

(19) リユースを目指した鋼構造物のミニブラスティング工法に関する研究

A research on the mini-blasting method of steel structures that aimed at the reuse

加藤政利*, 平井敬二**, 緒方雄二***, 久保田士郎****, 中村聡磯*****

Masatoshi Kato, Keiji Hirai, Yuji Ogata, Shiro Kubota, Satoki Nakamura

*博(工), (株)構造安全研究所研究開発部長, 研究開発部 (〒181-0013 東京都三鷹市下連雀 8-2-24)

**工博, 西日本工業大学副学長兼教授, デザイン学部建築学科 (〒803-8787 福岡県北九州市小倉北区室町 1-2-11)

***博(工), (独)産業技術総合研究所グループ長, 爆発安全研究コア (〒305-5869 茨城県つくば市小野川 16-1)

****博(工), (独)産業技術総合研究所研究員, 爆発安全研究コア (〒305-5869 茨城県つくば市小野川 16-1)

*****カヤク・ジャパン(株)部長, 研究本部技術部 (〒130-0015 東京都墨田区横網 1-6-1 国際ファッションセンタービル 10F)

Key words : (Steel structure, tools for super high tension bolt, blasting demolition, mini-blasting, reuse)

キーワード: 鋼構造物, トルシア型超高力ボルト, 発破解体, ミニブラスティング, リユース

1. はじめに

諸外国では, 不要となった構造物を解体する際, 敷地条件に応じて鉛直方向に崩壊させる方法や, 水平方向に倒壊させる方法等, 様々な方法を駆使した発破解体工法を採用しており, その一部はテレビ等で報道されている。

一方, 国内では戦後の復興や高度成長期に建設された構造物が耐用年数を迎えており, 早期解体技術の確立が求められている。既に一部の鉄筋コンクリート造構造物では, 写真-1に示すように諸外国同様の発破解体¹⁾が行われているものの, 敷地に余裕のない場合は, コンクリートが砕かれるされる際に発生する粉塵や, コンクリート塊が飛石となって周辺建物に飛散することを懸念して, 発破解体の実施を敬遠する傾向にある。鋼構造物の発破解体に対しては, 写真-2に示すような線状成形

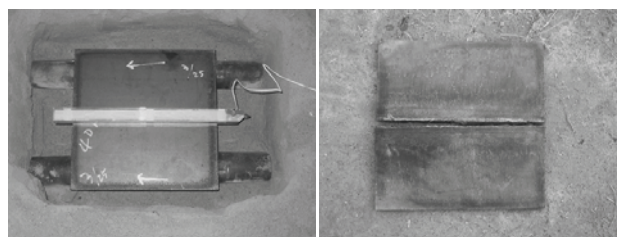
爆薬(以降, 単に成形爆薬と記す)によって鋼材を切断する技術^{2)~6)}を採用しているが, 周知された工法ではないため, 一部の固定顧客に限定して実施される傾向にある。

このような状況の下, 近年の国内では建物リサイクル法や循環型社会形成推進基本法の施行に伴い, 天然資源の消費を抑制し, 建設資材等を循環的に利用することにより, 環境負荷を低減した社会の実現を目指している。これに伴い, 学協会では鋼構造部材の再利用(リユース)技術の確立に乗り出しており, これを実現させるためにも, 接合部の部分解体が重要な課題であると考えられる。しかし, トルシア型高力ボルトで接合された躯体の解体工事においては, ボルトが錆びて弛まない場合や, ボルト特有の頭形状により, 共回りして外せない等の問題が発生する場合がある。この場合, ガス溶断によりボルトを除去する方法があるものの, 火災等を防止する管理が必要となり, 母材への熱影響も無視できない状況にある。

そこで本研究は, 鋼構造部材のリユースを前提に, 母材に影響なくトルシア型高力ボルトのナット部を成形爆薬で瞬時に破断させ, 接合部を部分解体するミニブラスティング工法を確立することを目的とした。



写真-1 RC造煙突に対する転倒式発破解体の実施

起爆前の鋼板 起爆後の鋼板(シャープな切断面)
写真-2 線状成形爆薬による鋼板の切断状況

2. トルシア型高力ボルトの特徴

本実験で用いるトルシア型高力ボルト(以降、単に高力ボルトと記す)は、現在の鋼構造建築物に対して主流となっており、ボルトの頭部が半球形(写真-3 参照)でボルト軸のネジ部先端にピンテールを有しているのが大きな特徴である。この高力ボルトを締付ける際は、専用のレンチを用い、所定のトルクが導入されるとピンテールとボルト軸部の括れ部で破断する仕組みである。

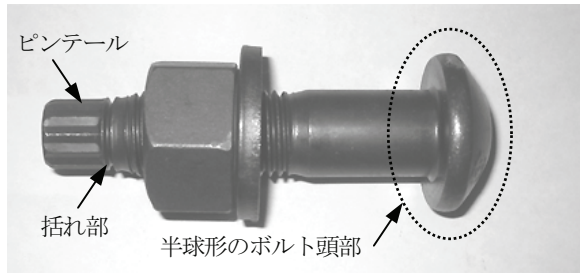


写真-3 トルシア型高力ボルトの外観概要

3. 実験計画

本研究では、通常市場に流通しているトルシア型高力ボルトの内、一般的な10Tクラスのボルト(S10T)と、最も強度の高い14Tクラスのボルト(S14T)を使用することにした。本実験で使用したS10T-M30及びS14T-M22の機械的性質を表-1に示す。

本実験のパラメータは、成形爆薬の爆薬量及びナット切断箇所の違い、起爆方向(水平方向:H, 鉛直方向:V)の違いを設定して組合せた。この実験パラメータを表-2に示す。なお、試験体名の語尾にSが付いたものは片側のみ切断するタイプであり、Wが付いたものはナットを両側から完全切断して分離するタイプである。成形爆薬の断面形状は文献9)を参考に、図-1に示す形状とした。なお、起爆方法及び切断箇所の違いに対する成形爆薬の設置状況を写真-4に示す。

本実験では、爆薬にペントライト(PETN:ペンシリットとTNTの混合爆薬)を使用し、起爆には6号瞬発電気雷管を基本とし、VWシリーズには6号地震探鉱用電気雷管を、HWシリーズには瞬発の導火管付雷管(*i-det*)2本と6号瞬発電気雷管を組合せて起爆した。なお、各成形爆薬はビニルテープを用いてナット側面へ固定する程度であり、固定用治具等は使用しなかった。

表-1 トルシア型高力ボルトの材料特性

種類	等級	降伏応力 σ_y (N/mm ²)	引張応力 σ_u (N/mm ²)	降伏比 (σ_y/σ_u)	伸び (%)	絞り (%)	硬さ (HRC)	
							ボルト	ナット
トルシア型高力ボルト	S10T-M30	1,035*	1,095	0.95	18	66	33	28
	S14T-M22	1,343*	1,444	0.93	17	55	43	32

※降伏応力 σ_y はオフセット法による、HRC:ロックウェル硬さ(Cスケール)

表-2 実験パラメータ表

試験体番号	高力ボルト	スタンドオフ S (mm)	爆薬幅 W (mm)	爆薬高 H (mm)	爆薬長 L (mm)	薬量 (g)	充填密度 ρ (g/cm ³)	起爆方法	
M22-20-HS	S14T-M22	5	10	15	32.8	6.20	1.512	Iタイプ	
M22-20-HW						7.00	1.707		
M22-20-VS					32.5	6.53	1.607	IIIタイプ	
M22-20-VW						6.99	1.721	IVタイプ	
M30-20-HS	S10T-M30	7	14	13	32.8	7.20	1.650	Iタイプ	
M30-20-HW						6.90	1.582		
M30-30-HS					23	15.10	1.686	Iタイプ	
M30-30-HW						14.60	1.630		
M30-25-VS				18	32.5	10.48	10.48	1.588	IIIタイプ
M30-25-VW							10.53	1.596	
M30-25-VW						10.52	1.595	IVタイプ	

Iタイプ:片側、水平起爆、IIタイプ:両側、水平起爆、IIIタイプ:片側、鉛直起爆、IVタイプ:両側、鉛直起爆

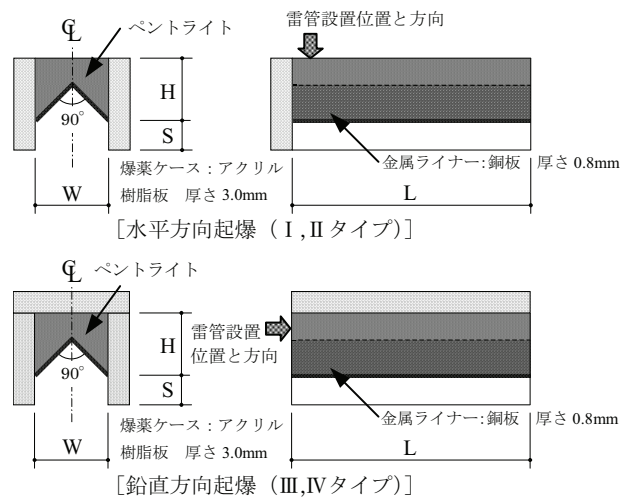


図-1 高力ボルトのナット切断用成形爆薬の形状

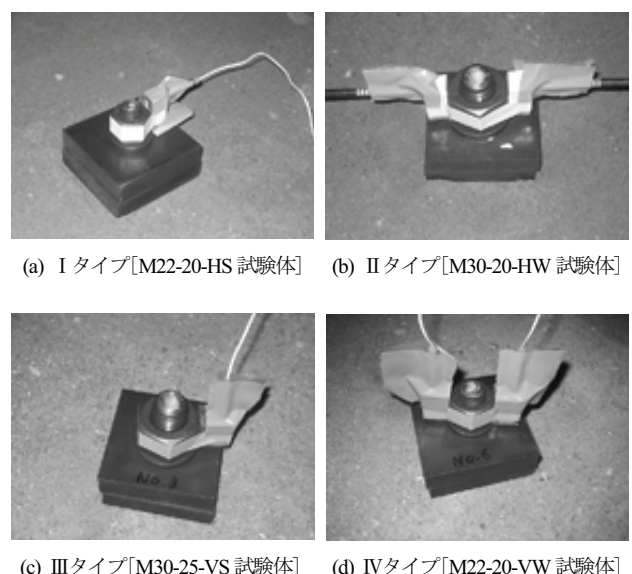


写真-4 起爆方法及び切断箇所の違いに対する成形爆薬の設置状況

4. 実験結果と考察

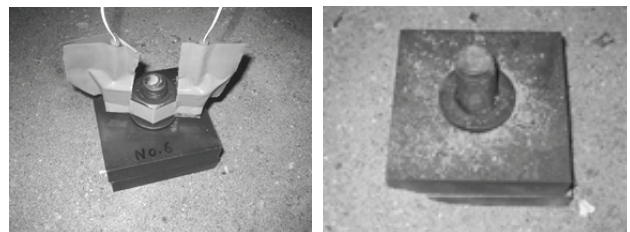
本実験で実施した各試験体の起爆前後の状況比較を写真-5～14に、代表的なナット部の切断状況を写真-15に示す。

ここで、写真-5はM22-20-HS試験体(水平起爆で片側切断)、写真-6はM22-20-HW試験体(水平起爆で両側切断)、写真-7はM22-20-VS試験体(鉛直起爆で片側切断)、写真-8はM22-20-VW試験体(鉛直起爆で両側切断)、写真-9はM30-20-HS試験体(水平起爆で片側切断)、写真-10はM30-20-HW試験体(水平起爆で両側切断)、写真-11はM30-30-HS試験体(水平起爆で片側切断)、写真-12はM30-30-HW試験体(水平起爆で両側切断)、写真-13はM30-25-VS試験体(鉛直起爆で片側切断)、及び写真-14はM30-25-VW試験体(鉛直起爆で両側切断)である。なお、実験で使用した爆薬の充填密度は、表-2に示す通り $1.512\text{ g/cm}^3\sim 1.721\text{ g/cm}^3$ とバラつきがあるものの、平均で 1.631 g/cm^3 であった。

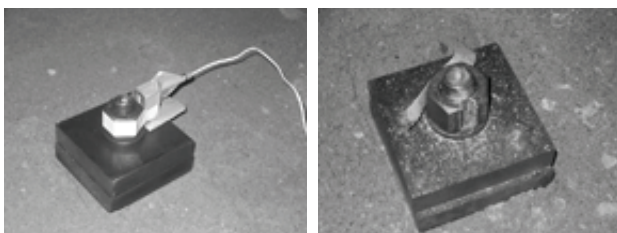
まずS14T-M22の試験体では、写真-5及び写真-7から、ナット部の切断幅が広がるように破断しているものの、ナット部のボルトネジ山を傷めずに切断することができた。また、写真-6及び写真-8から、ナット部のボルトネジ山を傷めずにナットを除去することができた。

次にS10T-M30の試験体では、写真-9は水平起爆で片側切断のM30-20-HS試験体である。同写真から、ナット部に縦溝が形成されているものの、ナット部を切断することができなかった。これはM30でナット厚さがM22よりも大きいことから、ナット厚さに対する爆薬量が少なかったものと考えられる。一方、写真-11ではナット部の切断幅が大幅に広がって破断しており、写真-13ではナット部が若干広がるように破断をしているものの、両者共にナット部のボルトネジ山を傷めずに切断することができた。また、写真-10、写真-12及び写真-14から、ナット部のボルトネジ山を傷めずにナットを除去することができた。

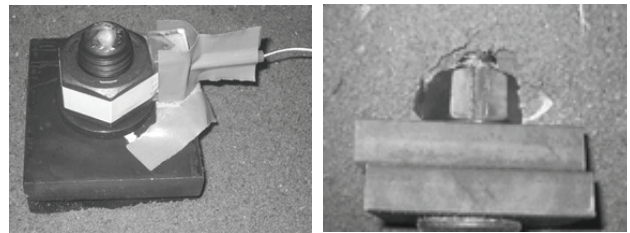
写真-15はナットの切断状況である。同写真から、ボルトの強度や軸径に関係なく、ボルトネジ山を傷めることなく良好にナットを切断することができた。



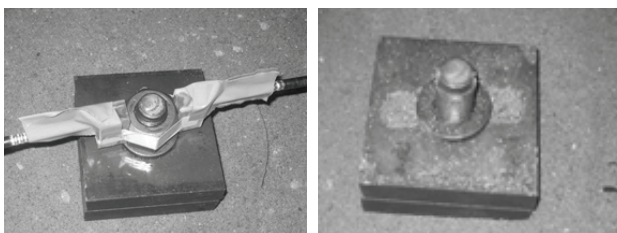
〔起爆前〕 〔起爆後〕
写真-8 M22-20-VW 試験体の起爆前後の比較



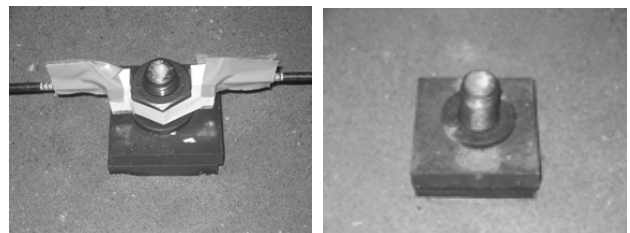
〔起爆前〕 〔起爆後〕
写真-5 M22-20-HS 試験体の起爆前後の比較



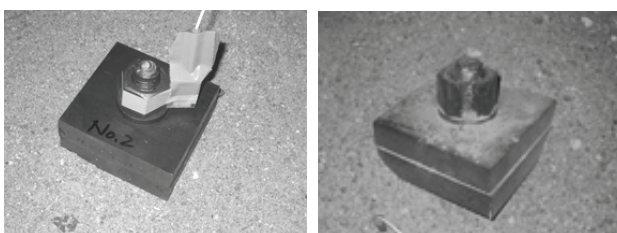
〔起爆前〕 〔起爆後〕
写真-9 M30-20-HS 試験体の起爆前後の比較



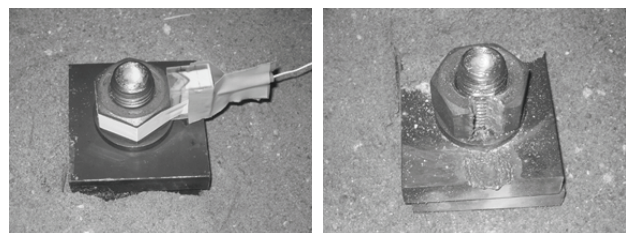
〔起爆前〕 〔起爆後〕
写真-6 M22-20-HW 試験体の起爆前後の比較



〔起爆前〕 〔起爆後〕
写真-10 M30-20-HW 試験体の起爆前後の比較



〔起爆前〕 〔起爆後〕
写真-7 M22-20-VS 試験体の起爆前後の比較



〔起爆前〕 〔起爆後〕
写真-11 M30-30-HS 試験体の起爆前後の比較

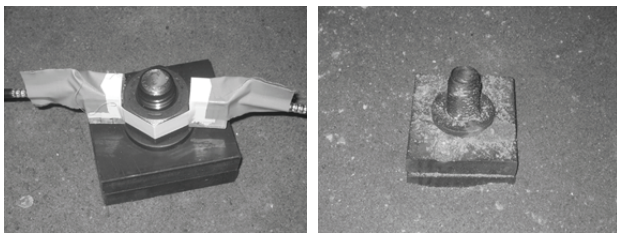


写真-12 M30-30-HW 試験体の起爆前後の比較

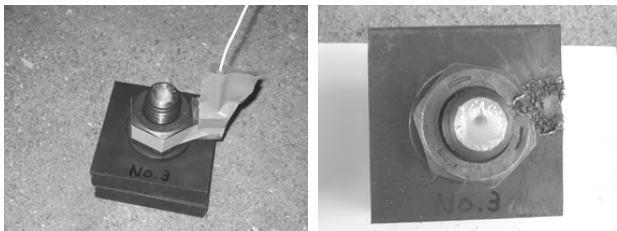


写真-13 M30-25-VS 試験体の起爆前後の比較

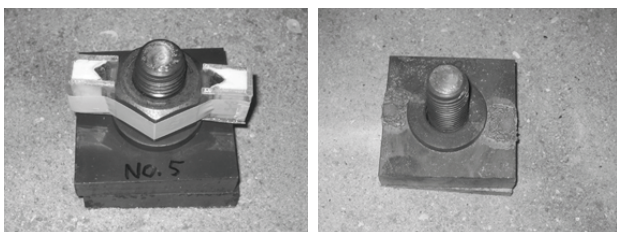


写真-14 M30-25-VW 試験体の起爆前後の比較



写真-15 M22 及び M30 のナット切断状況

5. まとめ

本実験は、鋼構造部材のリユースを前提に、母材に影響を与えることなく接合部を部分解体するミニブラッシング工法を確立することを目的に、起爆方向の違いによるナット部の切断状況の違いと、最適な爆薬量を実験的に検証した。

その結果、水平と鉛直の起爆方向の違いによるナットの破断に大きな差は認められず、高力ボルトのネジ山を傷めずにナットを2分割することができた。また、ナットの材質はボルトの軸径及び強度に関係なくほぼ一定であり、爆薬量については、M22 では 7.0g 程度、M30 では 10.5g 程度が適量であることを確認することができた。

今後は、接合部全数の高力ボルトを精度良く切断する制御方法を検討しなければならないと考えている。

謝辞

本研究の一部は、(社)日本鉄鋼連盟平成 18 年度鋼構造研究・教育助成事業による一般研究助成(代表者：平井敬二)により実施致しました。また、本実験を実施するにあたり、当時日本化薬(株)厚狭工場副工場長の忝沢俊雄氏(現カヤク・ジャパン(株)取締役研究本部長)、ならびに当時西日本工業大学大学院生の深川貴文君には多大なご協力を賜りました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 加藤政利: 工作物(煙突)における VE(解体工事の省力化) - 室蘭市発注の 64.5mRC 造煙突解体工事における VE - , 建築業協会 VE 専門部門 2006 年度 BCS・VE 発表会資料, pp.105-114, 2006.10.
- 2) 加藤政利, 中村雄治, 松尾 彰, 橋爪 清: 成形爆薬による鋼材の衝撃破壊に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.44B, pp.541-548, 1998.3.
- 3) 加藤政利, 中村雄治, 松尾 彰, 緒方雄二, 勝山邦久, 橋爪 清: 鋼構造建物の発破解体に用いる成形爆薬の有効な形状と鋼板の衝撃破壊に関する研究, 火薬学会誌, Vol.59, No.5, pp.261-274, 1998.10.
- 4) 加藤政利, 中村雄治, 松尾 彰, 緒方雄二, 勝山邦久, 橋爪 清: 鋼構造建物の発破解体時における鋼板の切断挙動に関する研究, 鋼構造論文集, Vol.6, No.24, pp.31-38, 1999.12.
- 5) 加藤政利, 中村雄治, 松尾 彰, 緒方雄二, 勝山邦久, 橋爪 清: 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 -, 火薬学会誌, Vol.61, No.6, pp.281-295, 2000.12.
- 6) Kaida Dai, Masatoshi Kato, Kunihisa Katsuyama, Chul-Gu Suk, Jun Yang, and Pengwan Chen: Numerical simulation of Cutting capacity of shaped charge in blasting demolition of steel construction, Japan Explosives Society, Science and Technology of Energetic Materials Vol.68, No.6 (358), pp.160-166, November / December 2007.
- 7) 平井敬二, 加藤政利: 成形爆薬を利用した高力ボルト接合部の部分解体に関する実験的研究, (その 1 ナット側からの解体), 鋼構造論文集, Vol.15, No.58, pp.89-97, 2008.6.
- 8) 平井敬二, 加藤政利: 衝撃波を利用した高力ボルト接合部の部分解体に関する実験的研究, (社)日本鉄鋼連盟, 第 11 回建築鋼構造研究助成事業, 建築鋼構造研究フォーラム梗概集, pp.61-66, 2007.3.
- 9) 加藤政利, 平井敬二, 緒方雄二: 爆薬を用いたトルシア型高力ボルトの部分解体に関する実験的研究, (その 2 ナット側部分解体における起爆方向の違い), 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州大会), 構造 III, pp.875-876, 2007.9.