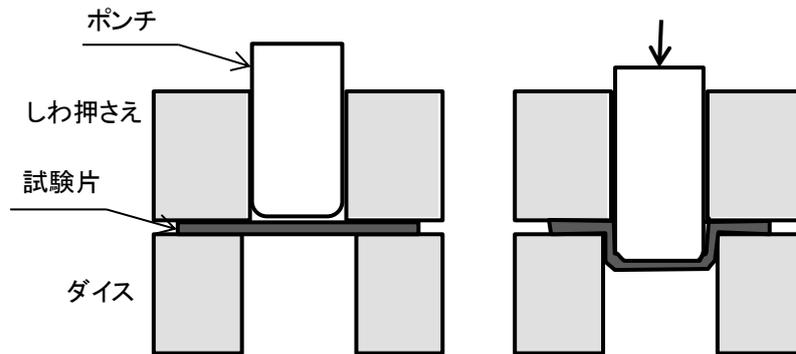


図 65.6 深絞り試験

(2)試験結果

深絞りの結果を、表 65.3 および図 65.7 に示す。

円筒絞りは、 $LDR=2.10\sim 2.20$ で、FY2012 の 2.0mm と同等以上の特性値を有しているものと考えられる。

※LDR (限界絞り比 : Limiting Drawing Ratio) : 値は大きい方が好ましい。

表 65.3 深絞り試験結果 (LDR)

COIL No.	LDR
1.2t No. 20	2.15
1.4t No. 15	2.20
FY2012 2.0mm	2.02
現行高炉比較材 980MPa 1.8mm	2.02



図 65.7 深絞り試験片の外観写真 (1.2mm No20)

6.5.5 FLD

(1)試験方法

実際のプレス加工に対応した変形経路、変形状態による変形限界を測定し、複雑な形状のプレス成形性を予測するための試験として、等二軸～一軸引張変形を行い FLD(成形限界曲線：Forming Limit Diagram) を求めた。

具体的に FLD とは、図 65.8 に示すような種々の形状の試験片を用い、破断寸前・直後のくびれを生じた部位のひずみ(ϵ)をスクライブドサークル法で測定する。測定結果の例図(図 65.9) に示す、 ϵ 座標上にプロットして線を結んだものである。縦軸・横軸ひずみ(ϵ)の位置により、どのような変形状態でどの程度の変形まで耐えられるのかを推定できる。一般に、平面ひずみ状態(横軸ひずみ=0)近傍で成形限界が最小となる。

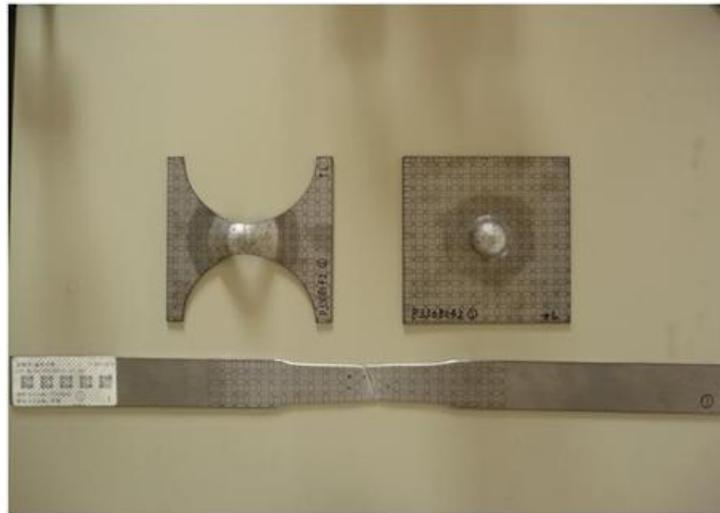


図 65.8 FLD 試験片例

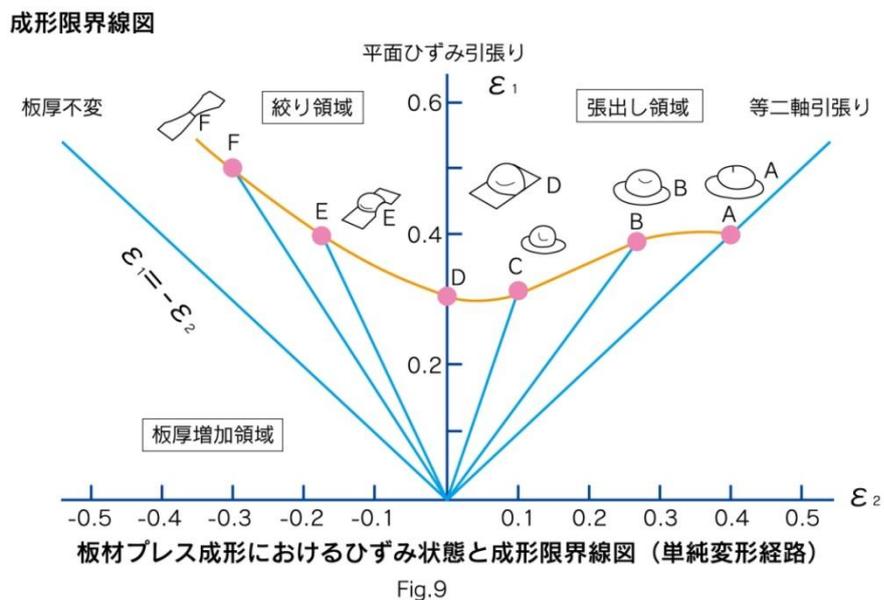


図 65.9 FLD 試験の解説図

(出所：科学技術振興機構 <http://weblearningplaza.jst.go.jp>)

(2)試験結果

FLD の測定結果を、図 65.10 に示す。図中の(a)FY2013 が本試作材の、(b)FY2012 が昨年度の 2.0mm (赤線) と現行高炉比較材 (点線) の実測点から推定される成形限界曲線である。図中には、破断・未破断の境界を線で示している。

板厚を考慮すると現行高炉比較材よりも成形性に優れてると考えられる。

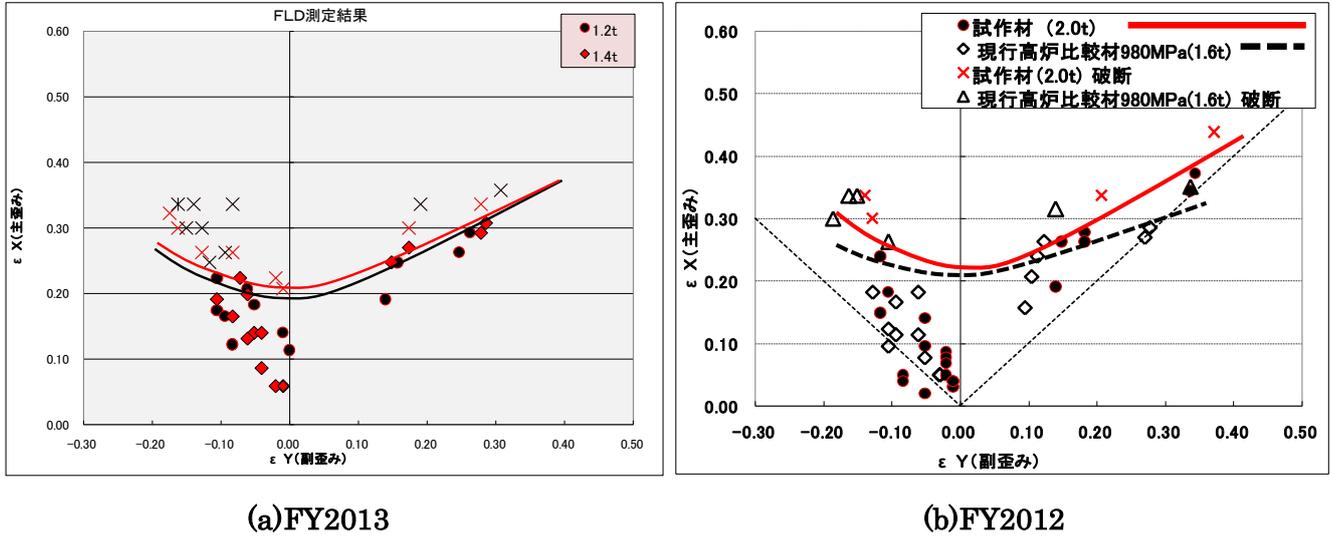


図 65.10 FLD 測定結果

6.5.6 成形性のまとめ

6.5.1～6.5.5 の結果から、試作材は、現行高炉比較材 980MPa 1.8mm と同等以上の加工性を有していると評価できる。つまり、自動車用鋼板として車体用部品の成形が可能な品質であることが確認できた。

6.6 ハット部材の衝撃特性

車体性能の最も重要な性能の一つが衝突事故時の衝突性能である。車体としては大入力時に安定的に変形すること、予測制御しにくい破壊現象を伴わないことが重要である。部材レベルで破壊現象を考えると、接合部の破断、材料破断が相当する。ハット型部材試験片は車体実構造と大きく異なるが、衝撃試験での部材挙動は過大入力・大変形下で安定変形を成し得るものかどうかの参考資料になる。

今回、図 66.2 に示すハット部材を曲げ成形で試作し、そのスポット溶接は、表 66.1 の条件にて試作し、落重式衝撃試験に供した。

ハット形の部材に錘を衝突させ、部材にかかった力や変形・破壊の状況を調べ、衝撃特性を確認した、

(1)試験方法

図 66.1 に示す落錘試験装置を用いて行った。荷重は試験体直下に取付けたロードセルにより測定し、変位は非接触変位計を用いて重錘底面の移動量を測定した。

また、高速度ビデオカメラによる撮影（撮影速度：2000FPS、解像度：512×512）を実施した。試験条件は以下に示す通りである。

- 落錘重量：190kg
- 落下高さ：10m
- 衝突速度：50km/h
- 押し込み量：100mm(ストップパ作動)
- 試験 n 数：1.2mm、1.4mm 各 n=3

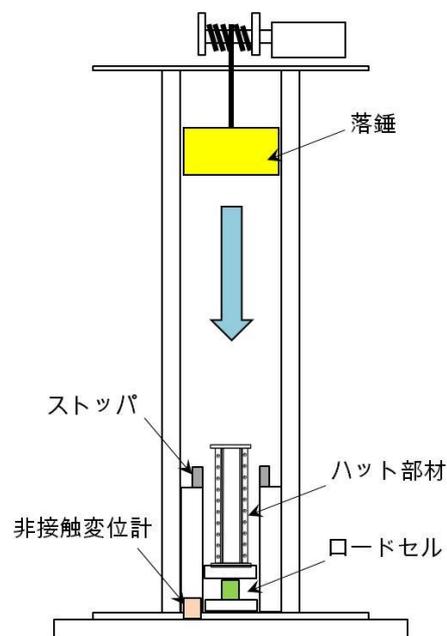


図 66.1 落重式衝突試験装置概略図

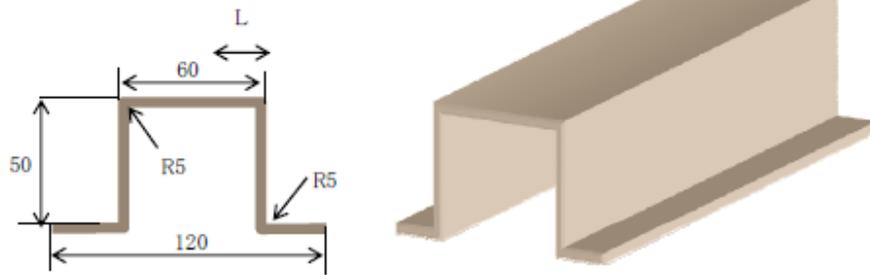
(2)ハット部材

試験部材は図 66.2 に示す形状に成形する。スポット溶接は表 66.1 に示す条件で 25mm ピッチで行い、図 66.3 に示す天地板を取り付ける。スポット溶接電流は図 66.4、図 66.5 に示す Weld lobe から、チリが発生せずナゲット径が飽和しはじめる電流値である 8.5kA とした。

表 66.1 ハット部材溶接条件

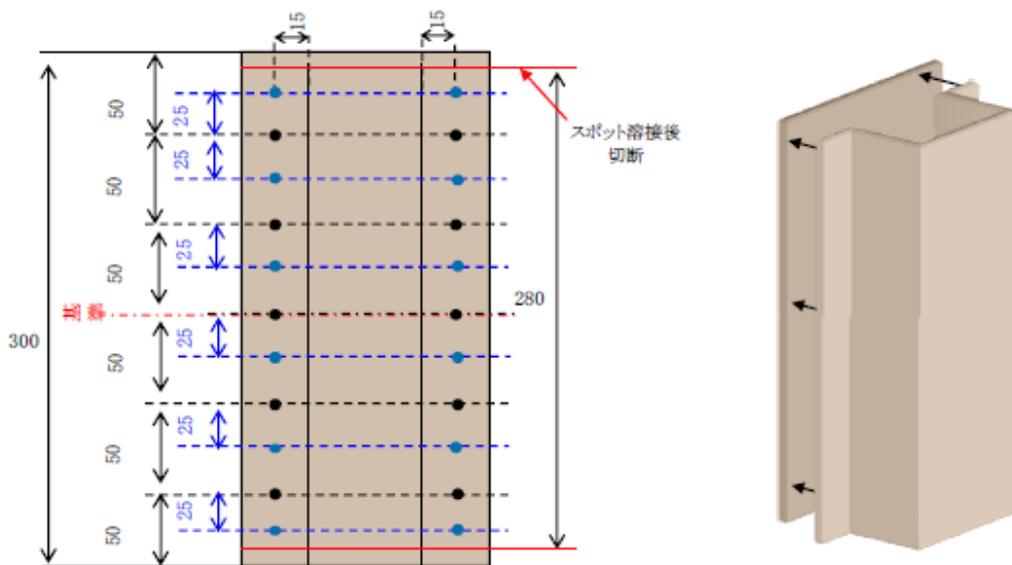
電極	上下 ダブルR型(ドームラジラス型)外径:16. φ、先端径:6 φ (材質Cu-Cr)
加圧力	550 kgf
初期加圧時間	60サイクル/60Hz
アップスローブ	1サイクル
第1通電時間	20サイクル/60Hz
第2通電時間	0サイクル/60Hz
ダウンスローブ	無し
ホールド時間	1サイクル/60Hz
溶接電流	8.5kA

[単位: mm]



(a) 成形形状

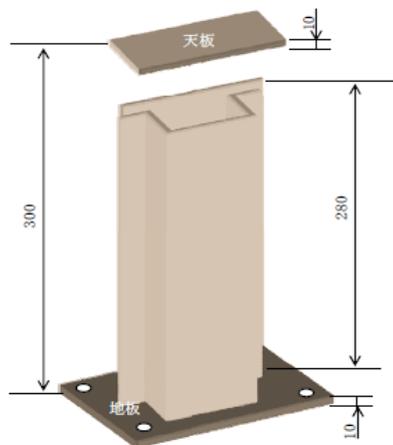
[単位: mm]



(b) スポット溶接位置

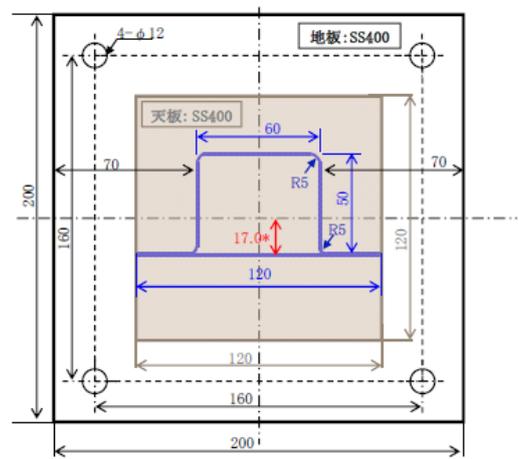
図 66.2 ハット部材形状

[単位: mm]



(a) HAT試験体組立図

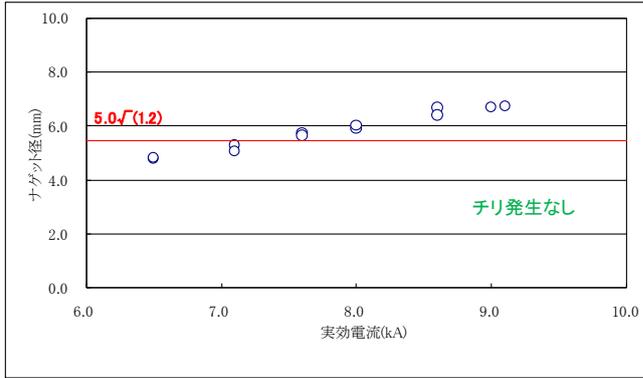
[単位: mm]



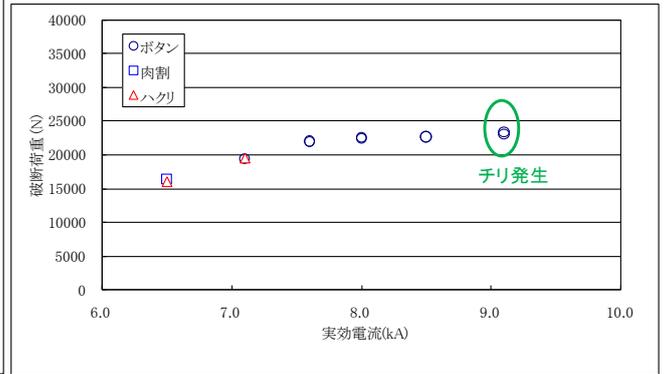
(b) 天地板取付位置

* HAT試験体断面の圆心

図 66.3 ハット部材天地板取付図

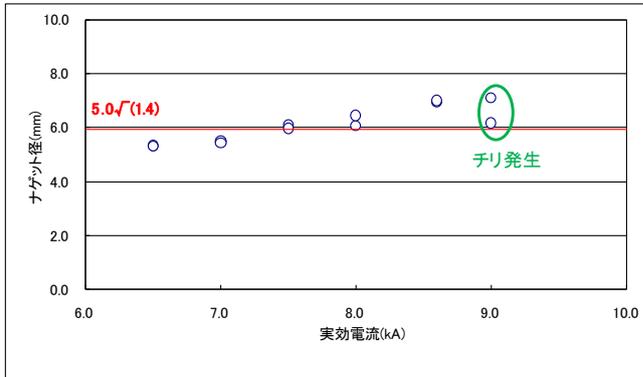


(a)ナゲット径測定結果

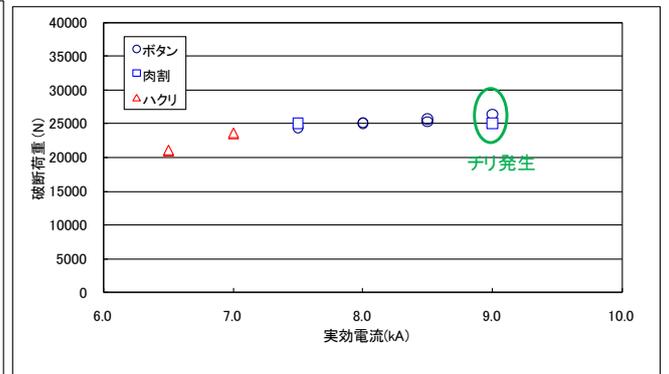


(b)せん断引張試験結果

図 66.4 ハット部材溶接条件選定結果 (1.2mm)



(a)ナゲット径測定結果



(b)せん断引張試験結果

図 66.5 ハット部材溶接条件選定結果 (1.4mm)

(3)試験結果

ハット部材のスポット溶接条件を最適化することで、部材の安定的座屈変形が確認された。衝突部材系の材料として、今後の実用化検討のベースに十分なり得るものと考えられる。以下、検討内容を示す。

ハット部材 6 体で実施した落重式衝突試験の結果を、表 66.2 および図 66.6 に示す。試験時のノイズ除去のため、遮断周波数 1kHz 相当のフィルタ処理(21 点移動平均)を行った場合の解析結果も合わせて示す。それぞれの荷重－変位と吸収エネルギー－変位の関係を図 66.7～図 66.11 に示す。試験前後の部材外観写真は 1.2mm 材及び 1.4mm 材の代表例として 12-1 と 14-2 を図 66.12、図 66.13 に示す。また、試験中の連続写真を図 66.14、図 66.15 に示す。

先ず、図 66.7～図 66.11 の荷重－変位線図をみることで、変形初期に大きな荷重ピークがでるが、これは部材が座屈開始に伴うピークと考えられる。荷重ピークの乱れもなく安定的に座屈変形したと考えられる。

また、試験前後の部材外観写真図(図 66.12、図 66.13)及び連続写真(図 66.14、図 66.15)を見てもきれいに蛇腹状に変形しており、材料破断や溶接部破断は見られなかった。

以上の事から、本試作材は衝突対応部材としても十分実用検討のベースにあると考えられる。

表 66.2 落重式衝突試験結果

試験体番号	重錘重量 kg	初速度 km/h	最大荷重値		吸収エネルギー値(0-100mm間)	
			計測値 kN	21点移動 平均値 kN	計測値より 算出 kJ	21点移動 平均値より算出 kJ
12-1	190	51.3	287	228	7.1	7.0
12-2	190	48.8	324	257	7.7	7.6
12-3	190	49.1	308	247	7.8	7.7
1.2t 平均	—	—	306	244	7.5	7.4
14-2	190	49.3	446	341	9.9	9.7
14-3	190	49.7	434	334	9.1	9.0
1.4t 平均	—	—	440	338	9.5	9.4

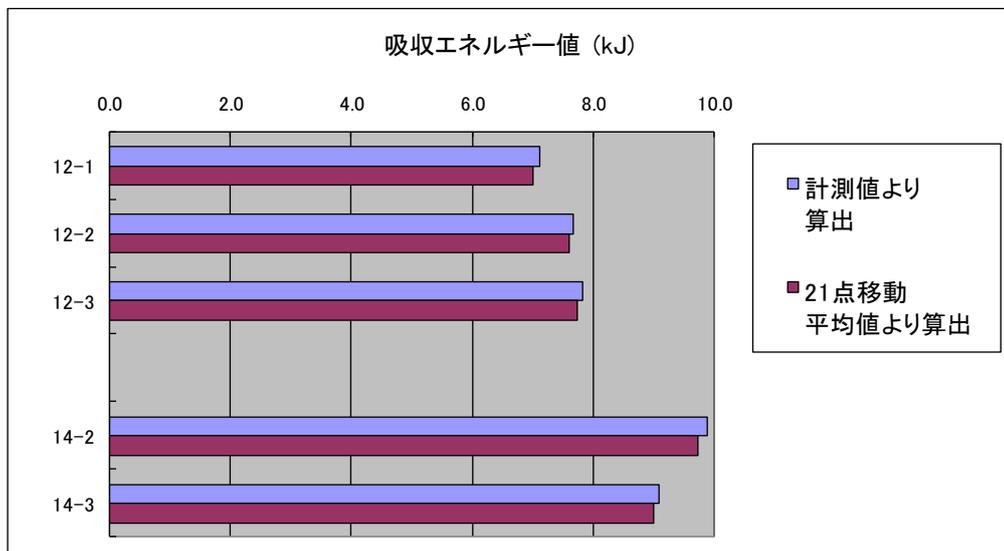
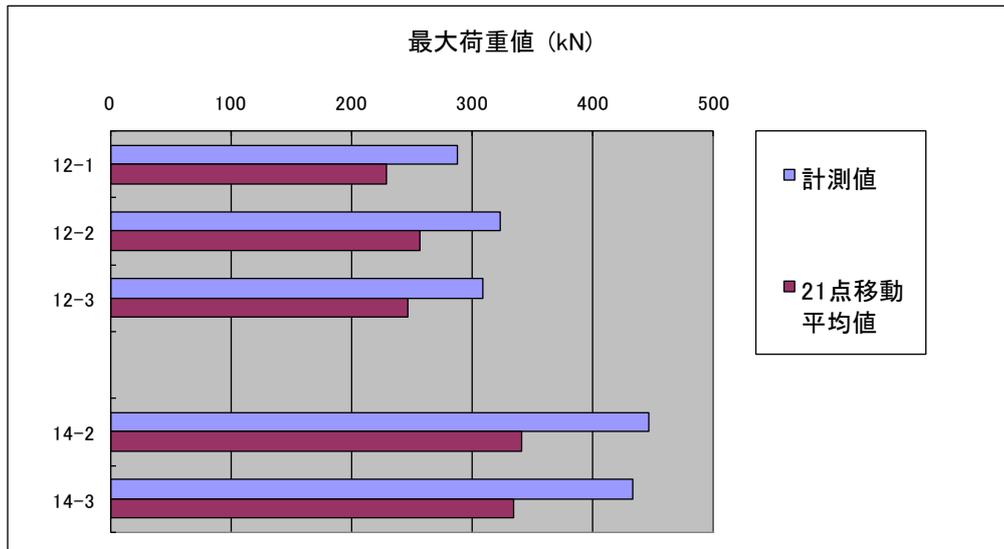
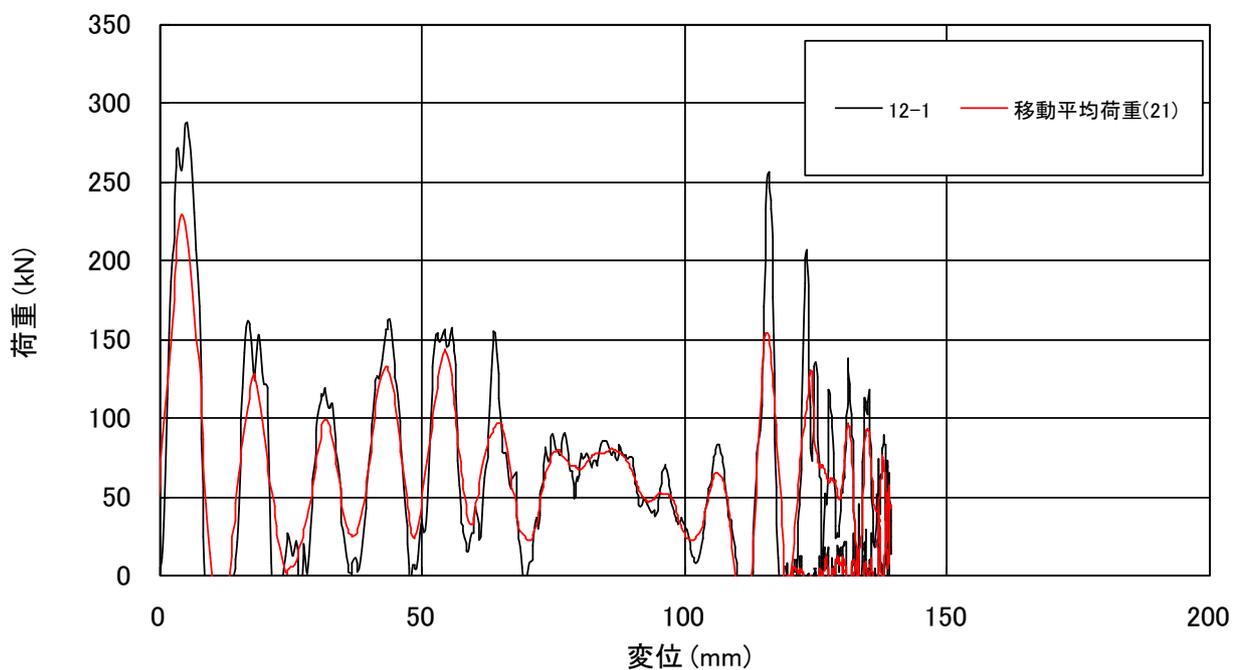
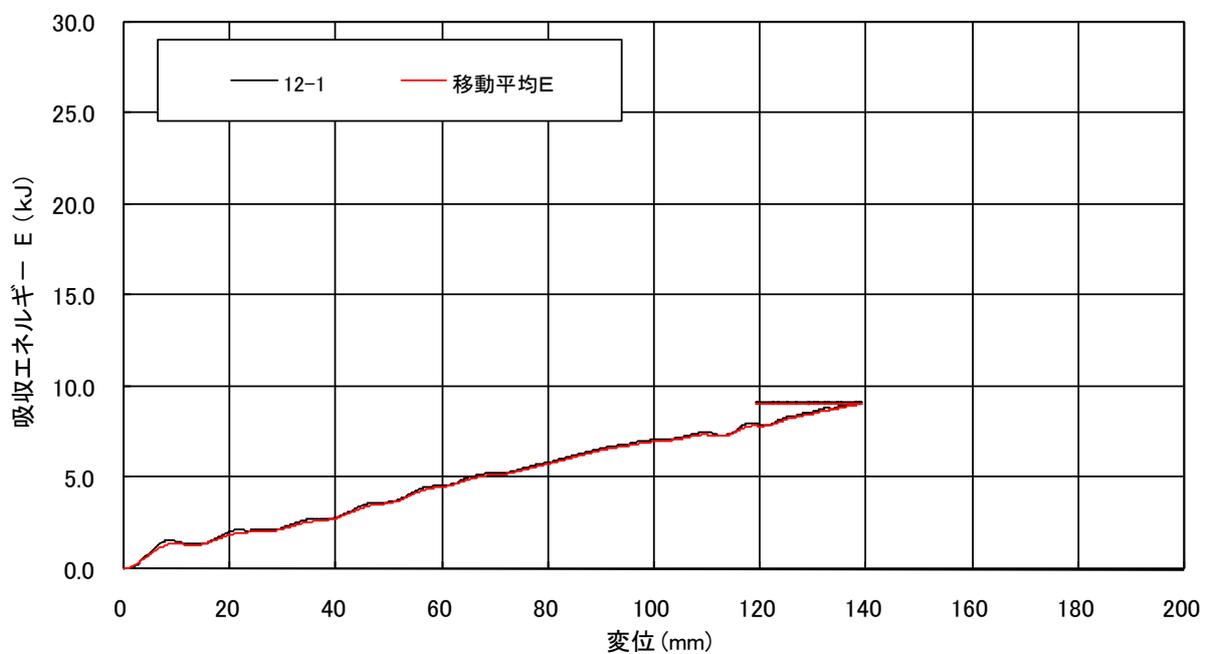


図 66.6 落重式衝突試験結果(最大荷重と吸収エネルギー)

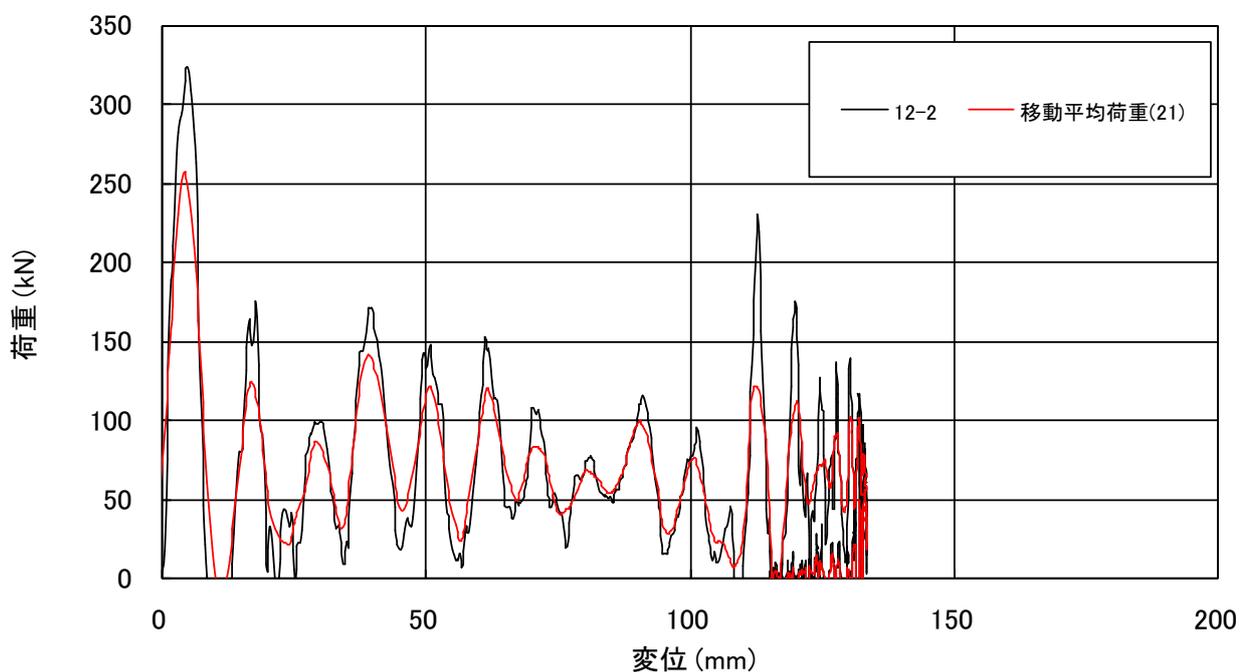


荷重-変位の関係

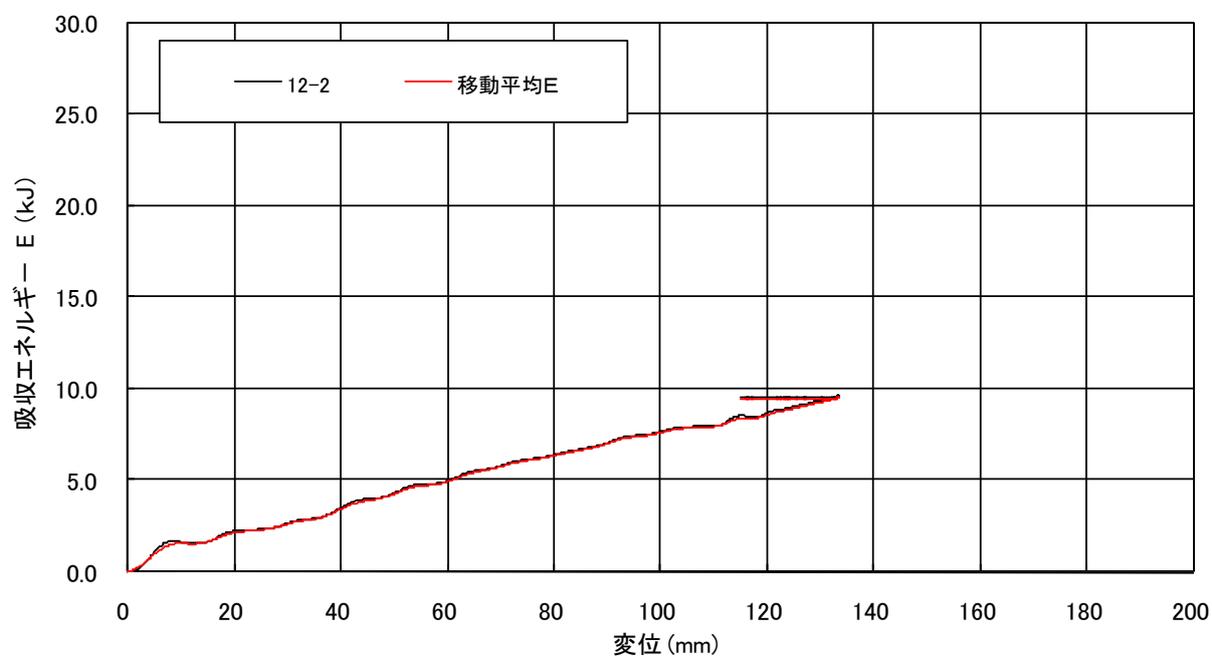


吸収エネルギー-変位の関係

図 66.7 落重式衝突試験結果(12-1)

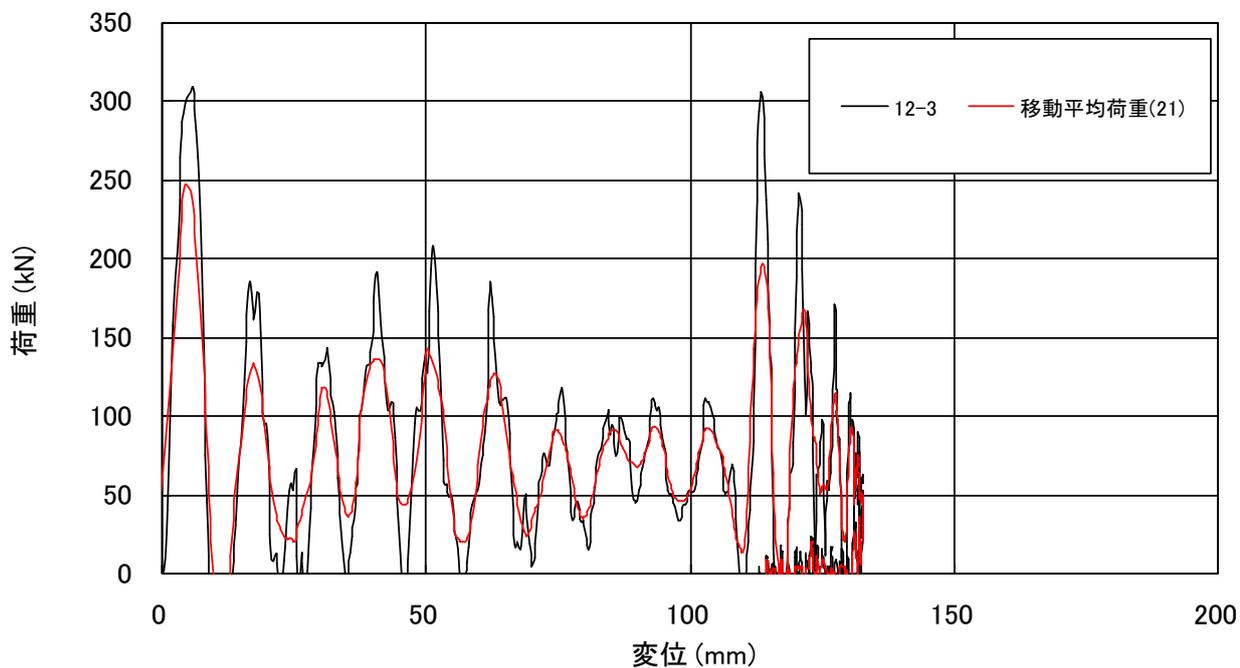


荷重-変位の関係

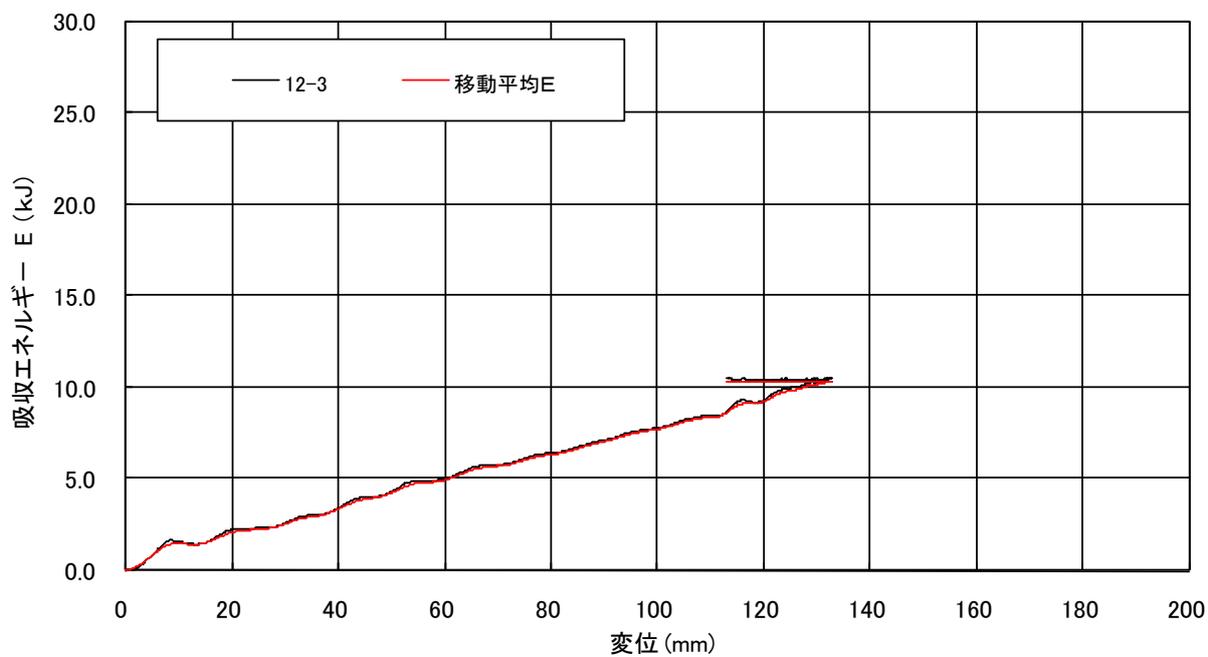


吸収エネルギー-変位の関係

図 66.8 落重式衝突試験結果(12-2)

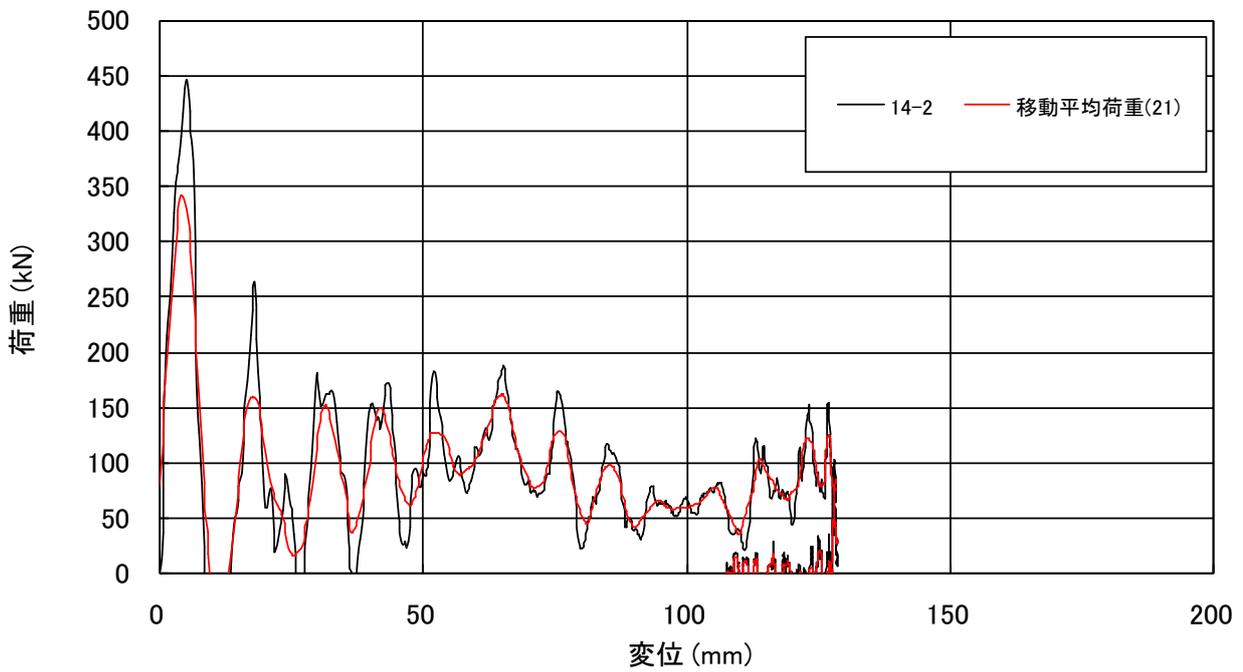


荷重-変位の関係

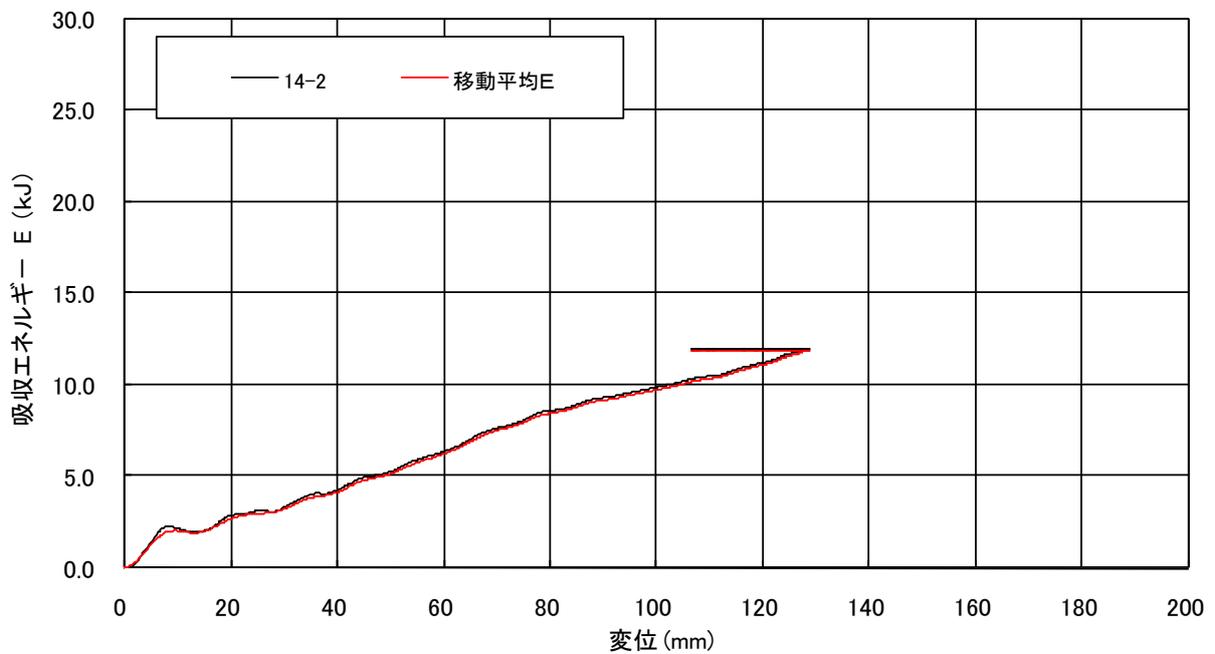


吸収エネルギー-変位の関係

図 66.9 落重式衝突試験結果(12-3)

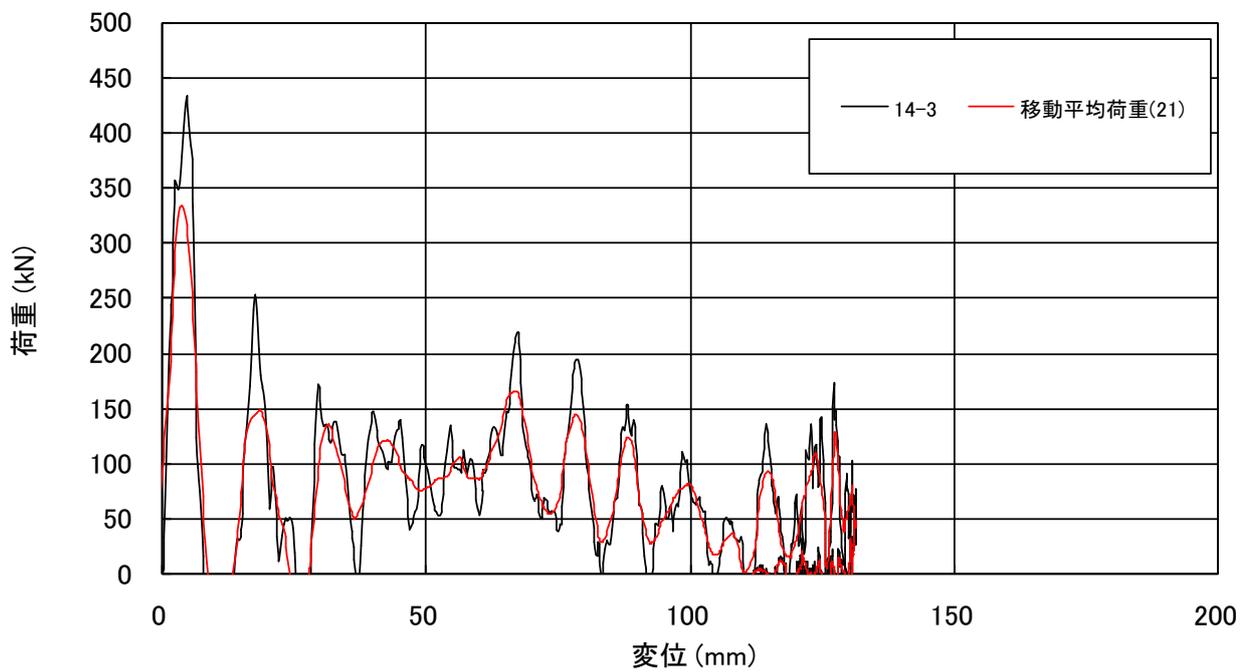


荷重-変位の関係

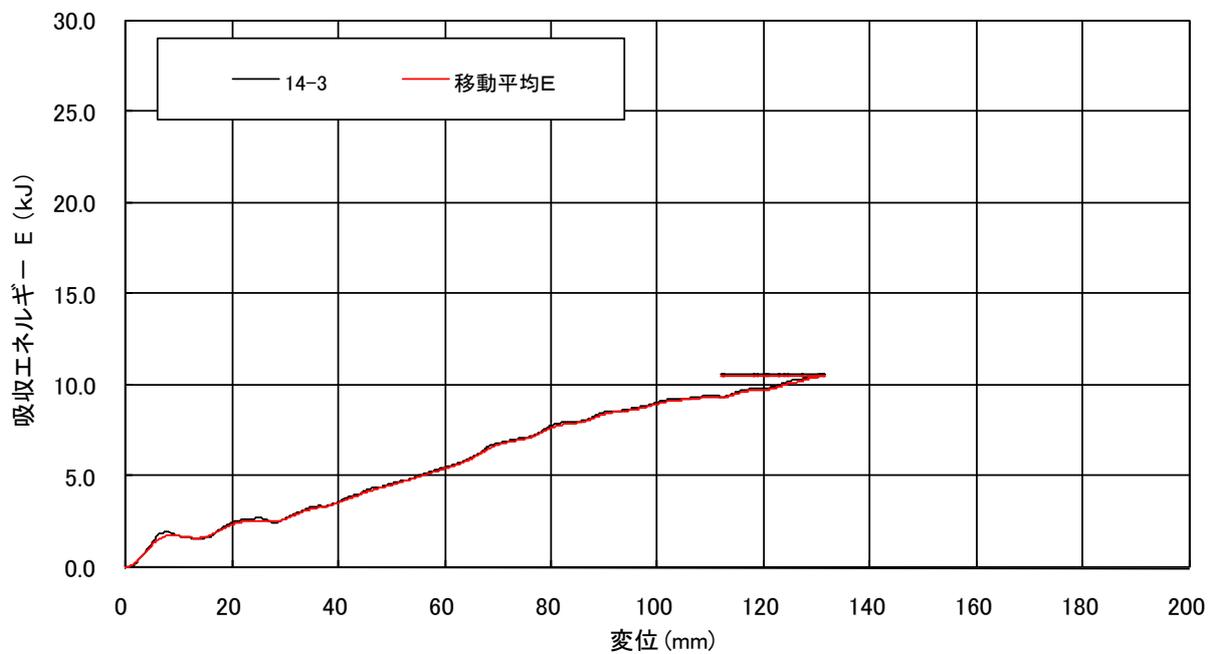


吸収エネルギー-変位の関係

図 66.10 落重式衝突試験結果(14-2)



荷重-変位の関係



吸収エネルギー-変位の関係

図 66.11 落重式衝突試験結果(14-3)

名称	方向	試験前	試験後
	正面		
12-1	斜め		
			

図 66.12 ハット部材外観写真－試験前後－（12-1）

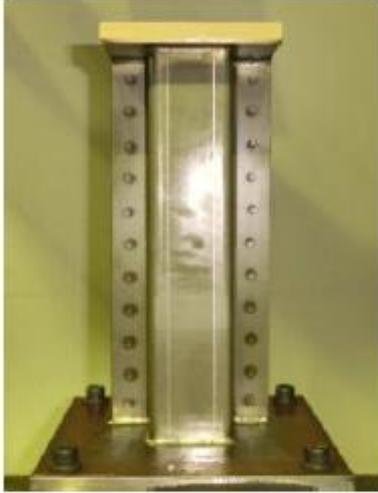
名称	方向	試験前	試験後
14-2	正面		
	斜め		
			

図 66.13 ハット部材外観写真－試験前後－ (14-2)

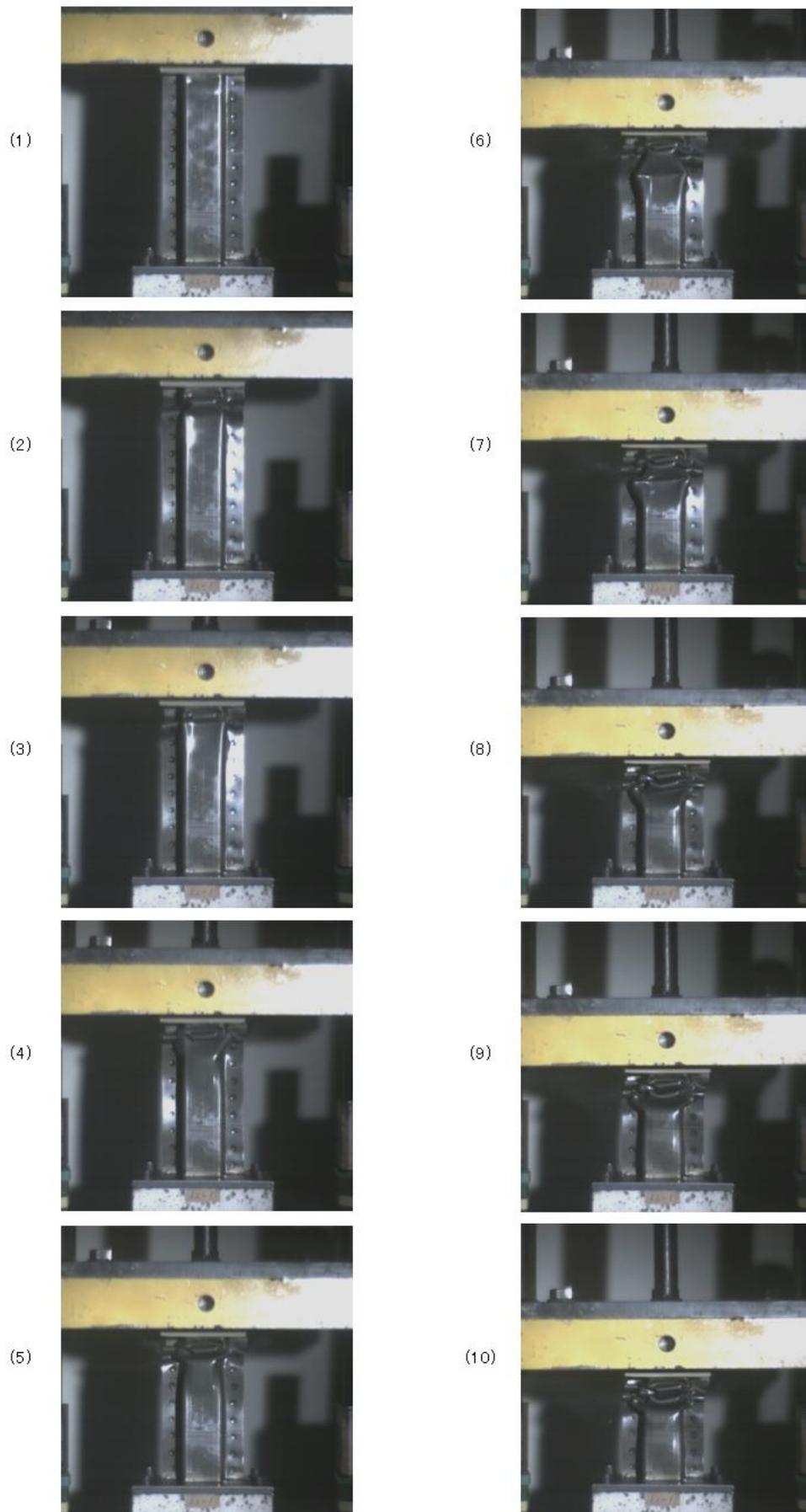


図 66.14 衝撃試験の連続写真(12-1)

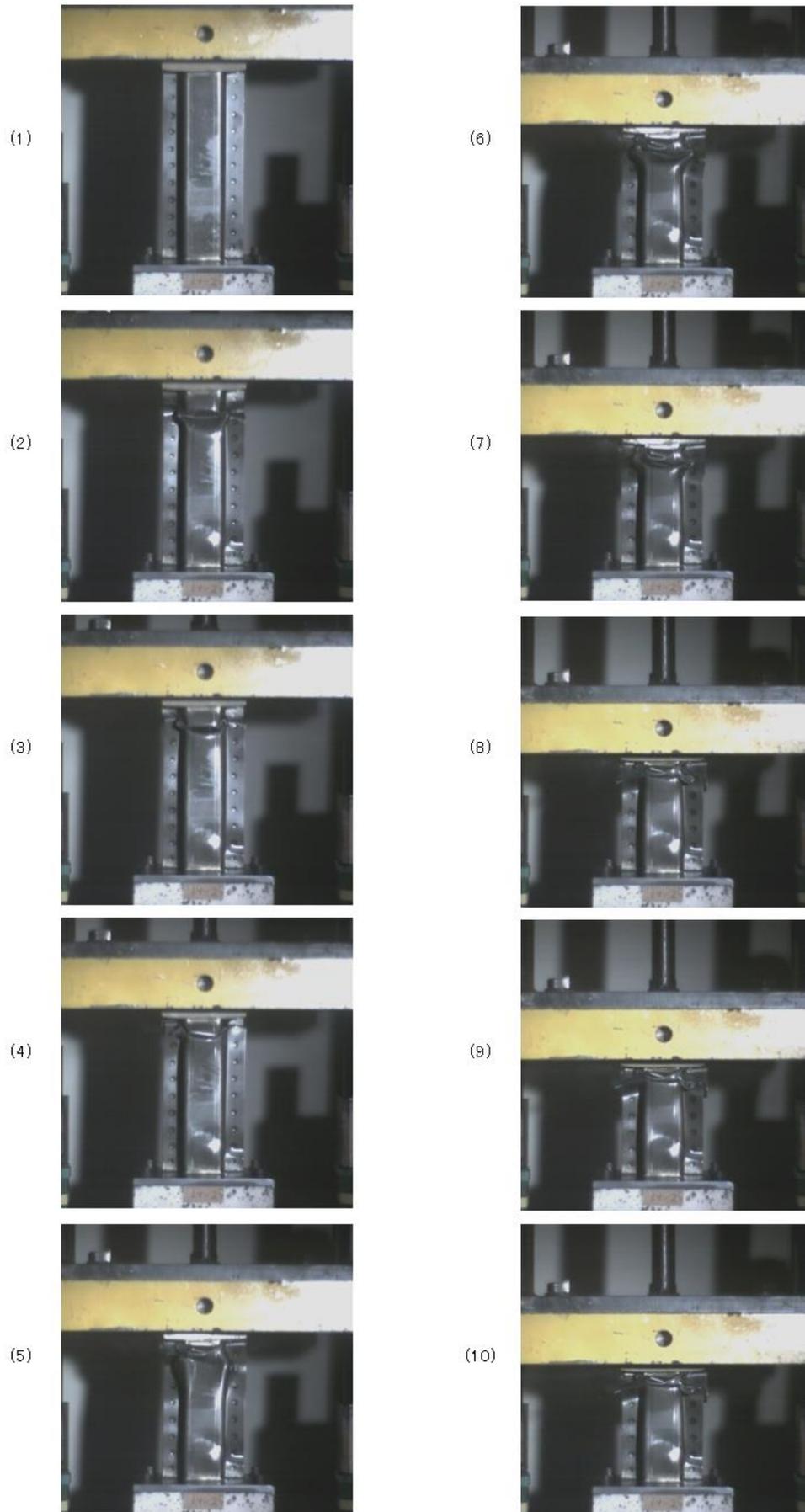


図 66.15 衝撃試験の連続写真(14-2)

6.7 熱延鋼板の生産基礎評価

本業務の製造工程は、昨年度と本年度ともに、熱延レベラー工程までであり、実機での酸洗は行なっていない。しかし、自動車用鋼板として量産する場合は、当然のことながら酸洗を行うこととなる。そこで生産基礎評価の一環として、実機製造の前に確認すべき以下の特性の評価試験を実施した。

- ・レーザー溶接性
- ・表面特性（酸洗性、表面性状）

6.7.1 レーザー溶接性評価

田原工場の連続酸洗はレーザー溶接を用いているが、従来の溶接対象は軟鋼のみであり、高強度鋼板の溶接性については経験がない。これらのことから、試作材についての生産基礎評価の一環として、レーザー溶接性の評価試験を行い、本試作材のレーザー溶接性に問題がないことを確認する。また、実機の仕様に近い溶接機を用いて試験を行うことにより、酸洗工程のレーザー溶接最適条件を事前に推定する。

(1)試験方法

- (a)評価試験の試料は、本試作材の 1.2mm、1.4mm、さらに FY2012 の試作材 2.0mm を用いた。
- (b)試料はそれぞれ表 67.1 に示す条件で溶接を行い、表 67.2 に示す評価試験を行った。

表 67.1 溶接条件

項目	条件		備考
送り速度	3水準	40mm/secと±20mm/sec	
突き合わせ	1水準	岡山シャーのまま	酸洗設備はクリアランス片側0.06mm
フォーカス	3水準		Just Focusを基準に前後で振る。

表 67.2 評価試験

評価項目	条件		備考
引張試験	n=2	平行部幅 = 50mm	
断面組織	n=1	突合せ部	
断面硬度	n=1	突合せ部、Hv	サンプルは、組織と兼用

(2)試験結果

(a)断面組織

断面組織観察の結果を図 67.1～図 67.3 に示す。板厚によらず、レーザーのフォーカスをマイナス側にするほうが良い。レーザーの送り速度は低速で熱影響部の幅が広く、最適値～高速側は低速側と比べ、著しい差異は見られない。また、今回シャー切断ままの溶接を行ったが、シャー切断面の形状精度が悪く、試験片によって突き合わせが条件が一定ではなく、溶接部の溶け込みにバラつきが見られた。

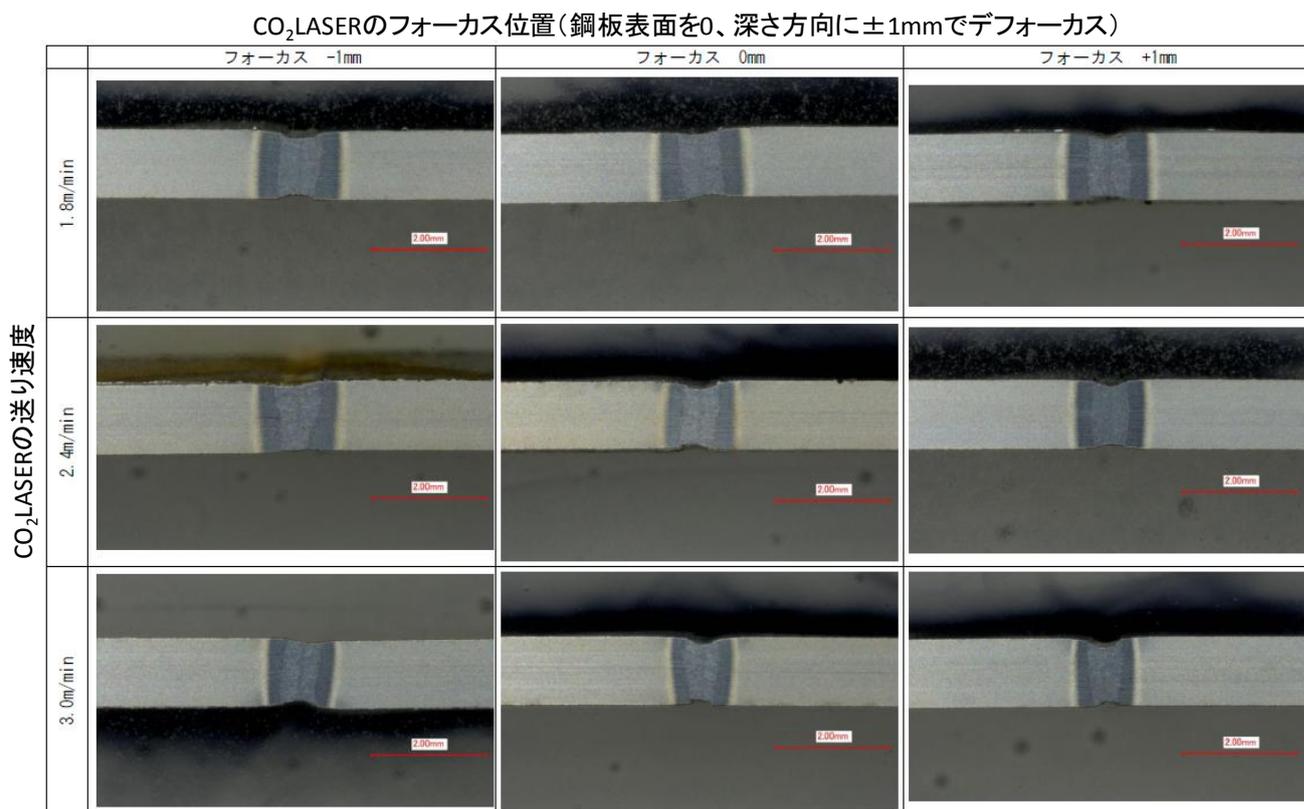


図 67.1 溶接部断面組織 (1.2mm)

CO₂LASERのフォーカス位置(鋼板表面を0、深さ方向に±1mmでデフォーカス)

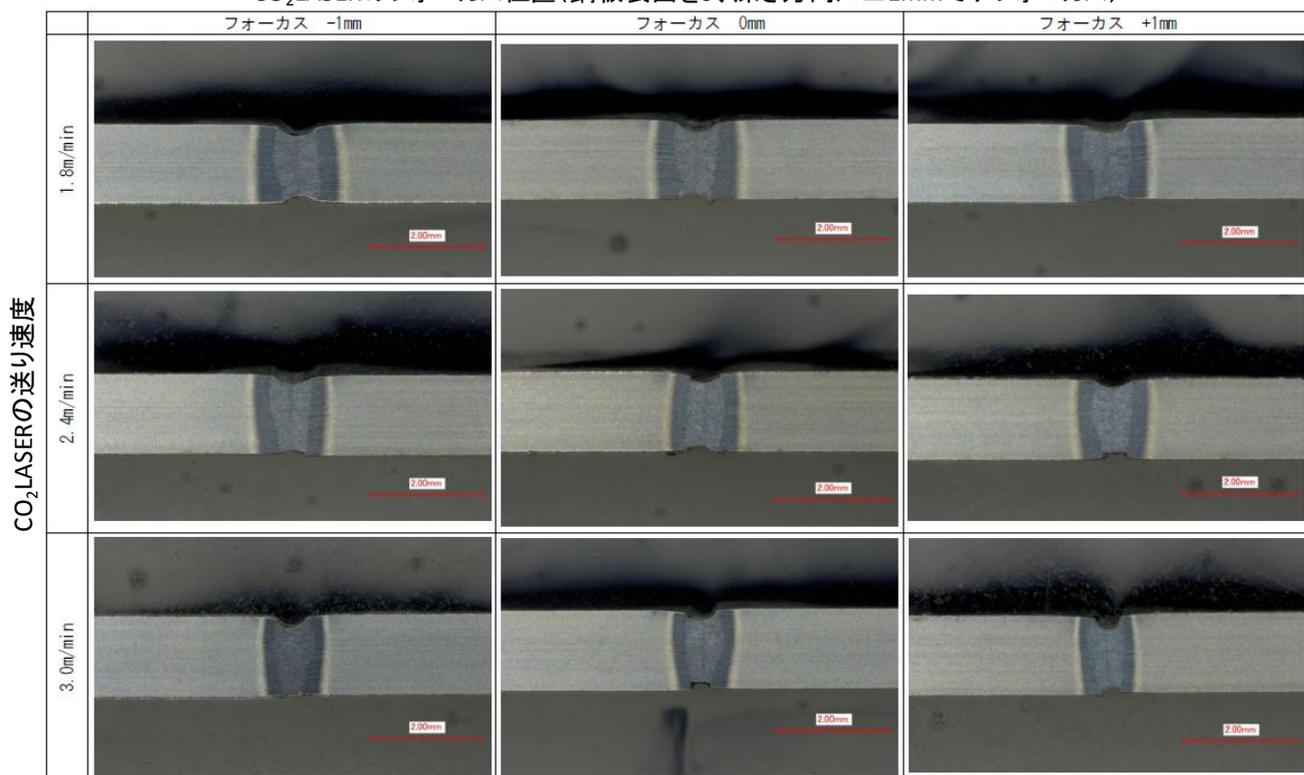


図 67.2 溶接部断面組織 (1.4mm)

CO₂LASERのフォーカス位置(鋼板表面を0、深さ方向に±1.5mmでデフォーカス)

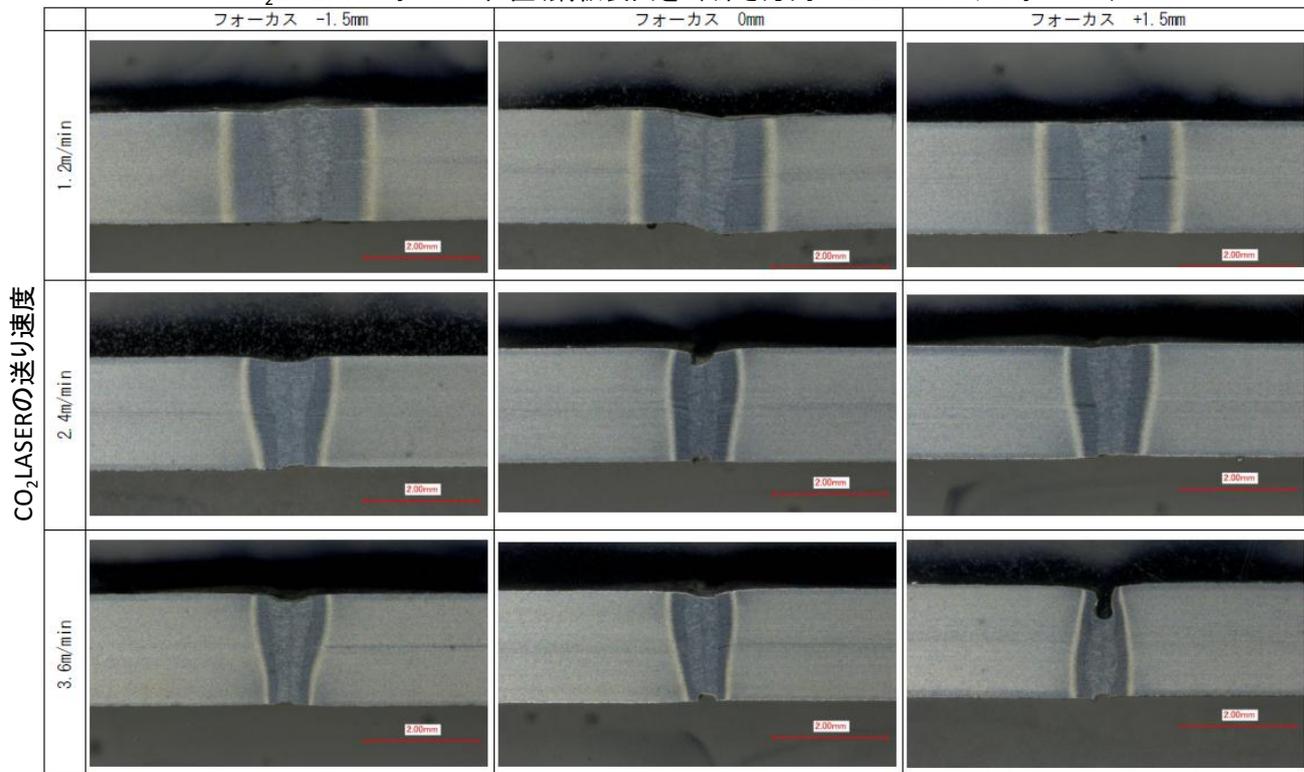


図 67.3 溶接部断面組織 (2.0mm)

(b)引張試験及び硬度測定結果

引張試験及び硬度測定の結果を表 67.3、図 67.4、また、硬度プロファイル測定結果を図 67.5 に示す。

本試作材はいずれの溶接条件・板厚の組み合わせにおいても HAZ 軟化は見られず、十分な接合部強度が得られており、引張荷重は板厚ごとに安定している。

ただし、切断面の形状精度が十分でなく溶接部の溶け込みにバラつきが見られた。実機生産においては切断面形状を管理することで、安定的強度を保持できると考えられる。

表 67.3 引張試験及び硬度測定結果

板厚	溶接速度 m/min	フォーカス mm	参考値：最大荷重 kN		破断位置		硬度 HV		
			1本目荷重	2本目荷重	1本目	2本目	溶接金属	HAZ	母材
1.2	1.8	-1	48.57	53.27	溶接金属	HAZ	481	508	315
		0	49.42	51.23	HAZ	HAZ	481	513	304
		1	50.77	49.03	HAZ	母材	483	496	304
	2.4	-1	50.75	49.48	HAZ	HAZ	470	523	305
		0	50.97	50.56	HAZ	溶接金属	479	517	304
		1	50.01	51.34	HAZ	溶接金属	484	506	326
	3.0	-1	50.44	51.11	母材	母材	485	497	302
		0	51.94	50.80	溶接金属	HAZ	475	502	323
		1	50.68	50.00	母材	HAZ	484	507	307
1.4	1.8	-1	56.35	61.90	溶接金属	HAZ	482	500	322
		0	59.53	58.73	溶接金属	HAZ	477	509	302
		1	58.92	58.48	HAZ	HAZ	480	506	310
	2.4	-1	58.88	59.90	溶接金属	溶接金属	471	509	306
		0	56.61	59.27	溶接金属	溶接金属	487	513	301
		1	57.18	59.85	溶接金属	HAZ	479	506	308
	3.0	-1	58.24	58.85	溶接金属	溶接金属	489	520	318
		0	61.41	59.58	HAZ	溶接金属	478	512	298
		1	59.29	59.79	HAZ	HAZ	487	520	312
2.0	1.2	-1.5	86.33	90.79	母材	HAZ	453	480	332
		0	86.85	88.25	母材	母材	463	480	332
		1.5	87.99	89.05	HAZ	HAZ	475	503	328
	2.4	-1.5	90.97	79.96	溶接金属	溶接金属	465	493	322
		0	95.07	96.09	HAZ	母材	473	487	316
		1.5	89.07	93.88	母材	母材	462	484	318
	3.6	-1.5	86.24	87.77	母材	溶接金属	473	500	326
		0	92.84	95.60	溶接金属	母材	463	498	317
		1.5	85.79	79.96	溶接金属	溶接金属	473	497	307

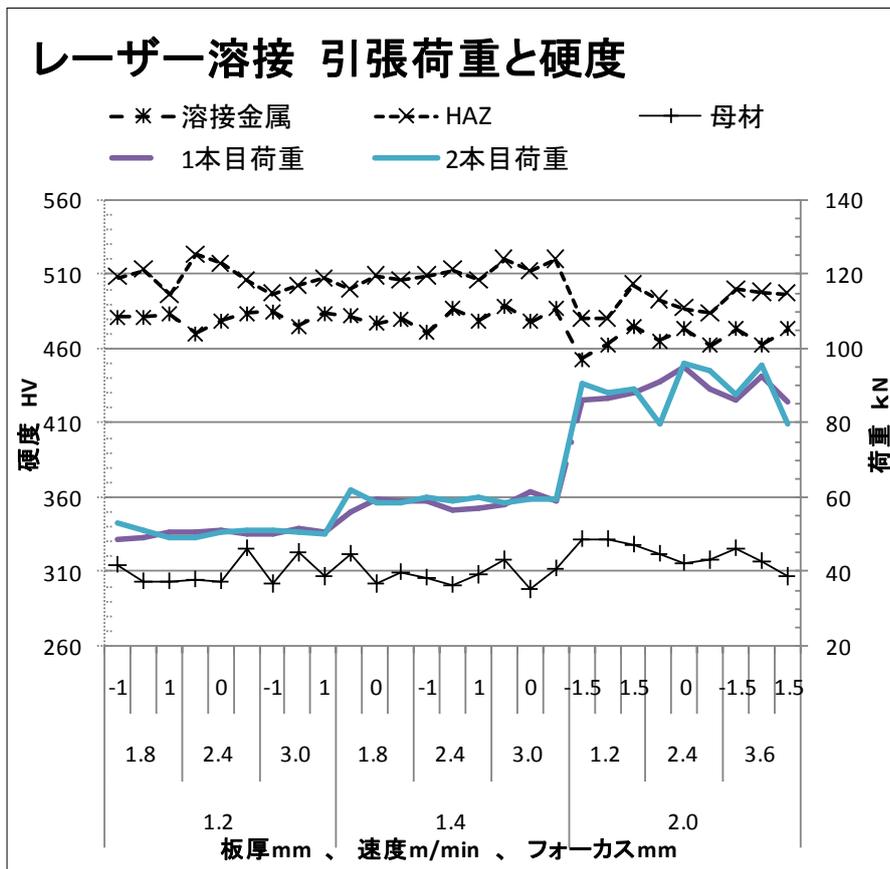


図 67.4 レーザー溶接 引張荷重と硬度

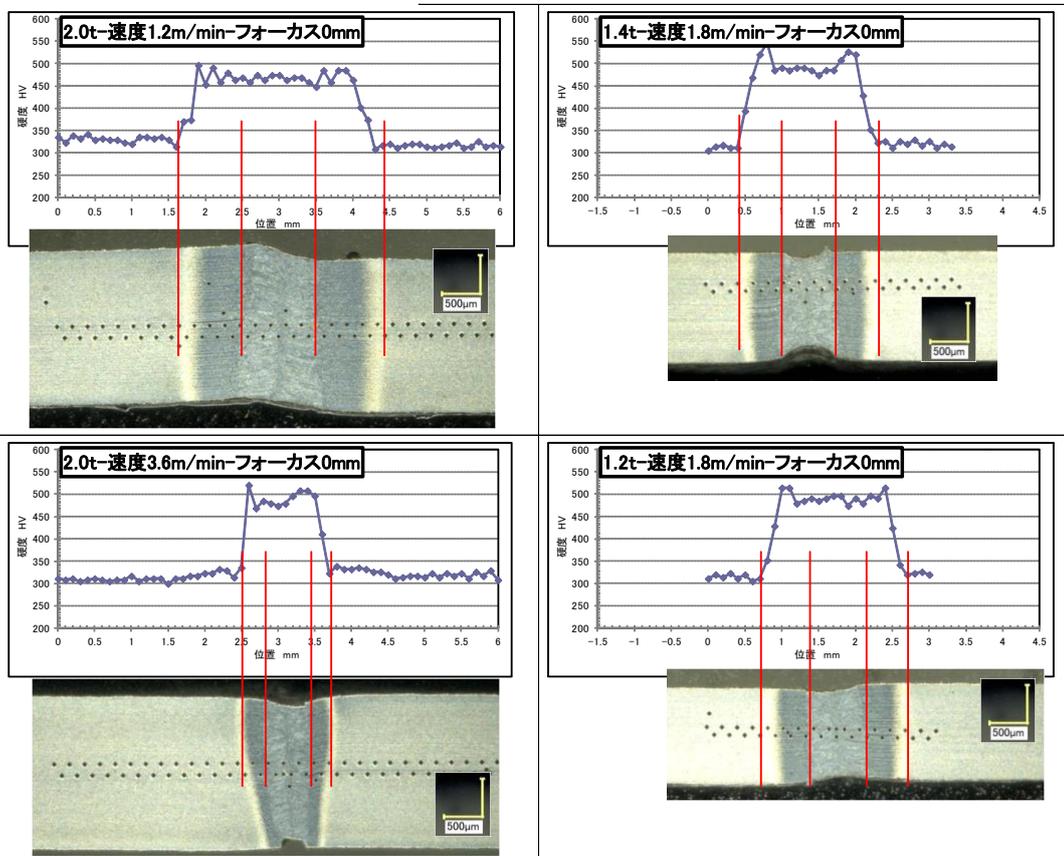


図 67.5 硬度プロファイル測定結果