応力場付近での、高負荷段階における ϵ_y 値を除けば、type N と比較して全般的にやや小さいものの、それ程大きな差は見られない。

(3) き裂先端付近の塑性領域の大きさを同一負荷段階において比較すると、type T の場合が極めて大きく、次いで type N, type C の順となる。

(4) 同一負荷段階におけるき裂開口変位は $\sigma/\sigma_{ys} < 1$ の範囲では、type T で極めて大きく、type C では type N に比較して若干小さくなる。

(5) 非破壊的応力測定と解析とを組み合わせることによって、残留応力場での変形挙動を精度良く推定することが可能である。

参 考 文 献

- 1) 木原, 佐藤, 豊田: 日本における溶接構造物の脆性破壊発生に関する研究 (その1), 溶接学会誌, 42-2 (1973), 157-178
- 2) H. Kihara and K. Masubuchi: Effect of Residual Stress on Brittle Fracture, Welding Journal, 38-4 (1959), 159 s-168 s
- 3) H. Kihara, K. Masubuchi, K. Iida and H. Oba: Effect of Stress Relieving on Brittle Fracture Strength of Welded Steel Plate, IIW Document X-218-59 (1959)
- 4) 秋田, 矢田, 酒井: 鋼構造物に発生する脆性破壊と残留応力, 日本造船学会論文集, 第125号(1969), 227-235
- 5) 永井, 矢島, 梶本, 日野, 南: 構造の応力集中部における脆性破壊発生特性について (第2報), 日本造船学会論文集, 第148号 (1980), 169-176
- 6) 越賀, 田中, 栗田: 溶接構造物の脆性破壊発生に及ぼす応力除去焼鈍の影響, 日本造船学会論文集, 第129号(1971), 267-276
- 7) 佐藤, 豊田: 溶接継手の脆性破壊強度におよぼす残留応力と材料の力学的特性の影響, 日本造船学会論文集, 第131号(1972), 355-365
- 8) 寺田, 中島: 突合わせ溶接の残留応力場に近づくき裂の応力拡大係数, 日本機械学会論文集(A), 51-471 (1985), 2624-2627
- 9) H. Terada: An Analysis of the Stress Intensity Factor of a Crack Perpendicular to the Welding Bead, Engineering Fracture Mechanics, 8-2 (1976), 441-444
- 10) H. Tada and P. C. Paris: The Stress Intensity Factor for a Crack Perpendicular to the Welding Bead, International Journal of Fracture, 21 (1983), 279-284
- 11) 向井, 西村: 圧縮残留応力場から伝播する疲労き裂の開閉口挙動に関する解析的検討, 溶接学会論文集, 5-2 (1987), 272-279
- 12) 山田: 塑性・粘弾性, 培風館(1972)
- 13) 吉沢編: 硬さ試験法とその応用, 裳華房(1977), 287
- 14) 小田, 岩崎, 行徳: 溶接残留応力とその機械的緩和効果の音弾性法による非破壊評価, 溶接学会全国大会講演概要, 第45集 (1989), 306-307
- 15) 佐藤編: 溶接構造要覧, 黒木出版社(1988), 231

局部爆発処理による溶接残留応力軽減法に関する研究*

村上 善一**, 西田 稔**, 水口 勝志**, 渡辺 正紀***, 久保田 彰****

A Study on Residual Stress Reduction Method of Weld Joint by Explosive Treatment*

by Zen-ichi Murakami**, Minoru Nishida**, Katsushi Minakuchi**,
Masaki Watanabe*** and Akira Kubota****

In this study, local explosive treatment was used for the reduction of residual stress of weld joint and the effect of factor (type of explosive, quantity of explosive and the order of explosive treatment) on reduction of residual stress was investigated.

When the surface and backface of weld joint were treated at the same time with 6 detonating cords, the tensile residual stress of weld metal and HAZ in weld joint decreased from 400 MPa~300 MPa in the case of as-welded condition to 200 MPa~100 MPa. Especially with dynamite, the residual stresses decreased to ± 30 MPa.

Key Words: Local explosive treatment, Residual stress, Stress relief, Detonating cord, Dynamite

1. 緒 言

爆薬が金属加工分野へ使用されたのは、約100年前であるが、切断、穴開け、接合と溶接、金属クラッドの製作、粉末の高密度成型及び金属部品の局所的な機械的、金属的特性の改良等に幅広く、かつ、積極的に使用されて来たのは、第二次世界大戦後である¹⁾。そして、最近、爆薬の爆轟によって生じるピーク圧力の高い圧縮衝撃波の作用により、高い引張残留応力の存在する溶接継手の溶接部を塑性変形させ、その残留応力を軽減させる試み

がなされている^{2,3)}。この試みは、中国やブルガリア等の東欧諸国では、既に実用化されており、従来の応力除去焼きなましが困難とされてきた大型の工作機械やタンクローリーの溶接部の残留応力除去に適用し、耐食性や疲労強度等が向上したことが報告されている^{2,3)}。しかし、これらの報告では、爆発処理についての詳細な方法や残留応力の軽減効果についての定量的な計測結果に欠けることが多い。

本研究では、まず基礎的で定量的なデータを得るため軟鋼溶接継手に、爆薬の量と種類を変化させた条件下で、局部爆発処理を施した。そして、処理後、溶接継手の残留応力を抵抗線ひずみゲージにより測定し、溶接継手の残留応力に及ぼす局部爆発処理条件の影響を検討した。

*原稿受付 平成元年10月27日 平成元年度秋季全国大会で発表

**正 員 愛媛大学 Member, Ehime University

***正 員 旭化成工業㈱ Member, Asahi Chemical Industry Corp.

2. 実験方法

2.1 供試材料および爆発方法

本研究に用いた材料は、板厚 14 mm の軟鋼であり、使用溶接ワイヤーは軟鋼用直径 1.2 mm の CO₂ 溶接心線である。

Table 1 に母材軟鋼及び溶接金属の化学組成と機械的性質を示す。

溶接試験片は、Fig. 1 に示すような板幅中央部に設けた開先に裏面 1 層、表面 2 層の CO₂ 溶接を行ったものである。なお、溶接方向と鋼板の圧延方向は一致させた。

Fig. 2 は、導爆線と雷管のセット方法を示したものである。

爆発処理方法は、溶接継手の引張残留応力領域、即ち溶接金属部及び溶接熱影響部に爆発エネルギーを効率良く伝達させるため厚さ 10 mm の油粘土（密度：1.8 g/cm³）を敷き、その上に導爆線を設置し、端部に取り付けた電気雷管を起爆させ導爆線を誘爆させることにより行った。なお、電気雷管の取り付け位置は、図にも示すように、溶接試験片端部に設けた長さ 50 mm のタブプレートの端部としたため、電気雷管の爆発は、溶接継手の残留応力に影響を及ぼさないものと考えられる。ダイナマイトについては、直接溶接試験片の溶接金属部と溶接熱影響部に設置した。本研究に使用した爆薬は、直径 5.5 mm、10 g/m の導爆線（爆轟速度約 6000 m/sec）と 2 号複ダイナマイト（爆轟速度は厚さによって変化する

が本実験範囲内では 2500～3000 m/sec）であり、電気雷管は 6 号電気雷管である。爆発処理は、Fig. 3 に示す真空耐圧消音容器内（約 10⁻² atm）で行った。

2.2 局部爆発処理条件

Fig. 4 は、油粘土、導爆線、ダイナマイトの設置方法および試験片番号を示したものである。なお試験片番号 No. 1 は溶接のままである。

実験条件は

1) Fig. 4 の(a)に示すようにに溶接最終層側（以下、表側と記す）のみを導爆線 6 本にて、局部爆発処理範囲（W）を 40 mm (No. 2)、50 mm (No. 3)、60 mm (No. 4)

Fig. 1 Dimension of test specimen for welding

Fig. 2 Setting method detonating cord and detonator

Table 1 Chemical composition and mechanical properties

	Chemical composition (wt.%)						Mechanical properties			
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Tensile strength (MPa)	Yield stress (MPa)	Elongation (%) (G.L. 50mm)	Reduction of area (%)
Base metal	0.23	0.19	0.43	0.046	0.020	—	483	305	32.52	66.87
Deposited metal	0.14	0.35	0.66	0.020	0.008	0.21	570	435	24.91	69.29

Fig. 3 Configuration and dimension of vessel for explosive treatment

Fig. 4 Setting method of detonating cords, dynamite and oil clay

と変化させた場合である。なお、溶接金属部に設置した導爆線の本数は、いずれの条件においても2本とした。

2) Fig. 4 の(b), (c), (d)に示すような方法で、導爆線の本数を6本、局部爆発処理範囲 50 mm を一定とし、局部爆発処理順序を変化させた場合である。即ち、表面側を局部爆発処理した後、裏面側を局部爆発処理する場合 (No. 5)、その反対に裏面側を局部爆発処理した後、表面側を局部爆発処理する場合 (No. 6)。および(d)に示すように表面側と裏面側を同時に局部爆発処理した場合 (No. 9) である。

3) Fig. 4 の(d)に示すように、導爆線の本数 (n) を3本 (No. 7)、4本 (No. 8)、6本 (No. 9)、8本 (No. 10, 11) と変化させ、表面側と裏面側を同時に局部爆発処理を行った場合である。なお、8本については局部爆発処理範囲にわたり導爆線を1様に設置した場合 (No. 10) と Fig. 4 の(e)に示すように溶接金属部のみ導爆線の上にさらに2本の導爆線を重ねて設置した場合 (No. 11) の2種類について行った。

4) Fig. 4 の(f)に示すように、爆薬をダイナマイトとし、局部爆発処理範囲を溶接線を中心に25 mm とし、ダイナマイト厚さ (t) を5 mm (No. 12) と6 mm (No. 13) に変化させ、表面側と裏面側を同時に局部爆発処理した場合である。

2.3 残留応力測定法

残留応力の測定は、試験片の溶接線方向の中央部にて溶接線より 0, 15, 50, 80, 110 mm の位置で行った。残留応力は、各測定位置の表裏両面にゲージ長 2 mm の三軸ひずみゲージを、直角な二軸が溶接線方向 (x 方向) とそれと直角な方向 (y 方向) に一致するように接着し、各位置を 10 mm×10 mm 角に切り出すことによって、開放されたひずみ量より計算にて求めた。

3. 実験結果および考察

Fig. 5 は、溶接のままの試験片 (No. 1) における x 方向の残留応力 σ_x と y 方向の残留応力 σ_y の分布を示したものである。表裏両面とも、 σ_x は溶接金属部で 400 MPa 以上の高い引張応力を示し、溶接線より離れる

Fig. 5 Residual stress distribution of welded joint as welded condition

Fig. 6 Effect of treatment width on residual stresses distribution of welded joint

と、引張応力は急速に減少し、40 mm 以上離れると圧縮応力に転じた。一方、 σ_y は表裏両面とも溶接金属部で 50 MPa 以下の小さい値を示し、溶接熱影響部で最大引張応力 150 MPa 程度を示した後、それ以上離れると減少し 110 mm の位置では残留応力はほとんど存在していないようである。このように σ_y は溶接部において高い引張残留応力値を発生しないことが確認されたので、本実験では主に σ_x の残留応力の軽減について検討した。

3.1 局部爆発処理幅を変化させた場合

Fig. 6 は、溶接継手の表面側に導爆線の本数を6本とし、爆発処理幅を溶接線を中心として 40 mm (No. 2)、50 mm (No. 3)、60 mm (No. 4) と変化させ、局部爆発処

理を施した後の残留応力を示したものである。

まず、爆発処理幅 40 mm における表面側の残留応力は、溶接金属部で 110 MPa、溶接熱影響部で 30 MPa の引張残留応力であり、この値は溶接のままのものに比べ 300 MPa～250 MPa 減少した。一方、母材における圧縮残留応力は、溶接金属部および溶接熱影響部の高い引張残留応力が減少したことにより、30 MPa～0 MPa までその絶対値が減少した。爆発処理幅を 50 mm、60 mm と変化させても、各測定位置におけるそれらの残留応力値は、40 mm の場合と変化なく、表面側の残留応力にたいして爆発処理幅の影響は現れなかった。

次に、爆発処理幅 40 mm における裏面側の残留応力は、溶接金属部で 190 MPa、溶接熱影響部で 80 MPa と表面側と同様に溶接のままのものに比べて引張残留応力は著しく減少した。そして、爆発処理幅を 50 mm と増加させても、40 mm のものとはほとんど変化なく、爆発処理幅の影響は現れなかった。しかし、60 mm にすると、局部爆発処理による溶接金属部および溶接熱影響部の残留応力軽減量は 40 mm のものに比べて 50 MPa～70 MPa 程度少なく、爆発処理幅の差がみられた。これは、爆発処理幅を変えることにより生じた爆薬の設置間隔が変化し、表面から裏面に到達するまでに減衰する爆発荷重の強さに影響を与え、裏面側の残留応力軽減量に差異を生じさせたものと考えられる。

このように、爆薬を溶接金属部および溶接熱影響部の上で爆発させることによって、溶接残留応力を軽減できるのは、次のように考えられる。爆薬を爆発させることによって発生する圧力は、爆薬の量およびその種類によって異なるが、数千 MPa～数十 GPa といわれている⁴⁾。本実験で使用した爆薬についてピーク圧力を測定していないが、後に行った組織観察や硬度測定結果と Watters 等や Koepke 等の実験結果^{5,6)}を比較すると、塑性波が発生する最小圧力 0.7 GPa より高く、双晶を生じる 1.5 GPa より低い 1 GPa 程度の値であることが推定される。

今、爆薬の爆発による圧縮衝撃波で爆薬荷重下の領域のみが局部的に塑性流動するものと仮定する。この仮定は爆発荷重後の変形状態から十分妥当なものと考えられる。したがって、その部分における x 方向の塑性ひずみ (ϵ_x^p) は、 z 方向の塑性ひずみ ϵ_z^p とすれば、非圧縮性条件により

$$\epsilon_x^p = \epsilon_y^p = -\epsilon_z^p/2 \quad \cdots(1)$$

と与えられるので、 x 方向には $|\epsilon_x^p/2|$ の引張塑性ひずみが生じる。

一方溶接線より y_0 離れた x 方向の引張残留応力を $\sigma_x(y_0)$ とすれば、弾性ひずみは

$$\epsilon_x(y_0) = E/\sigma_x(y_0) \quad \cdots(2)$$

であり、このひずみ量だけ縮もうとする特性がある。爆発処理により ϵ_x^p の引張塑性ひずみが与えられるので $\epsilon_x(y_0)$ の弾性ひずみは $(\epsilon_x(y_0) - \epsilon_x^p)$ まで減少する。すなわち、板厚方向の塑性ひずみ量 ϵ_z^p の 1/2 のひずみ量に相当する応力が軽減される。

もちろん、爆発荷重を増加させて $\epsilon_x^p = \epsilon_x(y_0)$ の条件にすると残留応力は零となり、さらに爆発荷重を増加させて $\epsilon_x^p > \epsilon_x(y_0)$ の条件にすると、溶接部の引張残留応

Fig. 7 Effect of the order of treatment on residual stresses distribution of welded joint

Table 2 Deflection of welded joint after explosive treatment

Specimen Number	Order of explosive treatment	Deflection (δ) (mrad)
1		
As welded		+9.60
3	Front face	+32.78
5	Front face-Back face	-1.20
6	Back face-Front face	+26.79
9	Front face and back face at the same time	+9.20

力を圧縮応力に転じることになる。

3.2 局部爆発処理順序を変化させ表面、裏面を順次局部爆発処理した場合

前述のように片面のみの局部爆発処理では、その反対面の溶接金属面に高い引張残留応力が存在していた。そこで、この残留応力の軽減をはかるため、溶接継手の片面だけでなく、両面の局部爆発処理を行い、その結果を示したのが Fig. 7 である。

表面側の残留応力は、表面側のみの局部爆発処理 (No. 3) によって溶接金属の残留応力は溶接のままのものに比べ 300 MPa 程度軽減するのに対し、さらに裏面側に局部爆発処理 (No. 5) を施しても、引張残留応力軽減量は 30 MPa 程度しか認められず、また、溶接線より 30 mm 以上離れると片面のみの局部爆発処理した場合の残留応力とほとんど変化が見られなかった。次に、裏面側を局部爆発処理した後表面側を局部爆発処理 (No. 6) した場合、および両面同時に局部爆発処理 (No. 9) した場合も、引張残留応力軽減量に違いはなく、したがって、局部爆発処理順序の影響はみられなかった。

Table 2 に局部爆発処理後の溶接継手の変形量を示す。この表より明らかなように、表面のみ (No. 3) および表面と裏面を交互に局部爆発処理した溶接継手 (No. 4 と No. 5) では角変形を生じたが、両面同時に局部爆発処理した溶接継手 (No. 9) では、溶接のままの継手と

ほとんど変化なく、変形から考えると表裏両面同時爆発処理が推奨できる。したがって次節では両面同時に局部爆発処理により実験を行い、導爆線の本数の違いによる残留応力軽減量を調査した。

3.3 導爆線の本数を变化させ表裏両面を同時局部爆発処理した場合

Fig. 8 は、表裏同時局部爆発処理で導爆線の本数を 3 本 (No. 7), 4 本 (No. 8), 6 本 (No. 9), 8 本 (No. 10, 11) と変化させ、溶接継手の残留応力に及ぼす局部爆発負荷の影響をみたものである。

表面側の溶接金属部については、導爆線の本数の影響はほとんどみられず 150 MPa~180 MPa の引張残留応力を示すのに対し、溶接熱影響部では導爆線の本数が 4 本までは十分な軽減効果が得られないが、6 本になると 100 MPa 以下の引張残留応力まで軽減することができた。しかし、6 本以上 (導爆線の設置間隔を密にする) にしてもそれ以上の軽減効果は得られなかった。

一方、裏面側については、導爆線 3 本では溶接金属部に 310 MPa、溶接熱影響部に 170 MPa とまだ高い引張

残留応力が存在している。導爆線を 4 本以上、即ち溶接金属部に導爆線を 2 本設置した場合には、溶接金属部の残留応力は 220 MPa 以下に軽減することができるが、溶接熱影響部の残留応力を表面側と同様に 100 MPa 以下にするには導爆線を 6 本以上にする必要があった。しかし、溶接金属部の残留応力を 100 MPa 以下にする目的で、溶接金属部に導爆線を 2 本設置しさらに 2 本をその上に設置した No. 11 の溶接継手においても、溶接金属部の残留応力が 140 MPa と十分な軽減効果が得られなかったのは、上部に設置した導爆線が爆発しても、そのエネルギーの大半が上部へ放出されたためである。

3.4 ダイナマイトによる局部爆発処理

導爆線にて表裏両面を同時局部爆発処理を行っても、その残留応力軽減効果は表面側のみ局部爆発処理した場合と同程度となり、それ以上の軽減効果が必要な場合には、導爆線の本数を増加させるか、より爆発エネルギーの大きな爆薬を使用する必要がある。しかし、導爆線の本数を増加させても No. 11 の実験結果より大きな効果は期待できない。したがって、導爆線の代わりにダイナマイトを使用して表裏両面を同時局部爆発処理することにした。

Fig. 9 は、爆発処理幅を溶接線を中心に 25 mm、片面のダイナマイト厚さを 5 mm (No. 12), 6 mm (No. 13) として表裏両面を同時局部爆発処理した結果を示す。なお比較のため導爆線 8 本 (No. 11) の結果も示す。

表面側についてみると、ダイナマイト厚さ 5 mm で局部爆発処理した場合、溶接金属部の残留応力は導爆線より更に 100 MPa 軽減し、50 MPa の引張残留応力まで減少した。ダイナマイト厚さを 6 mm に増加させると、溶接金属部、溶接熱影響部を含めた溶接継手の残留応力は 30 MPa 以下の小さい残留応力まで軽減することができた。

一方、裏面側においても、ダイナマイトで局部爆発処理した場合には、ダイナマイト厚さ 6 mm の溶接金属部で 90 MPa の引張残留応力が計測される以外、総ての測定位置において 50 MPa 以下の小さな残留応力まで軽減することができた。

ダイナマイト厚さが 5 mm 以下では、爆発処理を行う際に爆薬が完全に爆発しない可能性があり、その後処理に危険性を生ずるので、5 mm 以下の条件は実施しなかった。

3.5 主応力とその方向に及ぼす局部爆発処理の影響

Fig. 10 は、局部爆発処理を行うことによって溶接継手の主応力の大きさおよびその方向がどのように変化するかをみたものである。

導爆線で局部爆発処理した場合、その最大主応力および最小主応力の大きさは、表面、裏面とも、溶接のままのものに比べ減少するが、その方向についてはほとんど変化しないようである。また、ダイナマイトを使用すると、その最大主応力の大きさは、x 方向の残留応力と同様に溶接継手を通じて 80 MPa 以下の応力に減少した。したがって、局部爆発処理は、ある特定の残留応力の軽減に対してのみ、有効であるばかりでなく、どの方向に対しても均一な軽減効果を示すことが明らかとなった。

Fig. 8 Effect of amount of detonating cords on residual stresses distribution of welded joint

Fig. 9 Effect of thickness of dynamite on residual stresses distribution of welded joint

以上の結果より、溶接継手の残留応力は局部爆発処理を施することにより軽減しうることが明確となった。また、この局部爆発処理に使用する爆薬は、爆薬の充填度が不安定で、そして均等な爆発荷重を溶接継手に伝達するために油粘土等の伝達媒体を必要とする導爆線より、ダイナマイトのような可塑性があり溶接継手に密着して設置し得る爆薬の使用が望ましいと考えられる。

4. 結 言

以上のことより、次のような結果を得た。

(1) 溶接継手の残留応力は、その引張残留応力領域に爆薬による爆発荷重を負荷することにより、軽減しうることが確認できた。例えば、導爆線(6本)による局部爆発処理では、溶接残留応力の最大値は溶接のままの420 MPa から 100 MPa に、ダイナマイト(厚さ 6 mm)による局部爆発処理では殆ど無応力の状態にまで軽減することができた。

(2) 溶接継手表面側からのみの局部爆発処理による初期残留応力の軽減効果は、その後、裏面側からの局部爆発処理をさらに付加しても増大しなかった。

(3) 局部爆発処理による溶接継手の残留応力軽減法としては、処理により発生する角変形の観点からみると、表裏両面の同時局部爆発処理が望ましい。

(4) 導爆線による局部爆発処理には、爆発衝撃波の溶接継手への伝達媒体(本研究では油粘土を使用)が必要であり、またそれは導爆線の設置間隔の相違により伝達効果に大きな影響を与えるため、爆薬としては可塑性のあるダイナマイトの方が望ましい。

参 考 文 献

- 1) T. Z. Blazynski : Explosive Welding, Forming and Compaction, Applied Science Publishers (1983), 1~11

- 2) S. Hristov, P. Petrov and S. Zvetanov : Reduction and Redistribution of the Residual Welding Stresses Through Local Explosive Treatment
- 3) L. Chen, Z. Si, Y. Wang, H. Chan and X. Dong : Investigation on the Mechanism of Stress Relief by Explosive Treatment—the Rule of Plastic Deformation of Metal in the Process of Explosive
- 4) T. Z. Blazynski : Explosive Welding, Forming and Compaction, Applied Science Publishers (1983), 92~106
- 5) J. L. Watters, T. R. Wilshaw and A. S. Tetelman : The Effect of Shock Hardening on the Impact Resistance of Low-Carbon Steel, Met. Trans., Vol. 1, No. 10 (1970) 2849~2855
- 6) B. G. Koepke, R. P. Jewett, W. T. Chandle and T. E. Scott : Effect of Initial Microstructure and Shock Method on Shock-Induced Transformation Strengthening of Carbon Steel, Met. Trans., Vol. 2, No. 8 (1971), 2043~2049

Fig. 10 Effect of explosive treatment on principal residual stresses of welded joint

金属溶射皮膜のブラスト・エロージョン特性*

伊藤 義康**, 斎藤 正弘***, 柏谷 英夫***, 浅井 知****

Blast Erosion Properties of Thermal Sprayed Metal Coatings*

by Yoshiyasu Itoh**, Masahiro Saitoh***, Hideo Kashiwaya***
and Satoru Asai****

The final purpose of our study is to discuss the selection of surface modification processes and/or materials from a viewpoint of blast erosion properties. In this study, an experimental investigation was carried out on the blast erosion resistance of thermal sprayed metal coatings. Eight different coatings of 18Cr-8Ni steel, 13Cr steel, Cu, Co base alloy and Cu-Ni alloy, which were produced by FLSP, EASP and PSP, were examined in comparison with substrate materials. The effect of test conditions, such as

*原稿受付 平成元年5月31日 平成元年春季全国大会で発表

**正 員 嶋東芝 重電技術研究所 Member, Toshiba Corp.

*** 嶋東芝 重電技術研究所 Toshiba Corp.

****正 員 嶋東芝 京浜事業所 Member, Toshiba Corp.