

## 19. ホウ化チタン (TiB<sub>2</sub>) セラミックス保護板の 切断抵抗性評価法の確立と評価

株式会社 クボタ 鋳鋼事業部 材料研究部 ○船越 淳  
社団法人 日本建設機械化協会 施工技術総合研究所 研究第四部 佐々木 隆男  
株式会社 クボタ 鋳鋼事業部 材料研究部 土田 二郎

### 1. はじめに

近年の電柱・電線の構造設備を地中化する C.C.BOX (電線共同溝) やマルチメディア社会に対応する光ファイバー網の整備 (情報ハイウェー) により情報 BOX の地中化が推進されている。また、現場条件等により浅く埋設された情報 BOX 等は、その後の道路工事において万が一の切断事故を防止するために、その表面を鋼板で覆う等の防護策が施されている (図1参照) もの、実際の道路工事において切断事故が発生し、問題化している (切断事故が発生すると復旧まで地域社会に大きな混乱を引き起こすだけでなく、数千万円の損害金額が発生するケースもある<sup>1)</sup>)。このため、耐切削性の高い金属製及びセラミックス製の保護板が種々開発され、株式会社クボタではホウ化チタンを主原料とするセラミックス保護板 (以下、TiB<sub>2</sub> 保護板という。) を開発した<sup>2)</sup>。

このセラミックス製保護板は、従来の防護に比べ難切断であり、重要地下埋設物の有無を知らせるセンサーとしての機能が期待され、情報網等の地下整備とともに、保護板のニーズは増加している。

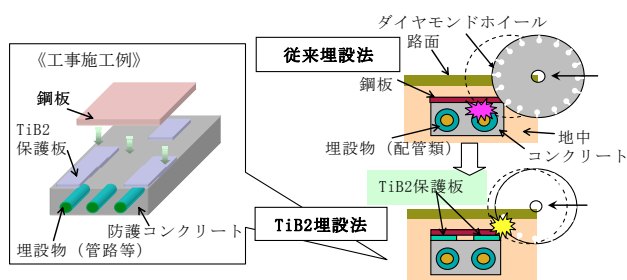


図1 TiB<sub>2</sub> 保護板埋設状況と効果

一方、開発された種々の防護板については、試験室レベルの試片による研削抵抗性は把握されているものの、現場で求められる性能・実用性を評価するため、実現場における切断試験を実施することが多い。しかし、現場計測の曖昧さから定量的な評価がなされているとは言い難い状況である。

本稿では、現場試験でも防護板の切断のしにくさを、定量的な測定・評価が可能な評価法と、その評価法による TiB<sub>2</sub> 保護板の切断抵抗性について報告する。

### 2. TiB<sub>2</sub> セラミックスの特徴

TiB<sub>2</sub> セラミックスは、他のセラミックス材料に比較して、特に硬度とヤング率が高いため、ダイヤモンドブレードに対する静的な摩耗抵抗や衝撃切断時の破壊抵抗が高い。図2に TiB<sub>2</sub> セラミックスと他のセラミックスの特性比較を示す。

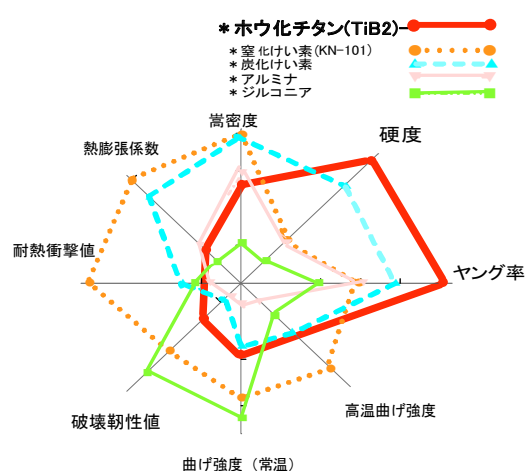


図2 TiB<sub>2</sub> セラミックスと他セラミックスの特性比較

### 3. 定量的な切断抵抗性評価法の考え方

一般に防護板を選定する場合、地下埋設物切断試験を実施する場合が多い。この切断試験とは、被防護体とそれを防護する防護板を所定の構造に埋設し、路面上から舗装カッターマシンにより所定の深さで切断を行うもので(図1参照)、切断に要した時間と切断長さを計測し、切断速度として、切断のしにくさを評価していた。この場合、施工された保護板の位置ずれや手動で行う時間計測の曖昧さから、保護板の特性を定量的に評価しているとは言い難いものであった。

このため、現地での切断試験における普遍的データの採取と、保護板又は保護構造としての切断抵抗性を定量的に評価する方法を確立する必要がある。

そこで、現状評価に必要な舗装カッターマシンの切断深さおよび切断距離に併せて、ダイヤモンドブレードの回転数を動的計測することにより、

- a. グラフ化による可視化
  - b. 数値による比較
  - c. 防護板のみの切断抵抗性の抽出
- が可能と思われ、この結果から切断抵抗性も定量的に評価ができると考えた。

## 4. 切断抵抗性定量的評価法の確立

### 4.1 測定方法

切断試験時の舗装カッターマシンの動き、すなわち①横方向変位②縦方向変位③ダイヤモンドブレード回転数を測定するため、図3に示す構成を採った。

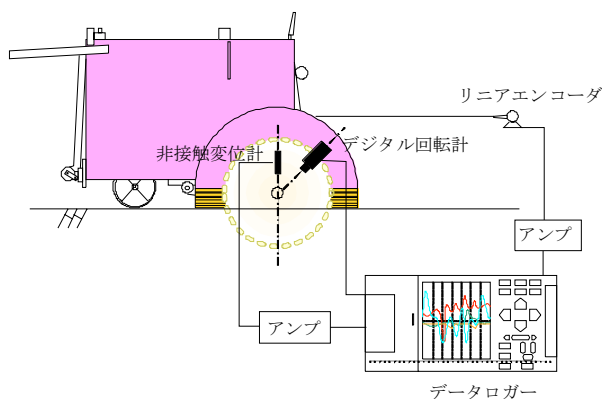


図3 舗装カッターマシンの動き測定の構成

横方向変位は舗装カッターマシンに取り付けたリニアエンコーダで移動距離を測定し、縦方向変位は非接触式変位計(超音波変位計)により路盤との距離を、またダイヤモンドブレード回転数は非接触式回転計によりダイヤモンドブレード取付軸の回転数を測定した。

### 4.2 鋼板切断測定

図3に示す機器構成で、16mm 肉厚の鋼板を埋設し、切断を行った。

#### (1)埋設構造

供試鋼板の埋設構造を図4に示す。また舗装カッターマシンに取り付けた機器を写真2に示す。今回の切断は図4に示すように鋼板を横方向に切断する試験とした。

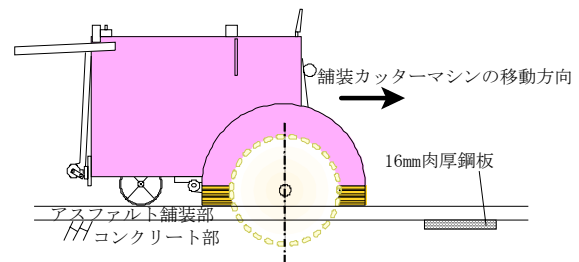


図4 鋼板の埋設構造

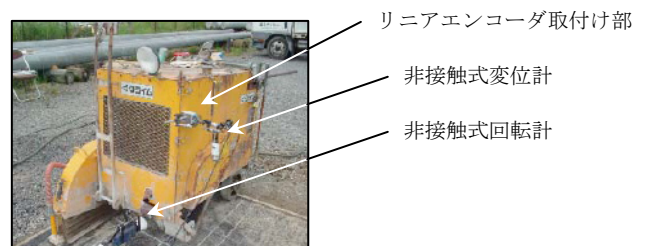


写真2 舗装カッターマシンに取り付けた機器

#### (2)測定結果

図5に切断試験から得られた横方向変位、縦方向変位、ダイヤモンドブレード回転数を時間に対してプロットした。

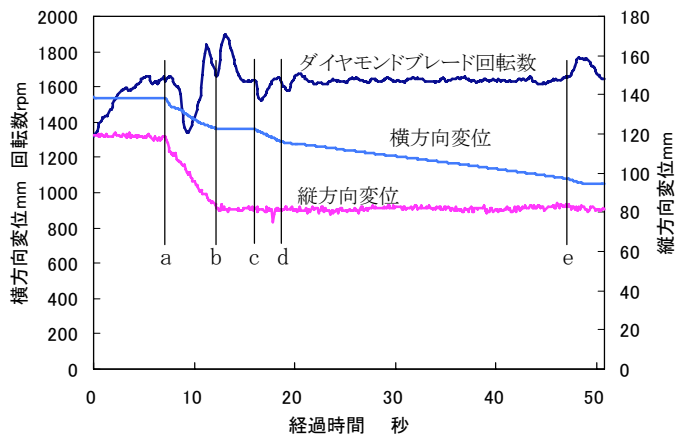


図5 16mm 鋼板切断試験測定データ

横方向切断を行う場合は、供試品手前で 110mm の深さまでダイヤモンドブレードを入れ(a～b 区間)、その深さで横方向にアスファルトを含むコンクリート部を切断しながら移動して(c～d 区間)、供試品に接触し(d 点)、供試品の切断段階になる。b～c 区間は試験待ちの区間である。

図5から、次の 2 点が分かった。

- ①一連の切断におけるそれぞれの段階が区別でき、何を切断したデータかが判別できる
- ②防護板に相当する供試品を切断している段階は d ～e の部分で、この区間のデータを採用することで供試品の切断抵抗性が評価できる

## 5. 切断抵抗性定量的評価法による各種評価

本評価法を用いて①TiB2 保護板及び各種防護板の切断抵抗性②特性の異なるセラミックス材の切断抵抗性③切断抵抗性に及ぼす TiB2 保護板の形状の影響について、評価した。

### 5. 1 TiB2 保護板及び各種防護板の切断抵抗性評価

#### (1)埋設構造と試験条件

TiB2 保護板、鋼板(厚み 16mm)、軟質鉄製防護板を図6に示すように埋設した。

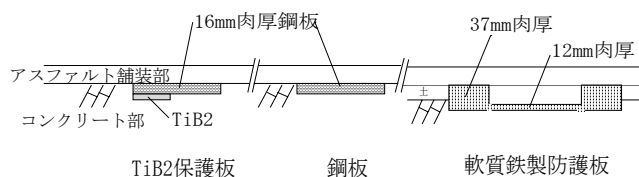


図6 埋設構造

切断試験条件を表 1 に示す。

表1 切断試験条件

| 項目         | 内容                       |
|------------|--------------------------|
| カッターマシン    | エンジンカッター1820cc           |
| ダイヤモンドブレード | コンクリート用ブレード<br>外径 14 インチ |
| ブレード回転数    | 1,600rpm                 |
| 切断深さ       | 110mm                    |

他の切断試験も同条件とした。

#### (2)試験結果の評価

舗装カッターマシンが 110mm 深さまで切り込み横方向に移動開始してから板を切り落とすまでの切断時間に対する横方向変位の関係を図7に示す。

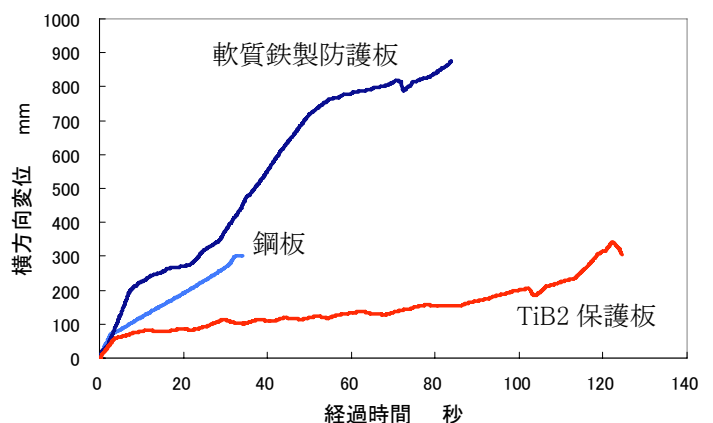


図7 切断時間に対する横方向変位の関係

次に、図8に供試品切断時のダイヤモンドブレード回転数の変化を切断時間に対しプロットした。

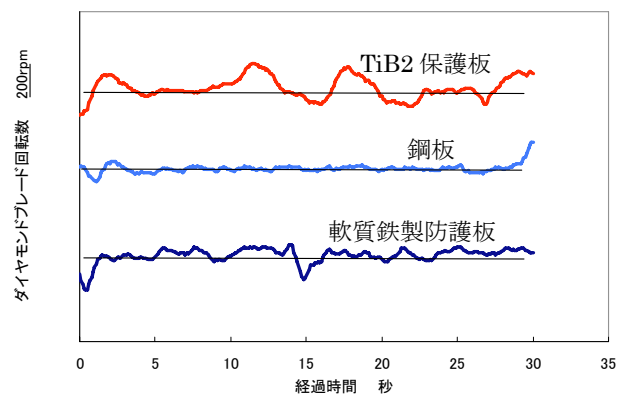


図8 ダイヤモンドブレード回転数の変化

更に、図7からグラフの傾きを求め、単位時間あたりの切断距離(切断速度)とし、また図8から回転数の標準偏差を求め、ダイヤモンドブレードの回転数変化の大きさを求めた。この結果を表2に示す。これから分かるように TiB2 保護板は他の防護板に比べ、格段に優れた切断抵抗性を示すことが分かった。

表2 切断抵抗性の評価

| 供試品         | 切断速度<br>mm/sec | ブレード回転数 rpm |      |
|-------------|----------------|-------------|------|
|             |                | 平均値         | 標準偏差 |
| TiB2 保護板    | 1.1            | 1,631       | 53   |
| 鋼板          | 6.7            | 1,639       | 20   |
| 軟質鉄製<br>防護板 | *6.0           | 1,618       | 36   |

\*軟質鉄製防護板は厚肉部切断時の値

## 5. 2 特性の異なるセラミックス材の切断抵抗性評価

特性の異なる 3 種のセラミックス材の切断抵抗性の評価を行った。材質としては、硬度和ヤング率の違う TiB2、窒化けい素、ジルコニアを用いて、TiB2 保護板と同等の形状に成形・焼結を行って、供試片とした。切断時間に対する横方向変位の関係を図9に示す。硬度和ヤング率の高い TiB2 保護板の切断抵抗性が非常に優れていることがわかった。

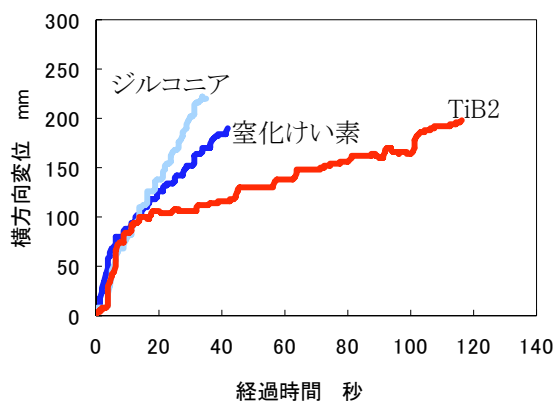


図9 切断時間に対する横方向変位の関係

## 5. 3 切断抵抗性に及ぼす TiB2 保護板の形状の影響評価

TiB2 保護板は矢型の凸凹を組み合わせることにより設置隙間にブレードが入った場合の切断抵抗性を確

保している。矢型内角を変えた形状の TiB2 保護板の切断抵抗性を評価した。写真3に試験後の 3 種の TiB2 保護板の状況を示す。また切断時間に対する横方向変位の関係を図10に示す。



矢型内角 160° 矢型内角 150° 矢型内角 140°

写真3 3 種の TiB2 保護板の試験後の状況

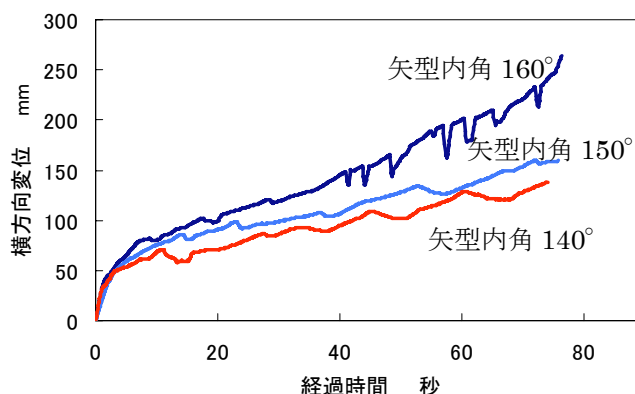


図10 切断時間に対する横方向変位の関係

これらの結果から内角を小さくすることにより矢型形状の TiB2 保護板の設置隙間切断抵抗性を向上させることができることが分かった。

## 6. まとめ

今回確立した機器測定法を用いた切断抵抗性評価法により、次のことが分かった。

- (1) 舗装カッターマシンに横方向変位を測定するリニアエンコーダ、縦方向変位を測定する非接触式変位計、ダイヤモンドブレード回転数を測定する非接触式回転計を取り付け測定することにより、可視的に、また定量的に、各種材質の切断抵抗性が評価できた。
- (2) この評価法を用いることにより、各種防護板の切断抵抗性の比較ができ、TiB2 保護板の優れた切断抵抗性が明らかになった。

## 7. 参考文献

- 1) 国交省九州地方整備局のホームページ
- 2) クボタ技報第 36 巻(2000 年 2 月号)