

成形爆薬による鋼構造建物の発破解体に関する研究(第1報)

—鋼板の材料強度の違いによる成形爆薬の切断能力—

加藤政利*, 中村雄治**, 松尾 彰***, 緒方雄二****,
勝山邦久*****, 橋爪 浩*****

本論文では、成形爆薬による鋼板の切断能力に対し、鋼板の材料強度が重要な要素であることを把握するため、鋼板の切欠き深さを板厚19mmの1/3、2/3まで切欠く場合と、完全に切断する場合の3種類に制御する成形爆薬を準備し、材料強度が400、490、590、690、780N/mm²級の5種類の鋼板を組合せた実験を行った。

その結果、成形爆薬による鋼板の切断能力に対して鋼板の材料強度が重要な要素であることを実験的に明らかにした。また、これらの実験結果を基に、材料強度を考慮した発破式を提示した。

1. はじめに

著者等は、国内の鋼構造建物に発破解体法を適用させることを目指して、成形爆薬による鋼板の切断に関する研究^{1)~4)}を行っている。しかし、実際の鋼構造建物を発破解体する場合、対象建物周辺の近隣建物に対し、発破による騒音、振動を低減させるとともに、本来の鋼板を切断するという目的以外の現象(飛散物による発破災害等)を無くすことが不可欠である。これらの現象を低減させる要因の一つに、爆薬量(以降、

薬量と記す)が考えられることから、必要最小限の薬量を把握しなければならない。

しかし、鋼板の切断に用いる成形爆薬の薬量を求める際、通常用いられている発破式⁵⁾(式(1)参照)は鋼板の材料強度に関係なく完全に切断しようとする鋼板の断面積にのみ比例する形となっている。すなわち、鋼板の材料強度に無関係となっており、今日のように鋼構造建物に高強度の構造用鋼材が使用されるようになってきている現状を考慮すると、この発破式では不十分であることが大いに予想される。

そこで本研究では、材料強度の異なる鋼板を用いた切欠きおよび切断実験を行い、成形爆薬の切断能力に材料強度が重要な因子であることを実験的に確かめたので、ここに報告する。

2. 既往の発破式

鋼板の切断に用いる成形爆薬の薬量を求める発破式⁵⁾は、一般に次式で示されている。

$$W_{sc} = C_e \cdot A(t) \tag{1}$$

ここで、 W_{sc} : 薬量(g), C_e : 発破係数(g/cm²), $A(t)$: 板厚(t)mmの鋼板の切断面積(cm²)を示している。

しかし、式(1)により求める薬量は、切断しようとする鋼板の切断面積に依存しており、鋼板の材料強度は全く考慮されていない。なお、文献⁶⁾によると、鋼板の切断に用いる爆薬にTNTを用いた場合の発破係数(C_e)は、張付け法(鋼材の表面に張付ける方法)で $C_e = 25 \sim 30$ (g/cm²)と示されている。

- 2000年9月7日受理
*五洋建設株式会社建築本部建築設計部
〒112-8576 東京都文京区後楽2-2-8
TEL 03-3817-7596
FAX 03-3814-2892
E-mail Masatoshi.Katou@mail.penta-ocean.co.jp
**中村建築研究所
〒739-0014 広島県東広島市西条昭和町6-2-404
TEL 0824-22-7564
FAX 0824-22-7564
***広島大学工学部建設構造工学
〒739-8527 広島県東広島市鏡山1-4-1
TEL 0824-24-7799
FAX 0824-24-7799
****通商産業省工業技術院資源環境技術総合研究所
〒305-8569 茨城県つくば市小野川16-3
TEL 0298-61-8764
FAX 0298-61-8758
*****愛媛大学農学部地域環境工学水利環境工学研究室
〒790-8566 松山市樽味3-5-7
TEL 089-946-9923
FAX 089-946-9923
*****日本化薬株式会社化学品事業本部火薬事業部
〒102-8172 東京都千代田区富士見1-11-2
東京富士見ビル
TEL 03-3237-5361
FAX 03-3237-5088

Table 1 Mechanical properties of materials

Material	Thickness (mm)	σ_y (N/mm ²)	σ_u (N/mm ²)	YR (%)	EL (%)	HRB ^{\`}
Steel Plate (SS400)	19	262	429	61.0	33	94
Steel Plate (SM490A)	19	342	515	66.5	29	102
Steel Plate (SA440B)	19	468	639	73.2	19	110
Steel Plate (HITEN690B)	19	713	758	94.1	17	112
Steel Plate (HITEN780B)	19	854	892	95.7	15	115
Galvanized Steel Sheet (SGCC)	0.8	256 ^{*1}	359	71.3	36	77
Copper Sheet (C1201P - 1/4H)	0.8	172 ^{*1}	239	72.4	38	54

σ_y : Yield point, σ_u : Ultimate strength, YR: Yield ratio, EL: Elongation, HRB: Rockwell hardness (Scale B), *1: Value of 0.2% off-set

Table 2 Chemical composition of materials

Material	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Zn Coating weight (g/m ²)
	×100 (%)			×1000 (%)		×100 (%)					
SS400 ^{*2}	15	19	68	10	3	—	—	—	—	—	—
SM490A ^{*2}	16	36	142	10	2	—	—	—	—	—	—
SA440B ^{*2}	12	25	137	9	2	18	22	9	13	4	—
HITEN690B ^{*2}	11	28	95	6	1	21	103	44	32	4	—
HITEN780B ^{*2}	11	28	95	6	1	21	103	44	32	4	—
SGCC ^{*3}	2	2	24	19	14	—	—	—	—	—	244
C1201P - 1/4H ^{*3}	—	—	—	20	—	9,998	—	—	—	—	—

*2: Value of inspection certificate, *3: Analytical value of chemical composition

3. 実験計画

3.1 使用鋼板およびライナー材

本実験の試験体は、中低層建物のH形鋼柱を想定し、広幅・中幅系の熱間圧延H形鋼の内、実績の多いフランジ幅、フランジ板厚を考慮することを前提とした。

その結果、板厚19mmで300mm×300mmの正方形鋼板とし、400N/mm²級のSS400鋼材(一般構造用鋼材)、490N/mm²級のSM490A鋼材(溶接構造用鋼材)、590N/mm²級のSA440B鋼材(高性能建築構造用鋼材)、690N/mm²級のHITEN690B鋼材(690N/mm²級溶接構造用高張力鋼材)および780N/mm²級のHITEN780B鋼材(780N/mm²級溶接構造用高張力鋼材)の5種類を用意した。また、成形爆薬に使用するライナー材の材質は、溶融亜鉛めっき鋼板(SGCC)および銅板(C1201P-1/4H)の2種類で、共に板厚0.8mmの薄板を用いることとした。

本実験で用いた各鋼材の機械的性質をTable 1に、化学成分をTable 2に示す。

3.2 成形爆薬の形状と薬量の算出

本実験で用いる成形爆薬の形状は、文献^{1),2)}で得られた実験結果を参考に鋼板の切断効果が大いに期待できる形状として、Fig. 1に示す形状係数を $\kappa=0.75$ に、ライナー角を $\alpha=90^\circ$ に設定した。また、成形爆薬の薬量を求めるための前提条件として、式(1)に代入する発破係数は、文献^{1),2)}で実施した試験体のうち、SS400鋼材を用いた数体の平均実績値を採用し、鋼板の材料強度を無視した必要最小限の薬量を算出することにした。

以下に、爆薬にペントライトを用いた場合の発破係数と爆薬充填密度の実績値^{1),2)}を示す。

$$\text{発破係数} : Ce = 1.674 \text{ (g/cm}^2\text{)}$$

$$\text{爆薬充填密度} : \rho e = 1.568 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

これらの値を利用し、各鋼板の板厚(全て19mm)の約1/3(6mm)および約2/3(12mm)まで切欠く場合と各鋼板を完全切断(19mm)する場合で、爆薬長370mmの薬量を式(1)で算出すると、以下のように求め

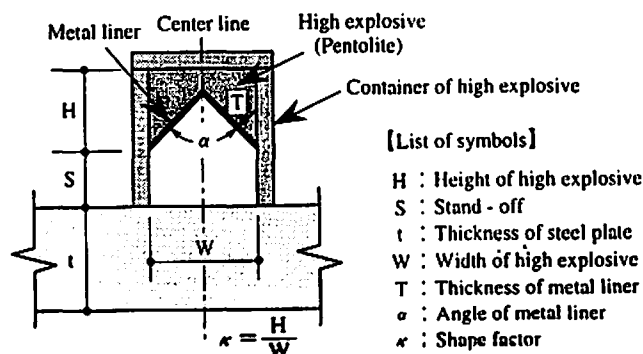


Fig. 1 Layout of shaped charge

ることができる。

【①：鋼板を6mmまで切欠く場合】

鋼板の有効幅は300mmであることから、鋼板の切欠き面積(A(6))を用いて薬量(W_{sc}(6)')を算出すると、以下のように求まる。

$$W_{sc}(6)' = Ce \cdot A(6) = 30.13 \text{ (g)} \quad (2)$$

この薬量に対し、 ρ_e と κ から爆薬幅(W(6))と爆薬高さ(H(6))を求め、爆薬ケースの製作可能な範囲にまとめると、以下ようになる。

$$\begin{aligned} W(6) &= 11.32 \rightarrow 12 \text{ (mm)}, \\ H(6) &= 8.49 \rightarrow 9 \text{ (mm)} \end{aligned} \quad (3)$$

実際に使用する爆薬長は370mmであることから、この爆薬長、 ρ_e 、 κ および式(3)の値から、本実験で使用する鋼板を6mmまで切欠く場合の薬量(W_{sc}(6))は、以下のように求まる。

$$W_{sc}(6) = 41.77 \rightarrow 42 \text{ (g)} \quad (4)$$

【②：鋼板を12mmまで切欠く場合】

式(2)と同様に、鋼板の切欠き面積(A(12))を用いて薬量(W_{sc}(12)')を算出すると、以下のように求まる。

$$W_{sc}(12)' = Ce \cdot A(12) = 60.27 \text{ (g)} \quad (5)$$

また、式(3)と同様に、爆薬幅(W(12))と爆薬高さ(H(12))を求めると、以下ようになる。

$$\begin{aligned} W(12) &= 16.01 \rightarrow 16 \text{ (mm)}, \\ H(12) &= 12.01 \rightarrow 12 \text{ (mm)} \end{aligned} \quad (6)$$

実際に使用する爆薬長は370mmであることから、式(4)と同様に、本実験で使用する鋼板を12mmまで切欠く場合の薬量(W_{sc}(12))は、以下のように求まる。

$$W_{sc}(12) = 74.26 \rightarrow 74 \text{ (g)} \quad (7)$$

【③：鋼板の19mmを完全に切断する場合】

式(2)と同様に、鋼板の切断面積(A(19))を用いて薬量(W_{sc}(19)')を算出すると、以下のように求まる。

$$W_{sc}(19)' = Ce \cdot A(19) = 95.42 \text{ (g)} \quad (8)$$

また、式(3)と同様に、爆薬幅(W(19))と爆薬高さ(H(19))を求めると、以下ようになる。

$$\begin{aligned} W(19) &= 20.14 \rightarrow 20 \text{ (mm)}, \\ H(19) &= 15.11 \rightarrow 15 \text{ (mm)} \end{aligned} \quad (9)$$

実際に使用する爆薬長は370mmであることから、式(4)と同様に、本実験で使用する板厚19mmの鋼板を完全に切断する場合の薬量(W_{sc}(19))は、以下のように求まる。

$$W_{sc}(19) = 116.03 \rightarrow 117 \text{ (g)} \quad (10)$$

3.3 実験パラメータ

本研究では、成形爆薬による鋼板の切断能力に対し、鋼板の材料強度が影響していることを把握することを目的としているため、実験パラメータは以下のように設定した。

- ①：ライナー材の材質の違いによる鋼板の切欠き深さの把握
- ②：薬量の違い(鋼板を6mmまで切欠く場合：42g、鋼板を12mmまで切欠く場合：74g、鋼板19mmを完全に切断する場合：117gの3種類)による鋼板の切欠き深さ・切断制御の把握
- ③：鋼板の材料強度の違いによる鋼板の切欠き深さの把握

以上の3項目を設定し、同一パラメータ毎に試験体を3体準備した。なお、SS400鋼材とSM490A鋼材の鋼板を完全切断する試験体は1体のみとした。また、スタンドオフ(S)の設定は、文献²⁾の実験結果を基準

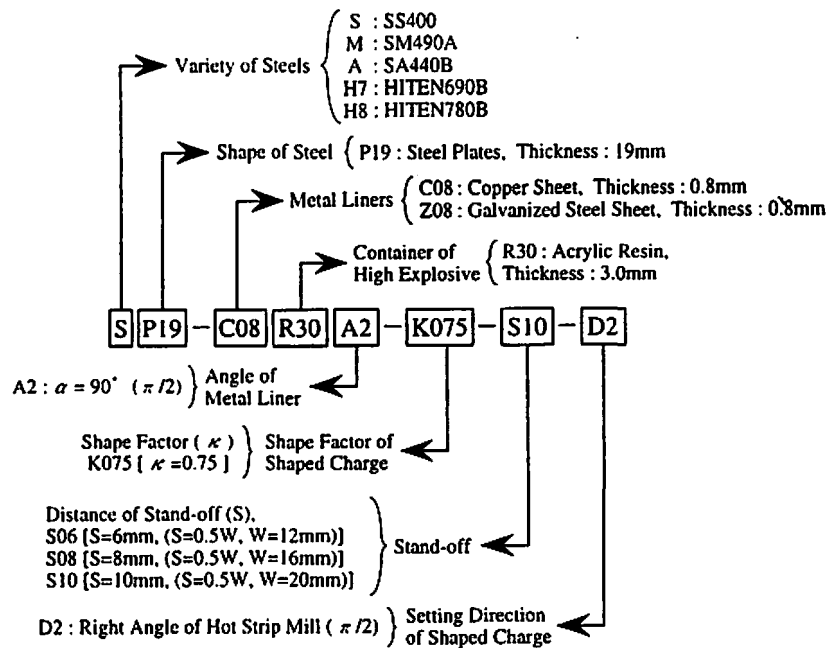


Fig. 2 Explanation of specimen's name

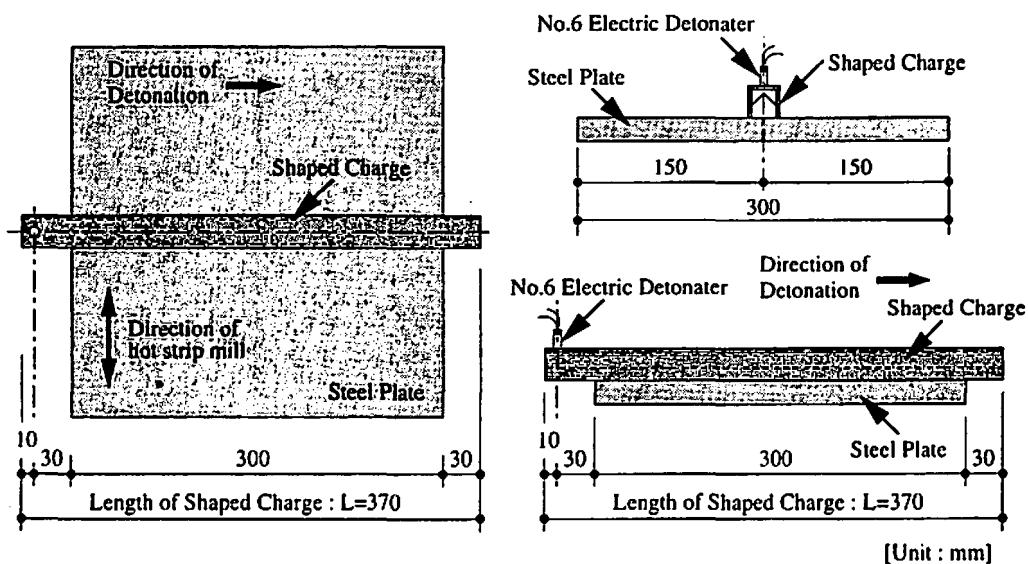


Fig. 3 Setting layout of shaped charges and steel plates

に爆薬幅(W)の1/2に統一した。

ここで試験体名称の説明をFig. 2に、各パラメータの組合せをTable 3に示す。

3. 4 実験方法

本実験で使用した成形爆薬は、Fig. 1に示すような無色透明の亚克力樹脂板で製作した爆薬ケースに、ペントライトを80℃近くで溶解し、熔融充填したものを6号瞬発電気雷管により起爆した。なお、成形爆薬の設置方法は鋼板上面に直置きとし、接着剤等は用いなかった。

この成形爆薬と鋼板の設置状況をFig. 3に示す。

4. 実験結果および考察

4. 1 実験結果

本実験で用いた各成形爆薬の計測結果および実験終了後の鋼板の切断・切欠き結果、切断係数をTable 4, 5に示す。ここで、鋼板の切欠き深さとは、鋼板の上方(表面)から下方の鋼板内部に食い込んだライナーカッター²⁾の先端までの長さを表している。なお、切欠き深さの計測は、鋼板の平均板厚から切欠かれなかった鋼板の厚さを差し引くことにより求めた。

Table 3 Experimental parameters and dimensions of shaped charge

Name of Specimen	Container of High Explosive	Metal Liner	Steel Plate	α	κ	L (mm)	S (mm)	W (mm)	H (mm)		
SP19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.1, 2	Acrylic Resin Colorless and Transparency Thickness : 3.0mm	Galvanized Steel Sheet T=0.8mm	SS400 t=19.0mm	90°	0.75	370	6	12	9		
SP19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.3							8	16	12		
SP19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.1, 2							10	20	15		
SP19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.3							6	12	9		
SP19-Z08R30A2-K075-S10-D2 No.3							8	16	12		
SP19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.1, 2							10	20	15		
SP19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.3							Copper Sheet T=0.8mm	SM490A t=19.0mm	6	12	9
SP19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.1, 2									8	16	12
SP19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.3									10	20	15
SP19-C08R30A2-K075-S10-D2 No.3									6	12	9
MP19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.1, 2									8	16	12
MP19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.3									10	20	15
MP19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.1, 2		Galvanized Steel Sheet T=0.8mm	SA440B t=19.0mm						6	12	9
MP19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.3									8	16	12
MP19-Z08R30A2-K075-S10-D2 No.3									10	20	15
MP19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.1, 2									6	12	9
MP19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.3									8	16	12
MP19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.1, 2									10	20	15
MP19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.3							Copper Sheet T=0.8mm	HITEN690B t=19.0mm	6	12	9
MP19-C08R30A2-K075-S10-D2 No.3									8	16	12
API9-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.1, 2									10	20	15
API9-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.3									6	12	9
API9-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.1, 2									8	16	12
API9-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.3									10	20	15
API9-Z08R30A2-K075-S10-D2 No.1, 2		Galvanized Steel Sheet T=0.8mm	HITEN780B t=19.0mm						6	12	9
API9-Z08R30A2-K075-S10-D2 No.3									8	16	12
API9-C08R30A2-K075-S06-D2 No.1, 2									10	20	15
API9-C08R30A2-K075-S06-D2 No.3									6	12	9
API9-C08R30A2-K075-S08-D2 No.1, 2									8	16	12
API9-C08R30A2-K075-S08-D2 No.3									10	20	15
API9-C08R30A2-K075-S10-D2 No.1, 2							Galvanized Steel Sheet T=0.8mm	HITEN690B t=19.0mm	6	12	9
API9-C08R30A2-K075-S10-D2 No.3									8	16	12
H7P19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.1, 2									10	20	15
H7P19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.3									6	12	9
H7P19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.1, 2									8	16	12
H7P19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.3									10	20	15
H7P19-Z08R30A2-K075-S10-D2 No.1, 2		Copper Sheet T=0.8mm	HITEN780B t=19.0mm						6	12	9
H7P19-Z08R30A2-K075-S10-D2 No.3									8	16	12
H7P19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.1, 2									10	20	15
H7P19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.3									6	12	9
H7P19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.1, 2									8	16	12
H7P19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.3									10	20	15
H7P19-C08R30A2-K075-S10-D2 No.1, 2							Galvanized Steel Sheet T=0.8mm	HITEN780B t=19.0mm	6	12	9
H7P19-C08R30A2-K075-S10-D2 No.3									8	16	12
H8P19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.1, 2									10	20	15
H8P19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.3									6	12	9
H8P19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.1, 2									8	16	12
H8P19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.3									10	20	15
H8P19-Z08R30A2-K075-S10-D2 No.1, 2	Copper Sheet T=0.8mm	HITEN780B t=19.0mm	6	12	9						
H8P19-Z08R30A2-K075-S10-D2 No.3			8	16	12						
H8P19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.1, 2			10	20	15						
H8P19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.3			6	12	9						
H8P19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.1, 2			8	16	12						
H8P19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.3			10	20	15						
H8P19-C08R30A2-K075-S10-D2 No.1, 2			Galvanized Steel Sheet T=0.8mm	HITEN780B t=19.0mm	6	12	9				
H8P19-C08R30A2-K075-S10-D2 No.3					8	16	12				
H8P19-C08R30A2-K075-S10-D2 No.3					10	20	15				

α : Angle of metal liner, κ : shape factor, L : Length of shaped charge, S : Stand - off, W : Width of high explosive, H : Height of high explosive.

切断係数とは、鋼板の切断または切欠き深さ(mm)を爆薬の充填密度(g/cm^3)で除した値を表しており、この値が大きいほど切断効果が高いことを表している。

Table 4, 5内で*印の付いた切欠き深さの値は、鋼板が完全に切断されていることから鋼板の最小板厚、最大板厚を示し、充填密度とは、爆薬ケースに爆薬を溶融充填した密度を示している。ただし、切欠き深さの最大値を計測する際、両端部(起爆方向に対する起点と終点)で深く切欠かれた箇所は計測対象から除外している。

Table 4, 5内の試験体名称でS06の付いた試験体は鋼板の切欠き深さを6mmに、S08の付いた試験体は切欠き深さを12mmに、S10の付いた試験体は完全切断(板厚19mm以上)を想定した試験体である。

4. 2 鋼板の材料強度の違いによる切欠き深さ分布

Table 4, 5に示すNo. 3試験体のうち、板厚の約

1/3(6mm)まで切欠いたS06シリーズおよび板厚の約2/3(12mm)まで切欠いたS08シリーズにおける鋼板の切欠き深さ分布をFig. 4, 5に示す。なお、Fig. 4はSS400鋼材を、Fig. 5はHITEN780B鋼材を用いた場合の切欠き深さ分布である。

Fig. 4に示すSS400鋼材の場合の切欠き深さは、ライナー材の材質に関係なく切欠き深さ6mm, 12mm共に十分制御できていることが確認できる。これは、成形爆薬の薬量を求める際、SS400鋼材の実績値から求めた発破係数を用いて決定したことに依存しており、妥当な値であることが確認できた。

Fig. 5に示すHITEN780B鋼材の場合の切欠き深さは、ライナー材の材質に関係なく切欠き深さ6mm, 12mm共に想定値を下回る傾向にある。なお、その他3種類の鋼板においても同様な傾向にある。

これら切欠き分布の結果から、成形爆薬による鋼板の切欠き深さはライナー材の材質に関係なく、鋼板の材料強度の影響を受けているものと考えられる。

Table 4 Experimental results and measured dimensions of shaped charge (SS400 and SM490A)

Name of Specimen	W ₁ (mm)	H ₁ (mm)	κ_1	L ₁ (mm)	G (g)	ρ (g/cm^3)	D _{min} (mm)	Cutting Coefficient ($\text{mm}/(\text{g}/\text{cm}^3)$)	D _{max} (mm)	Cutting Coefficient ($\text{mm}/(\text{g}/\text{cm}^3)$)
SP19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.1	12.10	8.84	0.73	370.0	37.7	1.448	5.49	3.79	6.21	4.28*
SP19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.2	12.00	8.88	0.74	370.0	38.4	1.471	5.74	3.91	6.23	4.24
SP19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.3	12.11	8.90	0.73	370.0	41.1	1.562	6.57	4.21	7.03	4.50
SP19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.1	16.21	12.03	0.74	370.0	72.2	1.509	12.34	8.18	13.19	8.75
SP19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.2	16.15	11.80	0.73	370.0	71.1	1.533	11.59	7.56	12.17	7.94
SP19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.3	16.21	11.70	0.72	370.0	72.6	1.583	11.55	7.30*	11.92	7.53
SP19-Z08R30A2-K075-S10-D2 No.3	20.21	15.25	0.75	370.1	116.2	1.523	18.55*	12.18*	18.80*	12.34*
SP19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.1	11.99	9.00	0.75	370.0	38.4	1.442	6.20	4.30	6.90	4.79
SP19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.2	12.08	9.12	0.75	370.0	43.5	1.595	6.90	4.33	7.42	4.65
SP19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.3	12.08	9.04	0.75	370.0	43.3	1.609	6.49	4.03	6.93	4.31
SP19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.1	16.16	12.01	0.74	370.0	70.8	1.486	12.29	8.27	13.33	8.97
SP19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.2	16.03	11.99	0.75	370.0	69.7	1.472	12.97	8.81	13.41	9.11
SP19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.3	16.03	11.90	0.74	370.0	70.4	1.504	12.32	8.19	13.11	8.72
SP19-C08R30A2-K075-S10-D2 No.3	20.70	14.77	0.71	370.0	118.0	1.606	18.40*	11.46*	18.50*	11.52*
MP19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.1	11.92	8.92	0.75	370.0	40.0	1.527	5.22	3.42	5.75	3.77
MP19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.2	12.08	9.03	0.75	370.0	38.5	1.433	5.67	3.96	6.05	4.22
MP19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.3	12.15	8.86	0.73	370.0	39.7	1.517	5.47	3.61	5.87	3.87
MP19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.1	16.00	11.81	0.74	370.0	70.2	1.518	10.68	7.03	11.86	7.81
MP19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.2	15.98	11.84	0.74	370.0	71.8	1.548	10.51	6.79	11.88	7.67
MP19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.3	16.03	11.91	0.74	370.0	69.8	1.489	10.59	7.11	11.13	7.47
MP19-Z08R30A2-K075-S10-D2 No.3	20.09	14.88	0.74	370.0	115.9	1.582	15.36	9.71	18.29*	11.56*
MP19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.1	12.10	8.95	0.74	370.0	41.7	1.572	6.04	3.84	6.79	4.32
MP19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.2	12.10	8.94	0.74	370.0	41.8	1.578	6.33	4.01	6.84	4.33
MP19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.3	12.00	9.01	0.75	370.0	41.0	1.536	5.94	3.87	6.34	4.13
MP19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.1	16.08	12.12	0.75	370.0	69.9	1.450	12.09	8.34	12.51	8.63
MP19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.2	16.07	12.06	0.75	370.0	71.9	1.504	11.70	7.78	13.04	8.67
MP19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.3	16.06	12.02	0.75	370.0	73.4	1.543	11.91	7.72	12.63	8.18
MP19-C08R30A2-K075-S10-D2 No.3	20.15	14.80	0.73	370.0	112.9	1.551	18.19*	11.73*	18.33*	11.82*

W₁: Width of high explosive [measured], H₁: Height of high explosive [measured], κ_1 : shape factor [measured],

L₁: Length of shaped charge [measured], G: Weight of high explosive [measured], ρ : Density of filled high explosive [measured],

D_{min}: Minimum depth of notch or cutting [measured], D_{max}: Maximum depth of notch or cutting [measured],

*: Minimum or maximum thicknesses of steel plates.

Table 5 Experimental results and measured dimensions of shaped charge (SA440B, HITEN690B and HITEN780B)

Name of Specimen	W ₁ (mm)	H ₁ (mm)	κ_1	L ₁ (mm)	G (g)	ρ (g/cm ³)	D _{min} (mm)	Cutting Coefficient (min) (mm/(g/cm ³))	D _{max} (mm)	Cutting Coefficient (max) (mm/(g/cm ³))
AP19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.1	12.20	8.70	0.71	370.3	41.5	1.626	4.53	2.79	5.73	3.52
AP19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.2	12.20	8.85	0.73	370.3	40.3	1.538	4.85	3.15	5.79	3.76
AP19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.3	12.20	8.80	0.72	370.2	40.5	1.560	5.51	3.53	5.80	3.72
AP19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.1	16.10	11.80	0.73	370.2	70.1	1.513	9.24	6.11	10.25	6.78
AP19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.2	16.10	11.70	0.73	370.2	71.3	1.559	9.86	6.33	10.79	6.92
AP19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.3	16.15	11.65	0.72	370.1	70.7	1.554	10.15	6.53	10.36	6.67
AP19-Z08R30A2-K075-S10-D2 No.1	20.00	15.15	0.76	370.2	117.9	1.569	16.37	10.43	19.31*	12.31*
AP19-Z08R30A2-K075-S10-D2 No.2	20.25	15.10	0.75	370.2	119.4	1.587	15.04	9.48	19.36*	12.20*
AP19-Z08R30A2-K075-S10-D2 No.3	20.15	15.15	0.75	370.3	120.0	1.591	12.52	7.87	19.33*	12.15*
AP19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.1	12.25	8.90	0.73	370.3	40.8	1.541	5.22	3.39	5.90	3.83
AP19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.2	12.00	8.75	0.73	370.3	37.8	1.480	4.79	3.24	5.71	3.86
AP19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.3	12.05	8.80	0.73	370.3	40.1	1.553	5.12	3.30	6.04	3.89
AP19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.1	16.30	11.85	0.73	370.2	72.9	1.554	9.93	6.39	11.58	7.45
AP19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.2	16.20	11.80	0.73	370.2	71.7	1.543	10.51	6.81	11.91	7.72
AP19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.3	16.20	11.85	0.73	370.2	71.3	1.524	10.14	6.65	11.69	7.67
AP19-C08R30A2-K075-S10-D2 No.1	20.20	15.00	0.74	370.1	119.0	1.600	16.67	10.42	19.37*	12.11*
AP19-C08R30A2-K075-S10-D2 No.2	20.00	15.10	0.76	370.1	119.4	1.597	16.86	10.56	19.35*	12.12*
AP19-C08R30A2-K075-S10-D2 No.3	20.20	14.80	0.73	370.1	118.1	1.620	13.76	8.49	19.32*	11.92*
H7P19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.1	12.60	8.75	0.69	370.1	40.5	1.551	4.38	2.82	5.07	3.27
H7P19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.2	12.05	8.65	0.72	370.3	40.2	1.598	4.33	2.71	4.81	3.01
H7P19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.3	12.00	8.75	0.73	370.2	40.1	1.570	4.65	2.96	4.93	3.14
H7P19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.1	16.10	11.75	0.73	370.3	72.9	1.583	8.35	5.27	9.99	6.31
H7P19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.2	16.05	11.85	0.74	370.3	70.3	1.509	8.82	5.84	9.81	6.50
H7P19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.3	16.05	11.70	0.73	370.1	70.3	1.540	8.32	5.40	9.85	6.40
H7P19-Z08R30A2-K075-S10-D2 No.1	20.00	15.15	0.76	370.1	120.2	1.600	15.60	9.75	18.87*	11.80*
H7P19-Z08R30A2-K075-S10-D2 No.2	20.10	15.25	0.76	370.2	117.8	1.548	14.59	9.42	16.81*	10.86*
H7P19-Z08R30A2-K075-S10-D2 No.3	20.10	15.10	0.75	370.2	119.5	1.594	15.32	9.61	17.45	10.95
H7P19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.1	12.25	8.70	0.71	370.2	39.6	1.549	4.60	2.97	5.46	3.53
H7P19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.2	12.10	8.70	0.72	370.4	39.3	1.545	5.12	3.31	5.64	3.65
H7P19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.3	12.10	8.70	0.72	370.2	40.3	1.585	5.05	3.19	5.80	3.66
H7P19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.1	16.15	11.80	0.73	370.2	73.8	1.590	8.92	5.61	10.64	6.69
H7P19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.2	16.10	11.65	0.72	370.2	71.0	1.562	10.10	6.46	11.15	7.14
H7P19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.3	16.10	11.90	0.74	370.2	77.7	1.655	9.63	5.82	10.90	6.58
H7P19-C08R30A2-K075-S10-D2 No.1	20.15	15.05	0.75	370.1	117.9	1.579	15.69	9.94	16.07	10.18
H7P19-C08R30A2-K075-S10-D2 No.2	20.10	15.20	0.76	370.1	119.9	1.584	15.32	9.67	17.29	10.92
H7P19-C08R30A2-K075-S10-D2 No.3	20.10	15.15	0.75	370.3	120.2	1.595	14.24	8.93	18.91*	11.86*
H8P19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.1	12.00	8.85	0.74	370.2	41.2	1.585	3.80	2.40	4.73	2.98
H8P19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.2	12.20	8.70	0.71	370.1	42.9	1.681	3.78	2.25	4.45	2.65
H8P19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.3	12.00	8.70	0.73	370.2	40.8	1.611	3.97	2.46	4.45	2.76
H8P19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.1	16.10	11.80	0.73	370.3	73.7	1.590	8.19	5.15	9.42	5.92
H8P19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.2	16.00	11.80	0.74	370.2	67.5	1.461	8.08	5.53	8.70	5.95
H8P19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.3	16.10	11.80	0.73	370.2	70.5	1.521	8.25	5.42	9.43	6.20
H8P19-Z08R30A2-K075-S10-D2 No.1	20.05	15.00	0.75	370.1	119.8	1.617	14.03	8.68	15.58	9.64
H8P19-Z08R30A2-K075-S10-D2 No.2	20.10	15.10	0.75	370.2	119.8	1.598	14.38	9.00	16.18	10.12
H8P19-Z08R30A2-K075-S10-D2 No.3	20.20	15.15	0.75	370.3	120.2	1.591	10.91	6.86	16.53	10.39
H8P19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.1	12.05	8.65	0.72	370.2	40.2	1.599	3.68	2.30	4.70	2.94
H8P19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.2	12.05	8.80	0.73	370.3	42.2	1.634	4.72	2.89	5.39	3.30
H8P19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.3	12.20	8.85	0.73	370.2	40.7	1.554	5.01	3.22	5.15	3.31
H8P19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.1	16.15	11.70	0.72	370.2	68.9	1.504	8.52	5.66	9.90	6.58
H8P19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.2	16.10	11.70	0.73	370.2	69.6	1.521	8.28	5.44	9.06	5.96
H8P19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.3	16.20	11.75	0.73	370.1	69.6	1.508	8.07	5.35	9.83	6.52
H8P19-C08R30A2-K075-S10-D2 No.1	20.00	15.00	0.75	370.0	120.8	1.633	15.17	9.29	16.42	10.06
H8P19-C08R30A2-K075-S10-D2 No.2	20.15	15.10	0.75	370.3	116.8	1.556	15.53	9.98	16.34	10.50
H8P19-C08R30A2-K075-S10-D2 No.3	20.15	14.95	0.74	370.1	118.4	1.602	6.97	4.35	15.82	9.88

W₁ : Width of high explosive [measured], H₁ : Height of high explosive [measured], κ_1 : shape factor [measured],
L₁ : Length of shaped charge [measured], G : Weight of high explosive [measured], ρ : Density of filled high explosive [measured],
D_{min} : Minimum depth of notch or cutting [measured], D_{max} : Maximum depth of notch or cutting [measured],
* : Minimum or maximum thicknesses of steel plates .

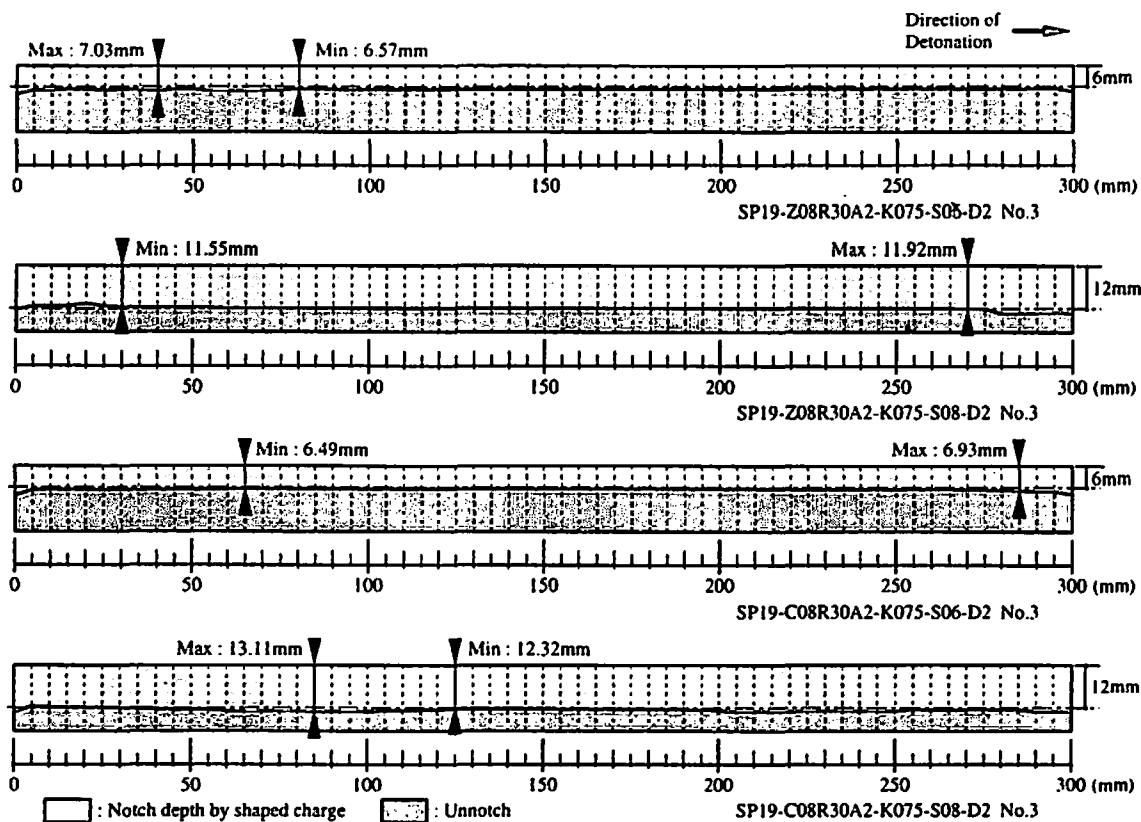


Fig. 4 Distribution of notch depth (SS400)

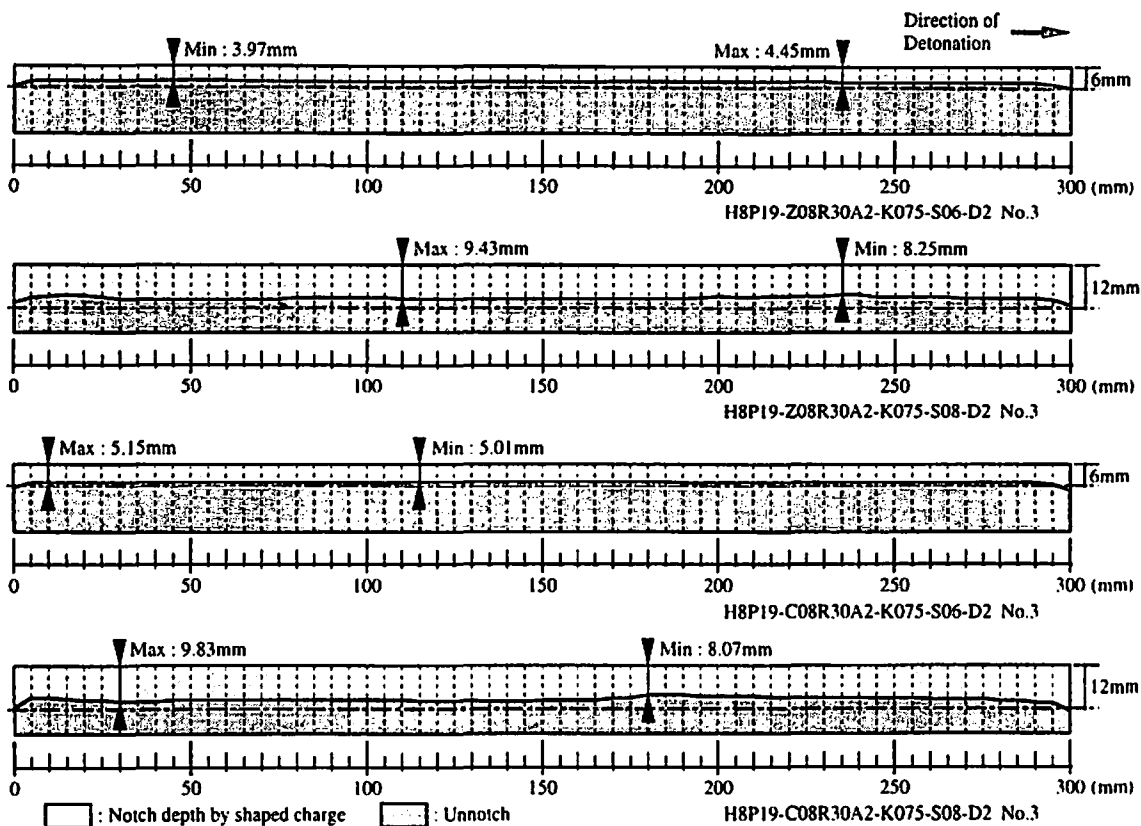
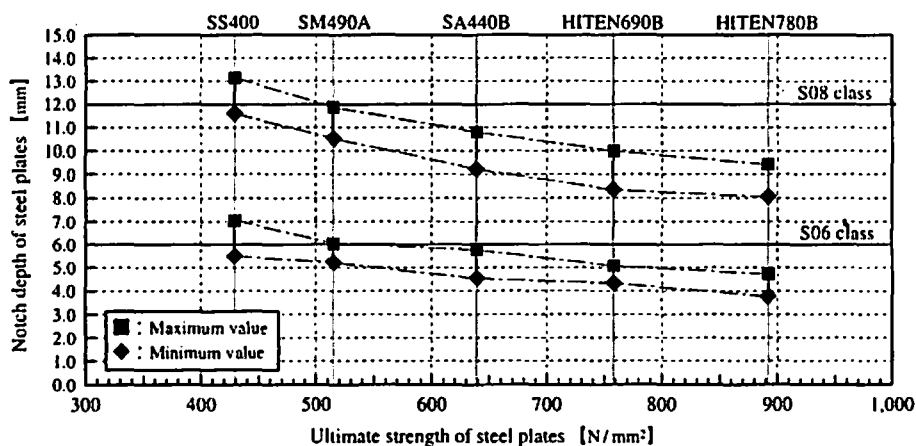
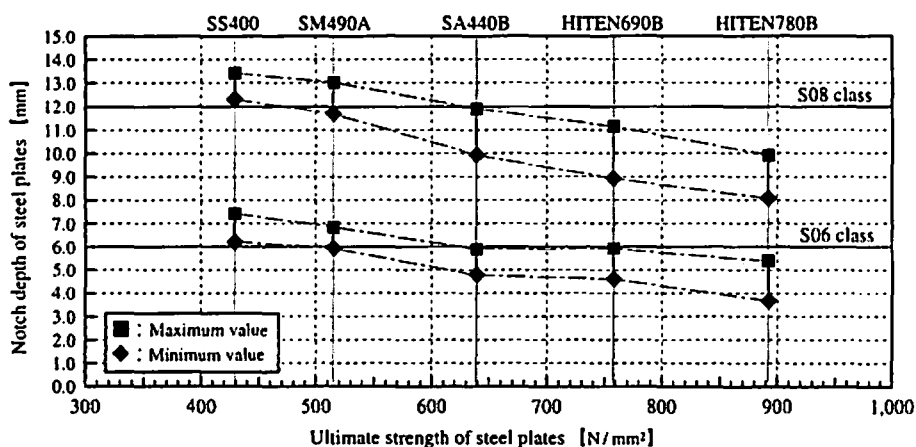


Fig. 5 Distribution of notch depth (HITEN780B)



(a) Case of galvanized steel sheet



(b) Case of copper sheet

Fig. 6 Notch depth of steel plates versus ultimate strength of steel plates

4. 3 鋼板の材料強度の違いによる切欠き深さの比較

Table 4, 5 に示す切欠き試験体(完全切断のS10シリーズを除く)の内, 同一パラメータ3体(No. 1~3)内の切欠き深さの最大値および最小値を選択して同一試験体の差とし, 鋼板の材料強度の違いによる切欠き深さを比較したものをFig. 6 (a), (b)に示す。同図中, (a)はライナー材に溶融亜鉛めっき鋼板を用いた場合を, (b)は銅板を用いた場合を示している。また, S06シリーズは切欠き深さを6mmに, S08シリーズは切欠き深さを12mmに想定したものである。

Fig. 6 (b)から, ライナー材に銅板を用いた場合の切欠き深さは, SM490A鋼材(490N/mm²鋼)まではS06, S08シリーズ共に想定値を上回る傾向にある。一方, Fig. 6 (a)から, ライナー材に溶融亜鉛めっき鋼板を用いた場合の切欠き深さは, SS400鋼材(400N/mm²鋼)の切欠き深さの最大値は各想定値を上回る傾向にあるものの, 最小値は鋼材の材料強度に関係なく, 各想定値を下回る傾向にある。(Fig. 4 参照)

なお, ライナー材の材質に関係なく, 鋼板の材料強

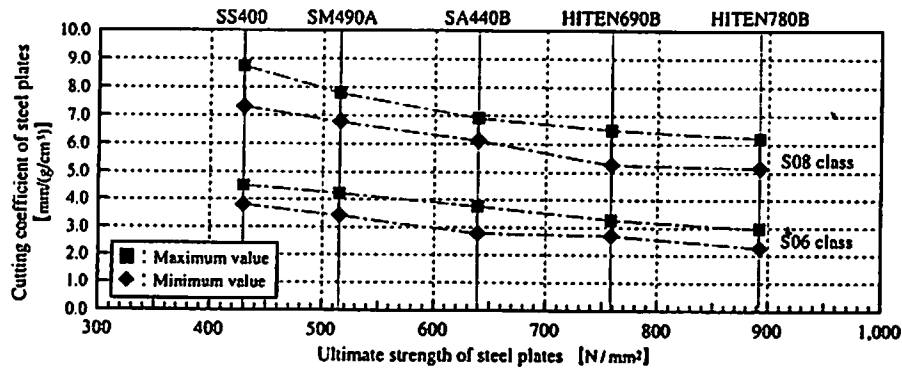
度が高くなるにつれ切欠き深さはほぼ直線的に減少する傾向が見られることから, 切欠き深さは鋼材の材料強度の影響を受けているものと考えられる。

4. 4 鋼板の材料強度の違いによる切断係数の比較

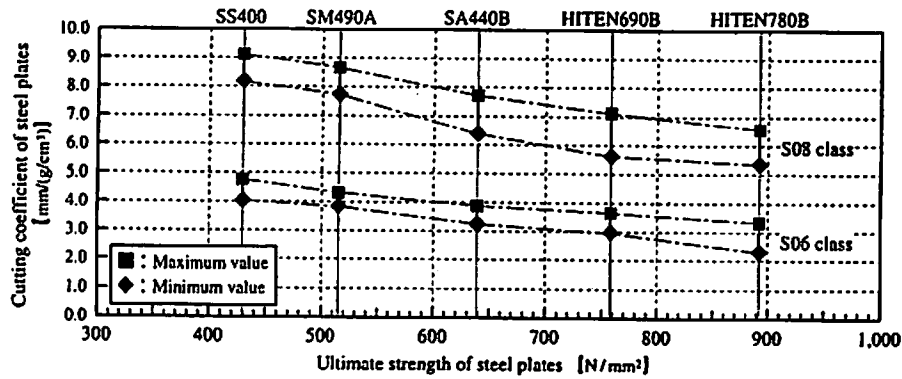
鋼板の材料強度の違いによる切断係数を比較したものをFig. 7 (a), (b)に示す。なお, 前節と同様にTable 4, 5に示す実験結果から, 同一パラメータ3体内の最大値および最小値を選択して同一試験体における切断係数の差とした。

ここで切断係数によって比較する理由は, 文献5)にも示されているように, 爆薬の充填密度の違いが爆轟速度に影響を与え, 衝撃破壊力に大きく左右することと, 個々の葉量の違いを統一条件で評価するためである。

Fig. 7 (a), (b)から, ライナー材の材質の違いによる鋼板の切断係数を同一強度で比較すると, 銅板を用いた場合の切断係数は溶融亜鉛めっき鋼板の場合の切断係数に比べて大きく, 鋼板の切断効果が高くなる傾



(a) Case of galvanized steel sheet



(b) Case of copper sheet

Fig. 7 Cutting coefficient of steel plates versus ultimate strength of steel plates

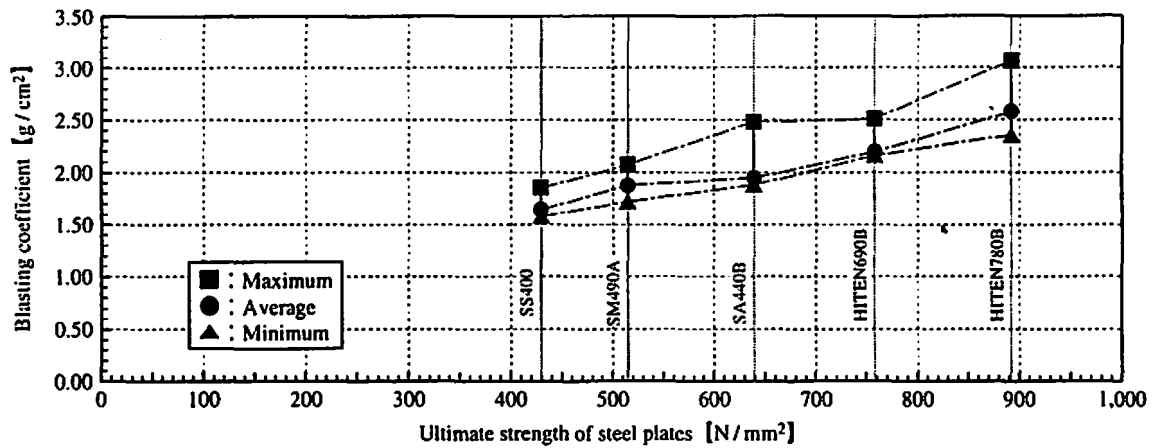
Table 6 Ultimate strength and blasting coefficient

Name of Specimen	Ultimate Strength			Blasting Coefficient (g/cm ³)		
	σ_u (t/cm ²)	σ_u (N/mm ²)	F_{sp} (N/mm ²)	$minCe$ (Minimum)	$aveCe$ (Average)	$maxCe$ (Maximum)
SP19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.1 ~3	4.38	429.2	※1 400~510	1.579	1.643	1.852
SP19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.1 ~3				1.480	1.649	1.699
SP19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.1 ~3				1.504	1.765	1.804
SP19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.1 ~3				1.404	1.514	1.557
MP19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.1 ~3	5.25	514.5	※1 490~610	1.720	1.876	2.070
MP19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.1 ~3				1.600	1.709	1.847
MP19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.1 ~3				1.651	1.796	1.866
MP19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.1 ~3				1.491	1.622	1.666
AP19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.1 ~3	6.52	639.0	※2 590~740	1.880	1.947	2.474
AP19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.1 ~3				1.785	1.842	2.049
AP19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.1 ~3				1.788	1.855	2.131
AP19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.1 ~3				1.626	1.770	1.983
H7P19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.1 ~3	7.73	757.5	※2 690~830	2.159	2.193	2.507
H7P19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.1 ~3				1.929	2.032	2.358
H7P19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.1 ~3				1.877	1.983	2.325
H7P19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.1 ~3				1.720	2.064	2.235
H8P19-Z08R30A2-K075-S06-D2 No.1 ~3	9.10	891.8	※2 780~930	2.353	2.575	3.066
H8P19-Z08R30A2-K075-S08-D2 No.1 ~3				2.019	2.081	2.430
H8P19-C08R30A2-K075-S06-D2 No.1 ~3				2.115	2.122	2.951
H8P19-C08R30A2-K075-S08-D2 No.1 ~3				1.880	2.007	2.330

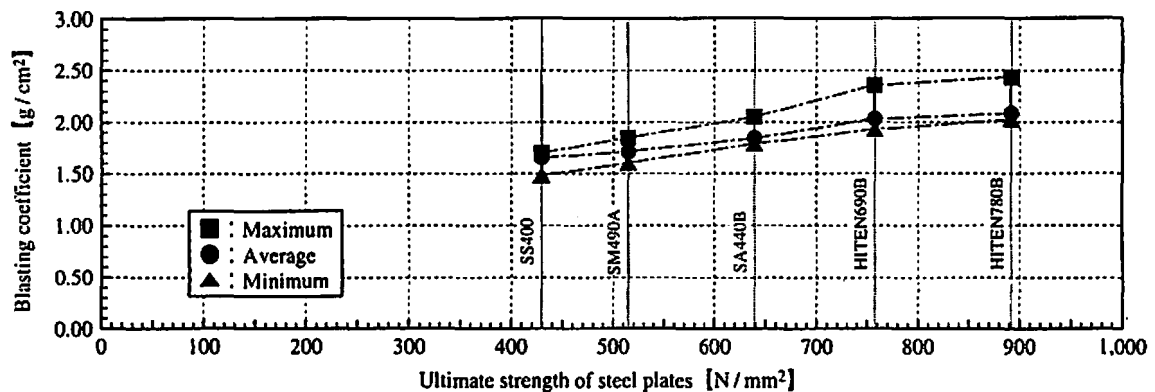
σ_u : Ultimate Strength (measured), F_{sp} : Ultimate Strength (nominal), ※1 : JIS.

※2 : Standard of Blast Furnace Maker, $minCe$: Minimum of Blasting Coefficient (experiment),

$aveCe$: Average of Blasting Coefficient (experiment), $maxCe$: Maximum of Blasting Coefficient (experiment).



(a) S06 class (Notch depth : 6mm)



(b) S08 class (Notch depth : 12mm)

Fig. 8 Blasting coefficient versus ultimate strength of steel plates (Case of galvanized steel sheet)

向が見られる。

5. 鋼板の材料強度を考慮した発破式

5.1 発破係数の選定

本研究では、前節の実験結果から鋼板の材料強度を考慮した発破式を提案するために、鋼板板厚の約1/3 (6mm)および約2/3 (12mm)まで切欠いた切欠き試験体の2種類を用いて発破係数を求めた。なお、同一パラメータ内のNo. 1～3試験体から発破係数の平均値および3体中の最大値および最小値を求め、同一パラメータの共通試験体の結果としてまとめた。

これらの結果は各鋼種の引張強度とともにTable 6に示す。同表中、SS400鋼材～SM490A鋼材における引張強度の公称値(F_{sp})はJIS規格の値とし、SA440B鋼材～HITEN780B鋼材の公称値(F_{sp})はJIS認定外であるため高炉メーカーの社内規格値とした。

5.2 鋼板の材料強度の違いによる発破係数の比較

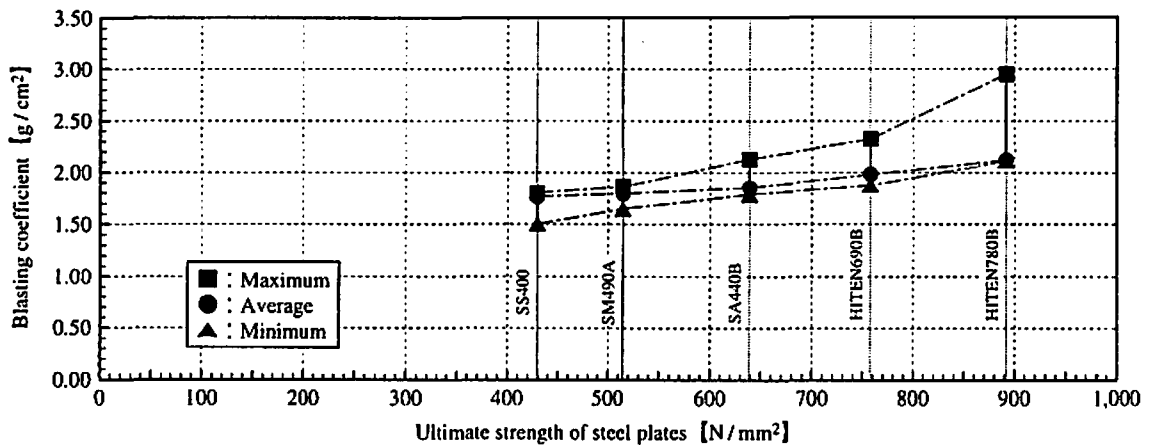
鋼板の引張強度の違いによる発破係数の変化を切欠き深さおよびライナー材の材質別にまとめたものを

Fig. 8 (a), (b)およびFig. 9 (a), (b)に示す。両図中、(a)は鋼板板厚の約1/3 (6mm)まで切欠いた場合の発破係数の変化を、(b)は鋼板板厚の約2/3 (12mm)まで切欠いた場合の発破係数の変化を示している。なお、■印は発破係数の最大値を、●印は発破係数の平均値を、▲印は発破係数の最小値を示している。

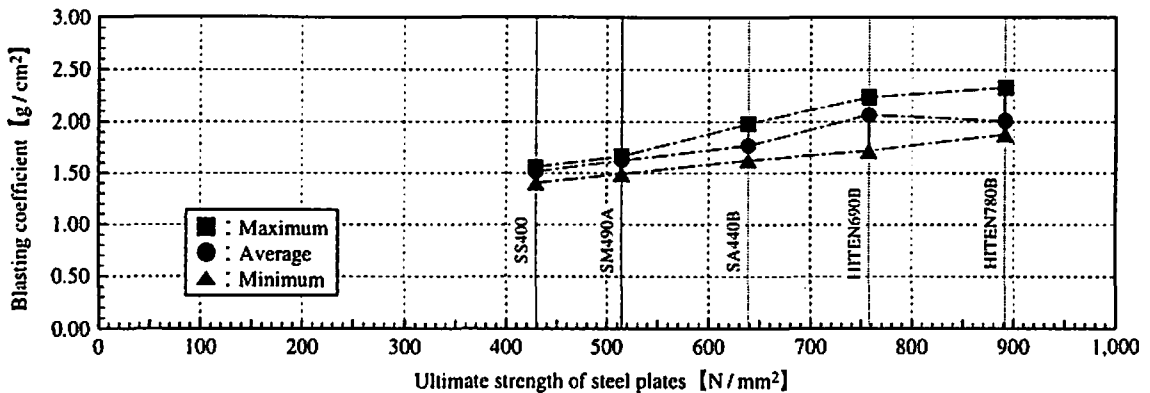
両図から、ライナー材の材質に関係なく、切欠き深さの浅いS06シリーズは切欠き深さの深いS08シリーズに比べて発破係数が大きく、鋼板の引張強度が高くなるにつれ発破係数の最大値と最小値の差が広がる傾向にある。一方、S08シリーズは鋼板の引張強度が高くなるにつれ発破係数の最大値と最小値の差が若干広がるものの、ほぼ直線的に変化する傾向にある。

5.3 実験結果に基づく発破式

成形爆薬を用いて鋼構造建物を発破解体する場合は、主架構を構成する柱および梁部材の一部または全断面を完全に切断しなければならない。しかし、本研究で鋼板を完全切断した実験データは完全に切断することが可能であるという実績のみで、必要最小限の薬



(a) S06 class (Notch depth : 6mm)



(b) S08 class (Notch depth : 12mm)

Fig. 9 Blasting coefficient versus ultimate strength of steel plates (Case of copper sheet)

量を把握できるものではない。

そこで、鋼板の材料強度を考慮した発破式を導くためには、鋼板の途中まで切欠いた試験体の実験結果から完全切断に必要な発破係数のデータを用いるのが有効であると考え、鋼板の完全切断に最も近い板厚の約2/3まで切欠いたS08シリーズの発破係数について検討することにした。

ライナー材の材質別に発破係数と鋼板の引張強度との関係を数式化する試みとして、S08シリーズの鋼種毎に正規分布に近似した標準偏差を求め、99.99%以上を占める標準偏差の5倍を用いて回帰直線で表すことにした。この結果をFig.10(a), (b)に示す。同図中、(a)はライナー材に溶融亜鉛めっき鋼板を用いた場合の発破係数を、(b)は銅板を用いた場合の発破係数を示している。また、両図の右上には、鋼種毎の引張強度の公称値範囲を棒グラフで示している。なお、同図(b)には、国内で実施された鋼構造物(全てSS400鋼材)の発破係数^{6),7)}も載せている。

同図(a)から、ライナー材に溶融亜鉛めっき鋼板を用いる場合の発破係数と鋼板の引張強度との関係式は

次式のようになる。

$$Ce = 0.0019 \sigma u + 0.99 \quad (11)$$

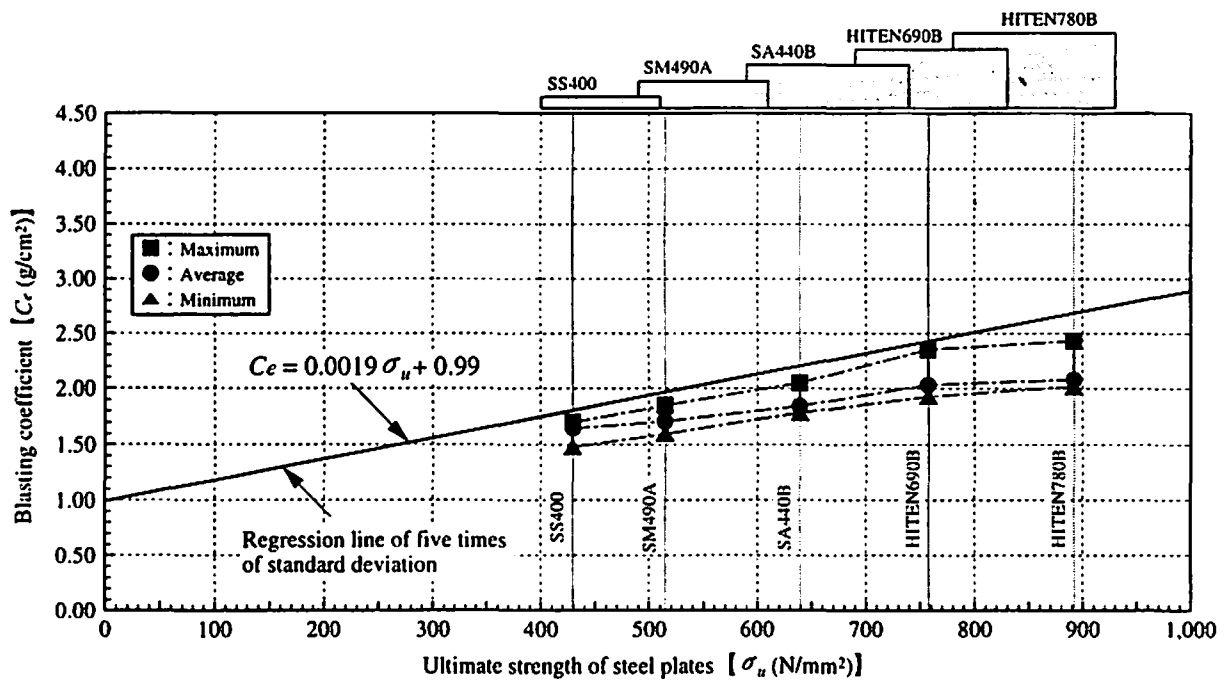
ここで、 Ce : 発破係数(g/cm^3)、 σu : 鋼板の引張強度(N/mm^2)を表す。

一方、同図(b)から、ライナー材に銅板を用いる場合の発破係数と鋼板の引張強度との関係式は次式のようになる。

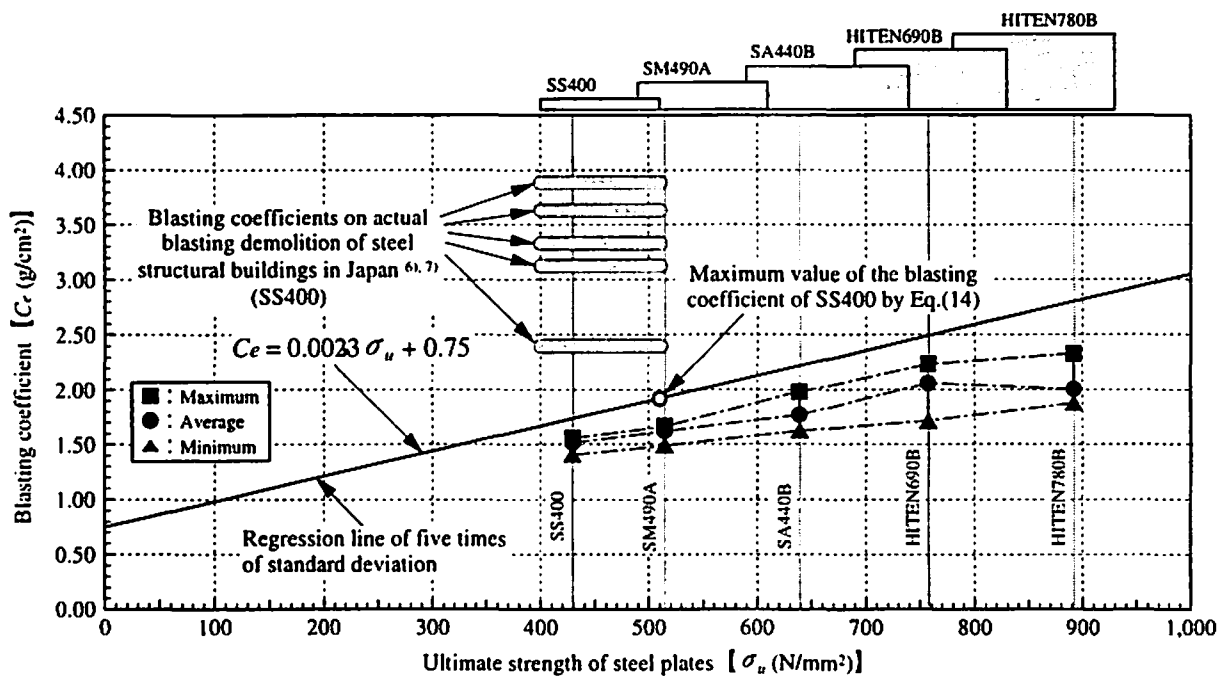
$$Ce = 0.0023 \sigma u + 0.75 \quad (12)$$

なお、ここでの Ce および σu は式(11)と同様である。

ここで、国内で実施された鋼構造物の発破係数と比較するために、式(12)の引張強度としてSS400鋼材の公称値(F_{sp})の上限値 $510 N/mm^2$ を代入した値を同図中に○印で示している。この値は実験結果を安全側に評価していることから、国内で実施された鋼構造物の発破解体^{6),7)}に用いた成形爆薬の薬量(Fig.10(b)の内部に示した棒グラフ参照)は必要以上に使用されていたことを示している。



(a) Case of galvanized steel sheet



(b) Case of copper sheet

Fig. 10 Blasting coefficient versus ultimate strength of steel plates and blasting equation

これらの結果から、鋼構造建物の発破解体に用いる成形爆薬にペントライトを用いた場合の薬量を求める発破式は以下のように表すことができる。

【ライナー材に溶融亜鉛めっき鋼板を用いる場合】

$$W_{sc} = C_e \cdot A(t) = (0.0019 \sigma_u + 0.99) \cdot A(t) \quad (13)$$

【ライナー材に銅板を用いる場合】

$$W_{sc} = C_e \cdot A(t) = (0.0023 \sigma_u + 0.75) \cdot A(t) \quad (14)$$

ここで、 W_{sc} : 薬量(g), C_e : 発破係数(g/cm²), $A(t)$: 板厚(t) mmの鋼板の切断面積(cm²)を表し、 σ_u : 鋼板の引張強度(N/mm²)を表している。なお、

実際に式(13)または式(14)を用いる場合、主架構の引張強度を事前に調査できた場合はその強度を代入し、調査できなかった場合は各鋼種に対する公称値の上限値を引張強度として代入することにより、安全側での施工が可能になると考えられる。

6. まとめ

本論文では、爆薬にペントライトを用いた成形爆薬による鋼板の切欠き深さを制御するため、爆薬ケースに熔融充填する薬量を変化させ、鋼板の材料強度およびライナー材の材質をパラメータとした鋼板の切欠き実験を行うとともに、その結果を用いた鋼板の材料強度を考慮した発破式を提示した。ここで得られた結果を要約すると、以下ようになる。

- (1) SS400鋼材においては設定した薬量で切欠き深さを制御できるものの、鋼板の材料強度が大きくなるにつれ切欠き深さは想定値を下回る傾向にあることから、成形爆薬による鋼板の切断過程において鋼板の材料強度の影響を受けていると考えられる。
- (2) ライナーカッターが鋼板の中に進行する起点と終点近傍では、全試験体において切欠き深さが大きくなる傾向が見られるものの、ライナー材の材質、鋼板の材料強度に関係なく、切欠き深さの分布はほぼ直線状となることが確認できた。
- (3) 本章で提示した鋼板の材料強度を考慮した発破式は、実験結果を十分評価しており、国内で実施された鋼構造建物の発破解体における実績値よりも薬量を少なくすることが十分可能である。なお、発破式に代入する引張強度は、主架構の部材を事前に調査できる場合にはその引張強度を用い、調

査できない場合には各鋼種に対する公称値の上限値を用いる。

謝 辞

本研究の一部は、平成11年度文部省科学研究費補助金基盤研究(C)(2)(課題番号：11650586、研究代表者：中村雄治)および平成12年度文部省科学研究費補助金基盤研究(C)(2)(課題番号：11650586、研究代表者：松尾彰)により行ったものである。また、本研究を遂行するにあたり、日本化薬(株)火薬研究所の忝沢俊雄所長、日本鋼管(株)建材技術開発部の中村信行氏、横浜国立大学大学院工学研究科物質工学専攻の丁佑鎮氏に御協力を頂きました。

ここに記して感謝の意を表します。

文 献

- 1) 加藤政利, 中村雄治, 松尾彰, 橋爪清, 構造工学論文集, Vol. 44B, 541(1998)
- 2) 加藤政利, 中村雄治, 松尾彰, 緒方雄二, 勝山邦久, 橋爪清, 火薬学会誌, Vol. 59, No. 5, 261(1998)
- 3) 加藤政利, 中村雄治, 松尾彰, 玉井宏章, 橋爪清, 鋼構造年次論文報告集, Vol. 6, 17(1998)
- 4) 加藤政利, 中村雄治, 松尾彰, 緒方雄二, 勝山邦久, 橋爪清, 鋼構造論文集, Vol. 24, 31(1999)
- 5) 中原正二, 「火薬学概論」, P. 235(1987), 産業図書
- 6) 小林茂雄, 木下雅敬, 中津賢一, 中川浩二, 構造工学論文集, Vol. 38A, 1213(1992)
- 7) 小林茂雄, 山口大学学位論文(1994)

Study on the blasting demolition of steel structural buildings by shaped charges (I)

—Cutting capacity of shaped charge used various steel plates—

Masatoshi KATO^{*}, Yuji NAKAMURA^{**}, Akira MATSUO^{***},
Yuji OGATA^{****}, Kunihisa KATSUYAMA^{*****},
and Kiyoshi HASHIZUME^{*****}

This paper presents that material strengths of steel plates are very important factors for cutting capacities of steel plates with shaped charges. The cutting-off experiments of steel plates with ultimate strengths of 400, 490, 590, 690 and 780N/mm² classes were carried out for the following design parameters, whose notched depths are one-third, two-thirds, and total thickness of 19mm steel plates respectively.

As results of experiments, experimental equations for blasting of steel plates with shaped charges were introduced using ultimate strengths.

(^{*}Architecture and Design Division, Penta - Ocean Construction Co., Ltd., 2-2-8 Kouraku, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8576, JAPAN

(^{**}Nakamura Research Institute, 6-2-404 Saijyo-shouwamachi, Higashi-hiroshima City, Hiroshima 739-0014, JAPAN

(^{***}Structural Engineering, Faculty of Engineering, Hiroshima University, 1-4-1 kagamiyama, Higashi-hiroshima City, Hiroshima 739-8527, JAPAN

(^{****}Safety Engineering Department, National Institute for Resources and Environment, AIST, MITI, 16-3 Onogawa, Tsukuba Science City, Ibaraki, 305-8569, JAPAN

(^{*****}College of Agriculture, Ehime University, 3-5-7, Tarumi, Matsuyama, Ehime, 790-8566, JAPAN

(^{*****}Explosives and Catalysts Division, Nippon Kayaku Co., Ltd., Tokyo Fujimi Building, 1-11-2 Fujimi, Chiyodaku, Tokyo, 102-8172, JAPAN)