

CEN規格案による錠の引張・切断強度試験

1. はじめに

欧州標準化委員会（CEN）で審議されている自転車錠の規格案は、JISで定められたものに比べ非常に厳しいものになっている。錠の強度のみならずピッキングに対する試験やドリルで穴を開けるといった試験まであり、規定項目の多さに加え、規定値もJISと比べ非常に厳しい値となっている。これはヨーロッパと日本の鍵文化の違いが顕著に表れているといえよう。

今回、CEN規格案に対して日本で使用されている錠がどれほどの強度であるのか比較、確認するため、CEN規格案に適合した専用の装置（写真1）で錠の引張強度試験と切断強度試験を行った。錠としては箱形錠、馬てい錠、ワイヤ錠、チェーン錠、Uシャックル錠の5種類、計23銘柄において試験を行った。また、平成17年度に荷重試験機を用いて行った錠の引張強度試験結果とも比較した。

なお、前述の装置は、現在審議が続けられているCENの自転車錠規格案を中心になって作成しているTNO（オランダの試験機関）で使用されていたものを参考に製作したものである。TNOはオランダ国内で実施されている自転車錠の型式認定試験を担当しており、基準を満たした製品に『ART』の表示と共に、自転車錠の耐力に応じて『 』から『 』を表示することにより、ユーザーに選択の指針を示している。この『ART』システムは、錠の取られにくさの評価のために、警察から実際に盗難にあった錠を入手し、自転車泥棒がどのように攻撃しているのかの調査を行ったり、オランダにおける自転車盗難保険の料率が『 』の数によって変わるなど、CEN規格案の厳しさの理由を垣間見ることができる。



写真1 試験装置

2. 試験方法

2.1 錠の引張強度 (CEN規格)

CEN規格案によるUシャックル錠の引張試験は図1に示すように、施錠された状態でU型のシャックル部側を直径 $B = 80 \text{ mm}$ の円柱状のジグで、ハウジング側を幅 $B = 80 \text{ mm}$ の直方体状のジグで固定し、 30 kN (3000 kgf) の力を静かに加えていき1分間保持して強度を確認する。この際に錠が壊れなければ合格となる。なおシャックル部の内側の幅 A が 80 mm 以下の場合には B は A よりも 10 mm 小さいものを用いて測定する。

また、ワイヤ錠、チェーン錠の場合は図2に示すように、施錠された状態で直径 $B = 80 \text{ mm}$ の円柱状のジグ2つを使用し、 30 kN (3000 kgf) の力を静かに加え1分間保持して強度を確認する。この際に錠が壊れなければ合格となる。

なお、JIS D 9456 (自転車 - 錠) では、ワイヤ・チェーン錠についてのみ規格があり、図3のように完全施錠状態で直径 $B = 25 \text{ mm}$ の丸棒を使用し、 1400 N (140 kgf) の力を静かに加えたときに、各部に破損がなく、施錠・開錠に異常があってはならないと規定されている。Uシャックル錠については規格化されていない。

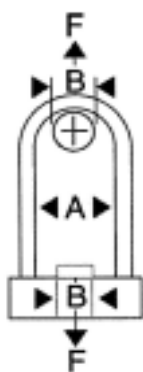


図1 Uシャックル錠
(CEN)

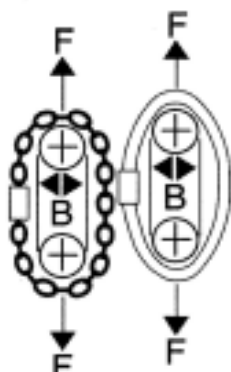


図2 ワイヤ・チェーン錠
(CEN)

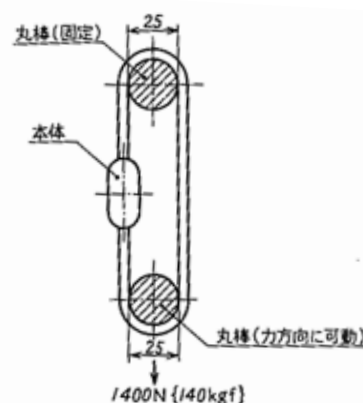


図3 ワイヤ・チェーン錠
(CEN)

2.2 錠の切断強度 (CEN規格)

CEN規格案による各種錠の切断強度試験は図4に示すように、かんぬき部あるいはチェーン・ワイヤ部を幅 14 mm 以上、先端の角度 60° 、先端の半径 $R1.5 \text{ mm}$ 、表面の硬さ $\text{HRC} = 62 \sim 64$ のジグで挟み込み、 60 kN (6000 kgf) の力を静かに加え1分間保持し強度を確認する。この際に錠が壊れなければ合格となる。

なお、JISでは切断強度試験は規格化されていない。

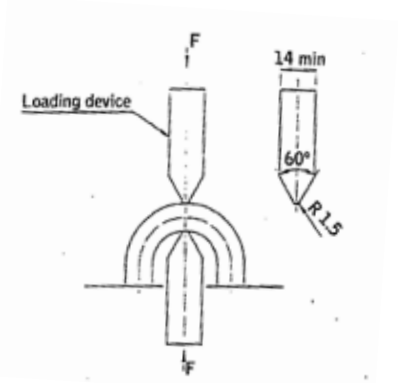


図4 切断強度試験（CEN）

3. 供試品

表1に示すように箱形錠、馬てい錠、ワイヤ錠、チェーン錠、Uシャックル錠の5種類、計23銘柄を自転車店、量販店、100円ショップで購入したもの、あるいは当所が所有していた錠（未使用品）で試験を行った。今回新たに購入したものは国内ブランドのものでも、パッケージの表示によればすべて中国・台湾製であった。写真2-1、2-2に錠の外観を示す。

なお、馬てい錠の高剛性タイプはかんぬき部が円柱状に、普通タイプはかんぬき部がコの字型になっている。

表1 錠の仕様

| No. | 錠の種類 | 原産国 (記載してあるもの) | 施錠方式 | かんぬき径、 かんぬき断面寸法、 ワイヤ径、 チェーンこま線径、 シャックル径(mm) | かんぬき板厚 ハウジング径(mm) | チェーン長さ ワイヤ長さ、 内側寸法(mm) | 切断部の材質 | 購入場所 | | |
|-----|------|-------------------|----------|---|----------------------|------------------------------|-----------|--------|----------|------|
| 1 | 固定式 | | 箱形錠 | 鍵 | 10 | 2.2 | - | スチール | 当所所有 | |
| 2 | | | 馬てい錠(剛性) | - | 鍵 | 10 | - | - | スチール | 当所所有 |
| 3 | | | 馬てい錠(剛性) | - | 鍵 | 9.7 | - | - | スチール | 当所所有 |
| 4 | | | 馬てい錠(普通) | - | 鍵 | 7.5 × 9.2 | 1.5 | - | スチール | 当所所有 |
| 5 | | | | - | 鍵 | 7.2 × 9.7 | 1.5 | - | スチール | 当所所有 |
| 6 | | | | - | 鍵 | 7.5 × 8.1 | 1.4 | - | スチール | 当所所有 |
| 7 | | | | - | 鍵 | 7.2 × 9.7 | 1.5 | - | スチール | 当所所有 |
| 8 | | | | - | 鍵 | 7.2 × 7.8 | 1.4 | - | スチール | 当所所有 |
| 9 | | | | | - | 鍵 | 7.6 × 8.4 | 1.5 | - | スチール |
| 10 | 非固定式 | 中国 | ワイヤ錠 | 鍵 | 5 (6) 1 | - | 450 | スチール | 自転車店 | |
| 11 | | | | 鍵 | 6 (8) 1 | - | 600 | スチール | 自転車店 | |
| 12 | | | | 鍵 | 10 (12) 1 | - | 700 | スチール | 自転車店 | |
| 13 | | | | 鍵 | 5.5 (10) 1 | - | 600 | スチール | 量販店 | |
| 14 | | | | 鍵 | 15.5 (18) 1 2 | - | 600 | スチール | 量販店 | |
| 15 | | | | 鍵 | 8 | - | 550 | スチール | 100円ショップ | |
| 16 | | | | 番号式 | 7 | - | 550 | スチール | 100円ショップ | |
| 17 | | | | 番号式 | 2.2 | - | 600 | スチール | 自転車店 | |
| 18 | | チェーン錠 | 中国 | 番号式 | 2.4 | - | 600 | スチール | 量販店 | |
| 19 | | | 中国 | 番号式 | 2.2 | - | 650 | スチール | 100円ショップ | |
| 20 | | Uシャックル錠 | 台湾 | 鍵 | 12 (14) 1 | 29.1 | 105 × 203 | スチール | 自転車店 | |
| 21 | | | 中国 | 鍵 | 14 | 27 | 105 × 205 | アルミニウム | 量販店 | |
| 22 | | | 中国 | 鍵 | 12 (14) 1 | 29.5 | 106 × 201 | スチール | 量販店 | |
| 23 | | | 中国 | 鍵 | 12 (14) 1 | 28 | 90 × 160 | スチール | 量販店 | |

1 括弧内の数字はパッケージに記載されているワイヤの外形寸法で、ワイヤまわりの合成樹脂も含んだ値である。
2 ワイヤはパイプ状のものがいくつも繋がったものである。



No. 1



No. 2



No. 3



No. 4



No. 5



No. 6



No. 7



No. 8



No. 9



No. 10



No. 11



No. 12



No. 13



No. 14



No. 15

写真 2 - 1 錠の外観



No. 16



No. 17



No. 18



No. 19



No. 20



No. 21



No. 22



No. 23

写真 2 - 2 錠の外観

4 . 結果

4 . 1 引張強度試験

引張強度試験は No.10 ~ No.23 のワイヤ錠、チェーン錠、Uシャックル錠について行った。引張強度試験の状況を写真 3 に示す。図 2 に示す本体が横にくるパターンに加え、図 5 に示すように本体部分がジグの上にくるパターンの 2 パターンで試験を行った。また、施錠の状態は、鍵式のものには完全施錠状態、ダイヤル式のものには 4 ケタの数字をすべて一つ回して施錠した。引張強度試験の結果を表 2、図 6、7、8 に示し、各供試品の破損状況を写真 4 - 1、4 - 2 に示す。

また、No.10、11、12、17、20 の錠については 2005 年に荷重試験機を用いた引張強度試験が行われており、その時の結果と今回の結果を比較したものを表 3 に示す。



ワイヤ錠・本体横



ワイヤ錠・本体上



Uシャックル錠

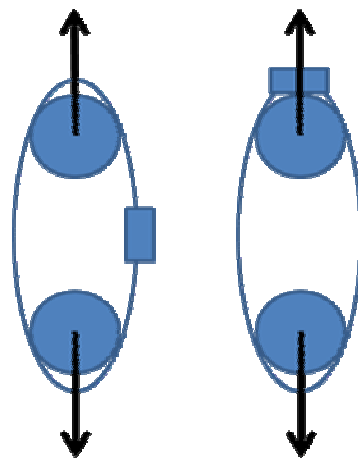


チェーン錠・本体横



チェーン錠・本体上

写真3 引張強度試験状況



本体：横

本体：上

図5 本体のレイアウトパターン

ワイヤ錠は2.13~8.59 kNの間で破断しており、CEN規格の30 kNを満たすものは無かった。本体が上方向と横方向の2パターンで試験を行ったがNo.13を除き横方向時の強度が小さくなった。No.13で上方向時の強度が小さくなった要因は写真4-1のNo.13に示すようにワイヤの抜けである。それぞれの錠の破断状況が一様でないが、いずれの結果でもワイヤ自体が切れるようなことがなかったため、本体やぎぼしの強度、ワイヤの圧着具合が引張強度に影響を及ぼしていると考えられる。また、試験時の引張速度、本体部分の位置により測定結果にバラつきが生じるようだ。

チェーン錠に関しては0.28~1.11 kNの間で破断した。これはJISで規定している1.4 kNよりも小さい。しかしNo.19の製品の本体を上側にセットしたものにおいては、ぎぼしが若干曲がったがCEN規格案の30 kNをクリアした。他のチェーン錠ではぎぼしが折れる、あるいはチェーンのコマが開くという状況でチェーンが破断している。このことからワイヤ錠と同様、本体やぎぼし、コマの強度のバラつきが引張強度に影響を及ぼしていると考えられる。

Uシャックル錠に関しては10.57~25.99 kNの間で破断しており、CEN規格の30 kNを満たすものは無かった。材質の違いはあるが、断面積の小さいぎぼし部(参考 写真4-2のNo.21)やハウジング内部のぎぼしがひっかかるロック部分(参考 写真4-2のNo.22)など、引っ張りに対して強度のもっとも弱い部分で破断が起こっている。

表3の前回結果と比較すると強度値が少し大きい傾向が見られる。今回の試験では手動の油圧ジャッキを用いて引張力を生成しているため、力のかけ方を一定にできないことが原因であると考えられる。また破断要因が異なるのも、製品の製造バラつきとともに、試験条件による要因もあると思われる、規格中に試験速度や試験時における本体位置の詳細を明記すべきであろう。

表2 引張強度試験結果

| 錠の種類 | No. | ワイヤ径 (被覆樹脂含まず) | | ワイヤ長さ | 材質 | 試験状態 | 引張強度 (kN) | 状況 | |
|------------------|-------|---------------------|----------------------|-----------|--------|----------------|------------------|----------------|----|
| | | | | | | | | | |
| 非 固 定 式 | ワイヤ錠 | 10 | 5 | 450 | | 本体:横 | 3.54 | 本体ぎぼしロック部破損 | |
| | | | | | | 本体:上 | 8.15 | ぎぼし側のワイヤ抜け | |
| | | 11 | 6 | 600 | | 本体:横 | 4.47 | ぎぼし側のワイヤ抜け | |
| | | | | | | 本体:上 | 4.51 | ぎぼし側のワイヤ抜け | |
| | | 12 | 10 | 700 | | 本体:横 | 5.21 | 本体ぎぼし穴開く ぎぼし破損 | |
| | | | | | | 本体:上 | 8.59 | 本体ぎぼし穴開く | |
| | | 13 | 5.5 | 600 | 鉄 | 本体:横 | 4.52 | 本体ワイヤ接続部破損 | |
| | | | | | | 本体:上 | 2.13 | ぎぼし側のワイヤ抜け | |
| | | 14 | 15.5 | 650 | | 本体:横 | 2.51 | 本体ワイヤ接続部破損 | |
| | 本体:上 | | | | | 3.26 | 本体ワイヤ抜け 本体破損 | | |
| | 15 | 3 | 550 | 鉄 | 本体:横 | 2.81 | 本体ワイヤ接続部破損 ぎぼし抜け | | |
| | | | | | 本体:上 | 4.78 | 本体ワイヤ接続部破損 | | |
| | 16 | 3 | 550 | スチール・亜鉛合金 | 本体:横 | 2.39 | ぎぼし側のワイヤ抜け | | |
| | | | | | 本体:上 | 3.6 | ぎぼし破断 | | |
| | チェーン錠 | No. | チェーンこま径 (被覆樹脂含まず) | | チェーン長さ | 材質 | 試験状態 | 引張強度 (kN) | 状況 |
| | | 17 | 2.2 | 600 | | 本体:横 | 0.28 | ぎぼし破断 | |
| | | | | | | 本体:上 | 0.7 | ぎぼし破断 | |
| | | 18 | 2.4 | 600 | 鉄 | 本体:横 | 1.05 | チェーン破断 | |
| | | | | | | 本体:上 | 1.11 | チェーン破断 | |
| 19 | 2.2 | 600 | スチール・亜鉛合金 | 本体:横 | 0.61 | チェーン破断 | | | |
| | | | | 本体:上 | 30 | 破損なし ぎぼしが若干曲がる | | | |
| Uシャックル錠 | No. | シャックル径 (被覆樹脂含まず) | ハウジング径 | 内短軸長 | 内長軸長 | 材質 | 引張強度(kN) | 状況 | |
| | 20 | 12 | 29.1 | 105 | 203 | スチール | 25.99 | シャックルぎぼしロック部破損 | |
| | | | | | | | | ぎぼし破断 | |
| | 22 | 12 | 29.5 | 106 | 201 | スチール | 12.65 | シャックルぎぼしロック部破損 | |
| | | | | | | | | シャックルぎぼしロック部破損 | |
| 23 | 12 | 28 | 90 | 160 | 鉄 | 10.81 | シャックルぎぼしロック部破損 | | |
| | | | | | | | シャックルぎぼしロック部破損 | | |

表3 前回結果との比較

| 錠の種類 | No. | 試験状態 | 引張試験(kN) | 破損状況 | 前回値(kN) | | | | |
|------------------|------|-----------------|----------|----------------|------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | | | | | | | | | |
| 非 固 定 式 | ワイヤ錠 | 10 | 本体を横にして | 3.54 | 本体ぎぼしロック側破損 | 2.16 (本体ぎぼし ロック側破損) | 2.23 (本体固定ぎぼし側 破損) | 2.27 (本体固定ぎぼし側 破損) | |
| | | | 本体を上にして | 8.15 | ぎぼし側のワイヤ抜け | 5.93 (本体ぎぼし穴開く) | | 7.38 (本体ぎぼし穴開く) | |
| | | 11 | 本体を横にして | 4.47 | ぎぼし側のワイヤ抜け | 3.61 (ぎぼしの先 端破断) | 4.21 (ぎぼしの先 端破断) | 4.23 (ぎぼし側のワ イヤ抜け) | 3.93 (本体側のワ イヤ抜け) |
| | | | 本体を上にして | 4.51 | ぎぼし側のワイヤ抜け | | | | |
| | 12 | 本体を横にして | 5.21 | 本体ぎぼし穴開く、ぎぼし破損 | 4.33 (ぎぼしの先 端破断) | 4.10 (ぎぼしの先 端破断) | 6.44 (本体ぎぼし 穴開く) | 6.37 (本体ぎぼし 穴開く) | |
| | | 本体を上にして | 8.59 | 本体ぎぼし穴開く | | | | | |
| チェーン錠 | 17 | 本体を横にして | 0.28 | ぎぼし破断 | 1.13 (チェーン切断) | 0.56 (チェーン切断) | 2.00 (本体内部破損) | | |
| | | 本体を上にして | 0.70 | ぎぼし破断 | | | | | |
| Uシャックル錠 | 20 | ハウジング部 を下にして | 25.99 | ぎぼし止め破断 | 23.1 (ぎぼし止め破断) | 24.0 (ぎぼし止め破断) | 22.3 (ぎぼし止め破断) | | |

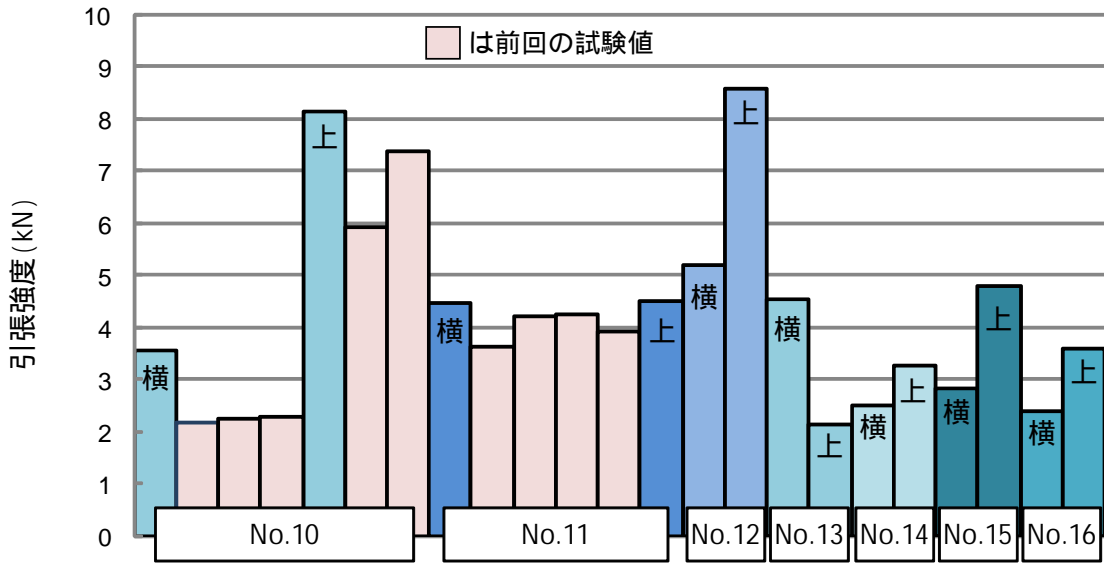


図6 ワイヤ錠引張強度 [規格値30kN]

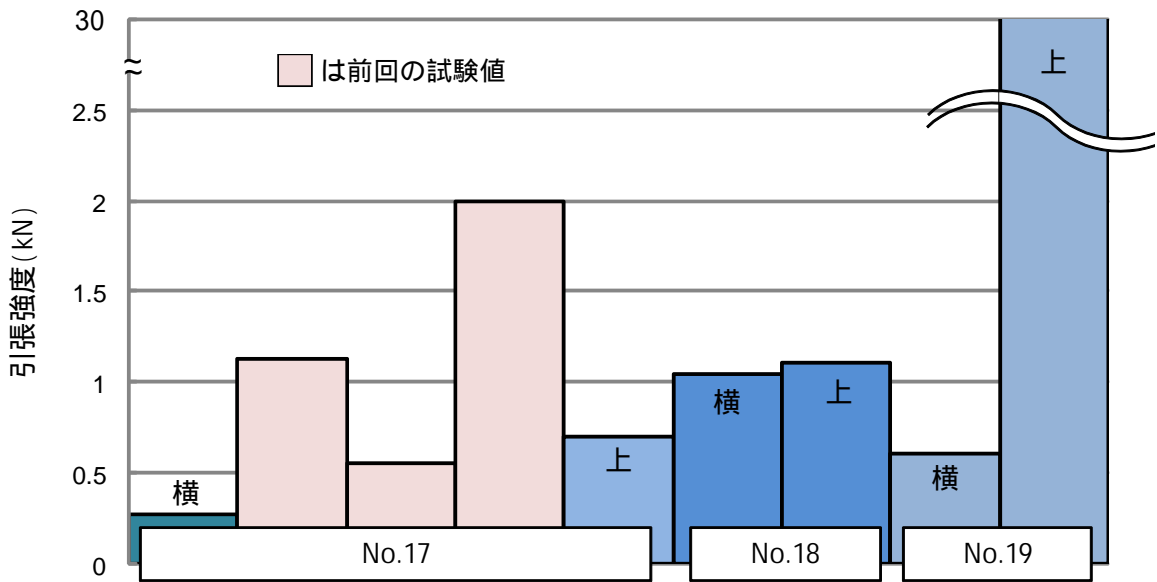


図7 チェーン錠引張強度 [規格値30kN]

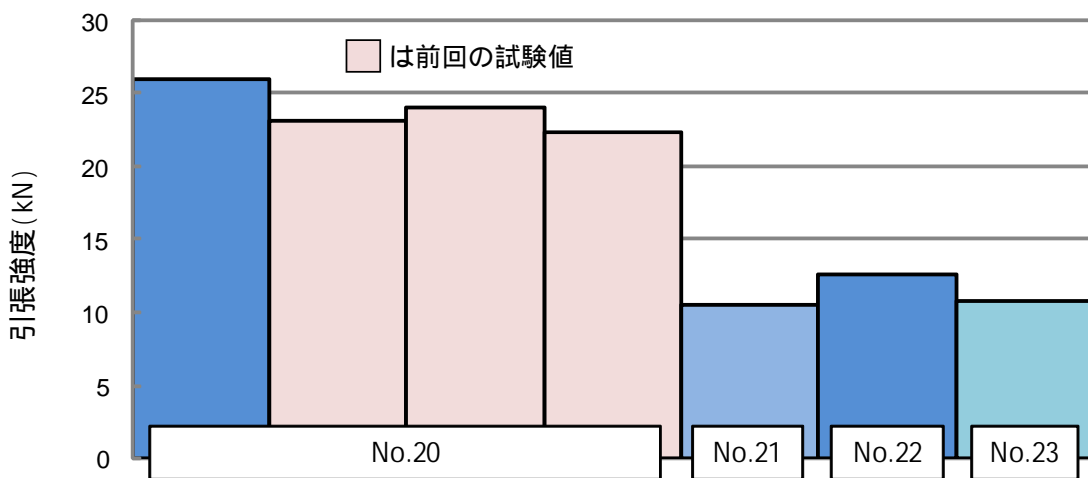


図8 Uシャックル錠引張強度 [規格値30kN]



No.10 (本体：横)



No.10 (本体：上)



No.11 (本体：横)



No.11 (本体：上)



No.12 (本体：横)



No.12 (本体：横)



No.12 (本体：上)



No.13 (本体：横)



No.13 (本体：上)



No.14 (本体：横)



No.14 (本体：上)



No.14 (本体：上)



No.15 (本体：横)



No.15 (本体：上)



No.16 (本体：横)



No.16 (本体：上)



No.17 (本体：横)



No.17 (本体：上)



No.18 (本体：横)



No.18 (本体：上)

写真4 - 1 引張強度試験 破損状況



No.19 (本体：横)



No.19 (本体：上)



No.20



No.21



No.22



No.23

写真 4 - 2 引張強度試験 破損状況

4.2 切断強度試験

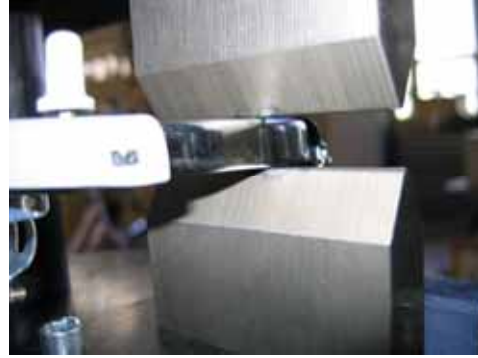
No.1 ~ No.23 の箱形錠、馬てい錠、ワイヤ錠、チェーン錠、Uシャックル錠について切断強度の測定を行った。切断強度試験の状況を写真5に示す。箱形錠、馬てい錠についてはかんぬき部、ワイヤ錠についてはワイヤ部、チェーン錠についてはチェーン部、Uシャックル錠についてはシャックル部とハウジング部において測定を行った。

切断強度試験の結果を表4に、試験後の切断部の代表的な外観を写真6に示す。また図9に切断部の断面積と切断強度の関係をプロットしたものを示す。CEN規格の60kNを満たすものはUシャックル錠のハウジング部分のみであった。また、図9に示したようにスチール製のものでは、錠の種類・形状によらず、切断部の断面積に比例して切断強度も増加する傾向が見られる。図の直線は60kNを満たさないもので線形近似した直線であるが、この直線で計算して断面積が180mm²程度あればCEN規格で掲げられている60kNに耐えうると考えられる。これはワイヤ径に換算するとおよそ16mmに相当する。

なお、アルミニウム製のものは1銘柄しか測定していないが、スチール製のものよりも弱いことが分かった。



箱型錠



馬てい錠



ワイヤ錠



チェーン錠



Uシャックル錠・シャックル部



Uシャックル錠・ハウジング部

写真5 切断強度試験状況

表4 切断強度試験結果

| 錠の種類 | | No. | かんぬき板厚 (mm) | 短軸長 (mm) | 長軸長 (mm) | 材質 | 切断強度(kN) | | 切断部の 断面積 (mm ²) |
|------|---------------|-----------------------|--------------------------|----------------|-------------|----------|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 固定式 | 箱形錠 | 1 | 2.2 | 10 | 10 | スチール | 16.05 | | 53.9 |
| | 馬てい錠 (高剛性) | 2 | 10 | 10 | 10 | スチール | 33.12 | | 78.5 |
| | | 3 | 9.7 | 9.7 | 9.7 | スチール | 29.81 | | 73.9 |
| | 馬てい錠 (普通) | 4 | 1.5 | 7.5 | 9.2 | スチール | 10.43 | | 34.4 |
| | | 5 | 1.5 | 7.2 | 9.7 | スチール | 10.39 | | 35.4 |
| | | 6 | 1.4 | 7.5 | 8.1 | スチール | 10.39 | | 29.3 |
| | | 7 | 1.5 | 7.2 | 9.7 | スチール | 9.93 | | 35.4 |
| | | 8 | 1.4 | 7.2 | 7.8 | スチール | 11.36 | | 28.0 |
| | | 9 | 1.5 | 7.6 | 8.4 | スチール | 11.96 | | 32.1 |
| 錠の種類 | No. | ワイヤ径(mm) (被覆樹脂含まず) | | | 材質 | 切断強度(kN) | | 切断部の 断面積 (mm ²) | |
| 非固定式 | ワイヤ錠 | 10 | 5 | | | スチール | 14.42 | | 19.6 |
| | | 11 | 6 | | | スチール | 14.48 | | 28.3 |
| | | 12 | 10 | | | スチール | 33.93 | | 78.5 |
| | | 13 | 5.5 | | | スチール | 17.84 | | 23.7 |
| | | 14 | 15.5 | | | スチール | 29.01 | | 84.8 |
| | | 15 | 3 | | | スチール | 13.20 | | 7.1 |
| | | 16 | 3 | | | スチール | 10.48 | | 7.1 |
| | チェーン錠 | No. | チェーンコマ径(mm) (被覆樹脂含まず) | | | 材質 | 切断強度(kN) | | 切断部の 断面積 (mm ²) |
| | | 17 | 2.2 | | | スチール | 6.71 | | 7.6 |
| | | 18 | 2.4 | | | スチール | 8.44 | | 9.0 |
| | | 19 | 2.2 | | | スチール | 8.46 | | 7.6 |
| | Uシャックル錠 | No. | シャックル径(mm) (被覆樹脂含まず) | ハウジング径 (mm) | | 材質 | 試験部位 | 切断強度(kN) | 切断部の 断面積 (mm ²) |
| | | 20 | 12 | 29.1 | | スチール | シャックル部 | 43.79 | 113.0 |
| | | | | | | | ハウジング部 | 60以上 | 378.4 |
| | | 21 | 14 | 27 | | アルミニウム | シャックル部 | 23.58 | 153.9 |
| | | | | | | | ハウジング部 | 60以上 | 288.9 |
| 22 | | 12 | 29.5 | | スチール | シャックル部 | 60以上 | 113.0 | |
| | ハウジング部 | | | | | 60以上 | 384.7 | | |
| 23 | 12 | 28 | | スチール | シャックル部 | 60以上 | 113.0 | | |
| | | | | | ハウジング部 | 60以上 | 301.4 | | |

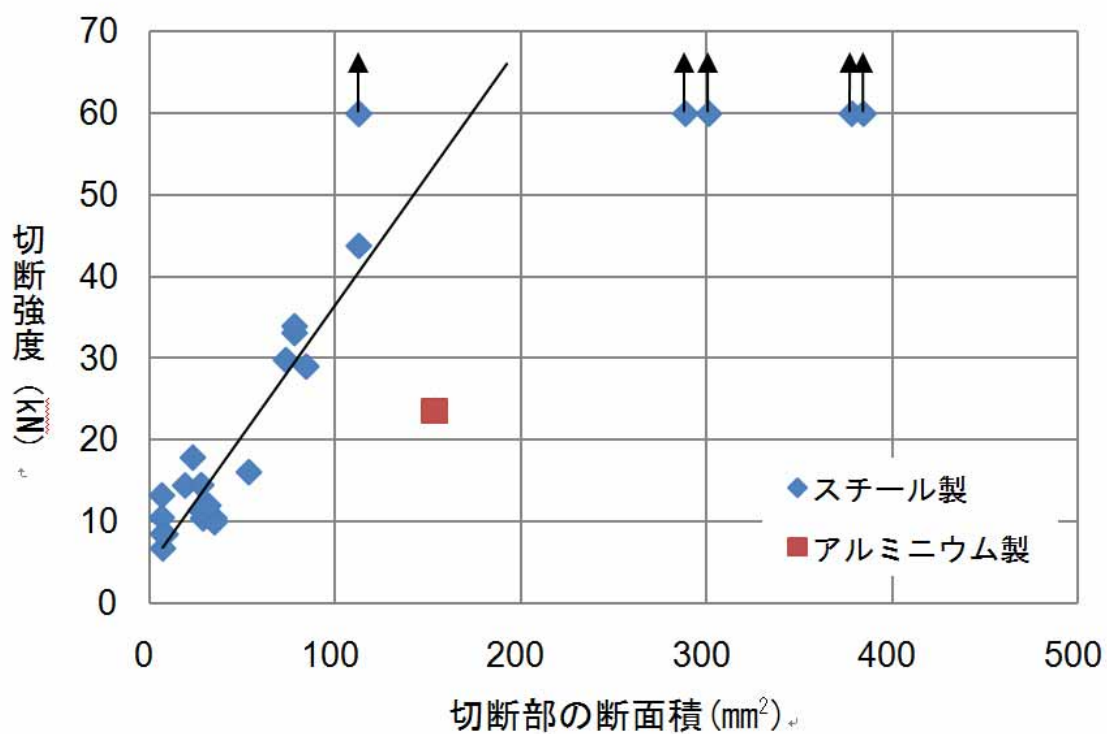


図9 切断部の断面積 - 切断強度グラフ



No.1



No.2



No.9



No.13



No.17



No.20 シャックル部



No.20ハウジング部



No.22 シャックル部

写真6 切断部の外観(代表例)

5.まとめ

今回の試験結果から、日本で使用されている錠はCEN規格の引張強度試験には適合せず、またUシャックル錠の2製品以外は切断強度試験には適合しないことが分かった。

引張強度試験においてはJIS規格で要求されている強度がCEN規格の20分の1以下であるため、試験条件としてはかなり厳しいものであった。また、製品の品質におけるバラつきや試験時のバラつき等が少なからず試験結果に反映されているが、前回の試験に引き続き、今回もチェーン錠の引張強度試験においてはJIS規格を満たすものがなく、ぎぼしやチェーンそのものの強度が低いことがわかった。また、ワイヤ錠、Uシャックル錠においては本体部分やワイヤの圧着部分での破断や抜けが多く見受けられた。

切断強度試験においてはUシャックル錠において適合するものもあった。しかし、JIS規格では切断強度試験がないため、Uシャックル錠以外ではCEN規格で要求される60kNには全て及ばず、強度が低いことが分かった。

参考文献

- 1) 亀山、野村、坪井、CEN規格案による錠の強度試験、自転車等技術資料集、2006-3、自振協 [本報告書は当所のホームページにて閲覧することができます]