

## 歩道用マンホール蓋におけるすべり性と安全性の評価

丸林良嗣\*, 柴田周治\*, 藤川貴朗\*

### Evaluation of Slip Resistance and Safety in Manhole Cover for Sidewalk

Ryoji MARUBAYASHI, Shuji SHIBATA and Takao FUJIKAWA

In this study, evaluation of the manhole cover for sidewalk in slip resistance tester and sensory test was carried out, and slip resistance and safety were discussed. High correlation was obtained in the result of sensory test and slip resistance tester. We concluded that we can walk on manhole cover with safety if BPNs exist between 45 and 70.

Key words: Manhole Cover, Slip Resistance, Sensory Test, BPN

#### 1. はじめに

近年、日本は超高齢社会を迎え、特に高齢者の屋外での転倒事故が増加しており社会問題となっている。中高年齢者の転倒事故発生場所のおよそ半数が一般道路・歩道であり<sup>1)</sup>、この中には、マンホール蓋上での転倒事故件数も含まれていると考えられる。そのため、企業各社が転倒防止対策を施した製品を開発しており、そのすべりにくさ、安全性に関する評価基準が重要となっている。

歩道（舗装）におけるすべり性の評価は、振り子式すべり試験機での測定による参考値が規定されており、例えば、（社）日本道路協会においては、BPN (British Pendulum Number) 40以上<sup>2)</sup>、神戸市においては、BPN50～60の範囲をすべりにくいひとつの目安としている<sup>3)</sup>。これらの歩道におけるすべり参考値等の設定には、機械的な試験機の測定と人間の感覚による官能検査を並行して行い値を決定している<sup>4-9)</sup>。しかし、マンホール蓋に対しては車道用の参考値が一部にあるのみであり<sup>10)</sup>、歩道用に関しての参考値等は示されていない。

本研究においては、歩道等に敷設されるマンホール蓋を対象とし、各種マンホール蓋を模擬した試験片においてすべり抵抗試験機を用いてすべり抵抗の測定を行い、官能検査との比較により、そのすべり性・安全性を評価した。これらの評価から、官能検査ですべらなれないと感じるのが、すべり抵抗試験機のすべり抵抗値でいくつ以上なのかを決定し、すべり性と安全性の目標値を提案する。

#### 2. 実験方法

##### 2. 1 試験片の準備

試験片表面の突起間隔、突起面積は図1のように定義し、図2のような鋳鉄試験片(FC)および参照試験片を準備した。試験片 P5～P82 は、塗装を施してある鋳鉄製であり、その表面の突起間隔は、4, 6, 10, 20mm, 突起面積は、6×6, 10×10, 4×9mm<sup>2</sup>, 突起高さは 3mm とした。鋳鉄試験片のサイズは 260×140mm とした。P82-0.2, 0.5 は、P82 の突起をディスクグラインダーにて研磨して、摩耗状態を再現し、それぞれ突起の高さを 0.2, 0.5mm とした。また、JIS 柄<sup>11)</sup>は、一般にマンホールとして広く施工されている模様の

\* 金属研究室

ものとした。 鋳鉄試験片以外の参照用試験片は、歩道等に施工されているものの代表として石材、アスファルト、コンクリートを選択した。 なお、参照用試験片のサイズは 300×300mm とした。

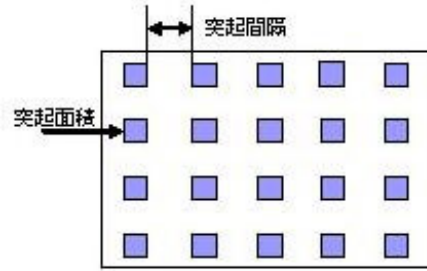


図 1 試験片の形状

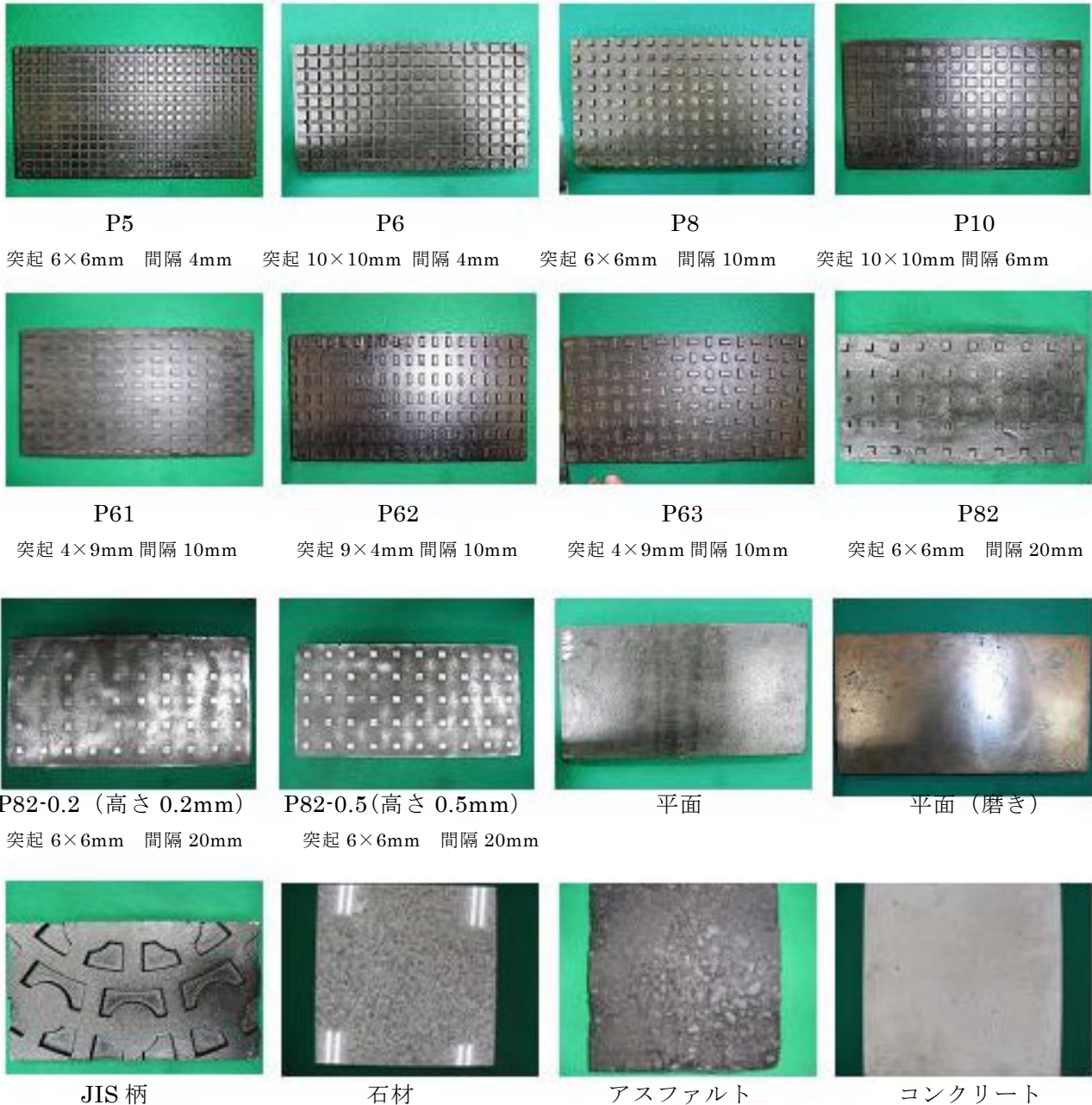


図 2 鋳鉄試験片および参照用試験片

## 2. 2 すべり試験機による測定

### 2. 2. 1 小野式試験機 (携帯型) による測定

小野式試験機は測定対象が主に床であり、錘を搭載したゴム片を床の上に置き、斜め上方へ引っ張った時に、ゴム片が動き出す時の荷重からすべり

抵抗値を算出する試験機である<sup>12)</sup>。試験は、全て水を散布した湿潤状態にて行なった。

## 2. 2. 2 振り子式試験機による測定

振り子式試験機は測定対象を主に道路舗装として、振り子の先端につけたゴム片を舗装上で滑らせた時に、振り子が損失するエネルギーからすべり抵抗値を算出する試験機である<sup>12)</sup>。試験は全て水を散布した湿潤状態にて行なった。

## 2. 3 官能検査による評価方法

官能検査は、格付け法<sup>13)</sup>により実施した。格付け法とは、例えば、良い、やや良い、普通、やや悪い、悪いというような順序をもったカテゴリーに分類し、試料がどの分類に属するかを被験者に答えさせる方法である。ここでは、表1のようにすべりやすいかどうかを判断するすべり性評価とすべりやすさにつまづきやすさも加味した総合的な安全性の評価をそれぞれ 5 段階(+2~-2)とした。各被験者から 5 段階の言葉で回答を得、これらのデータから平均値を算出し、試験片のすべり性、安全性を評価した。

表 1 各評価の基準

すべり性評価基準		安全性評価基準	
非常にすべりにくい	+2	非常に安全	+2
ややすべりにくい	+1	やや安全	+1
どちらでもない	0	どちらでもない	0
ややすべりやすい	-1	やや危険	-1
非常にすべりやすい	-2	非常に危険	-2

官能検査では、図3のように動作を2種類規定し検査を行なった。



a) 静摩擦動作      b) 動摩擦動作

図 3 官能検査動作

一つ目の動作は、図 3a) のように歩行時の後ろ足(つま先)を試験片に設置しておき、静止した

状態から踏み切る動作とした。これを静摩擦動作とした。また、二つ目の動作は、図 3b) のように片足(つま先)を空中から試験片上に接触させて前方に滑らせる動作とした。これを動摩擦動作とした。

なお、対象被験者は、三重県工業研究所職員 36 名とした。検査時の靴は新品の運動靴(硬度 A65)を用い、図 4 のように水を散布して実施した。また、官能検査では、位置効果・順序効果・記号効果を考慮し、ランダムに検査を実施した。



図 4 官能検査風景

## 3. 実験結果および考察

### 3. 1 すべり試験機による測定結果

2 種類のすべり試験機による測定結果を図 5 に示す。16 種類の試験片のすべり抵抗値は、小野式試験機では 0.09~0.90、振り子式試験機では 12~71 であった。以下、小野式試験機および振り子式試験機のすべり抵抗値はそれぞれ、C.S.R、BPN と表記する。

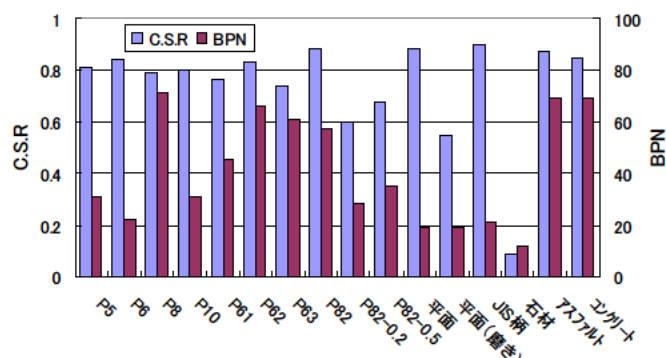


図5 すべり試験機による測定結果

小野式試験機においては、参照用試験片を除き塗装が施してある JIS 柄、平面、P6 等の表面が比較的平坦な試験片で C.S.R が高かった。しかし、塗装をしていない平面(磨き)、突起を研磨した

P82-0.2, P82-0.5 では C.S.R が低く, すべりやすい結果となった。これは, 試験片上でのゴム片の引っ掛かりよりも, 表面粗さの影響が大きいと考えられる。しかし, 振り子試験機においては, P8, P62, P63 等の試験片表面に凹凸がある試験片で BPN が高く, 平面, 平面(磨き), JIS 柄等では低く, このことは, 引っかかりの影響が測定できるためと考えられる。

### 3. 2 官能検査によるすべり性, 安全性の評価結果

図 6 および図 7 に各動作におけるすべり性, 安全性の官能検査結果を示す。図 6 のすべり性評価については, アスファルト, コンクリート以外の試験片で動摩擦動作の方が静摩擦動作よりすべり性の値が低くなっている。図 7 の安全性評価については, 動作による差はあまり認められなかった。

図 8 に官能検査における安全性評価とすべり性評価の関係を示す。全体の傾向としてすべり性評価が高いものは, 安全性も高くなっており, 高い相関が得られた。すべり性評価が 1 (ややすべりにくい) 近辺の高いものは, 安全性評価 1 (やや安全) より低くなる傾向があり, これらは(試験片 P8, 61, 62, 63, 82) すべりにくいがつまずきやすく危険と感じる傾向があると考えられる。

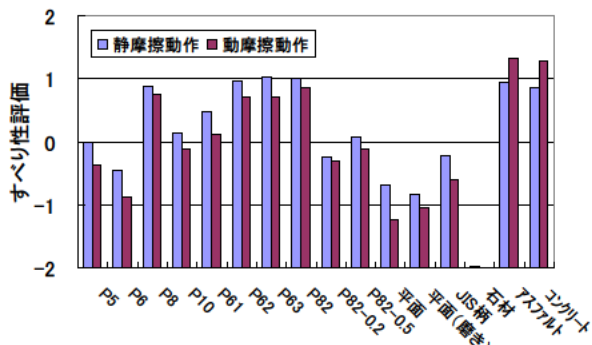


図6 官能検査結果 (すべり性)

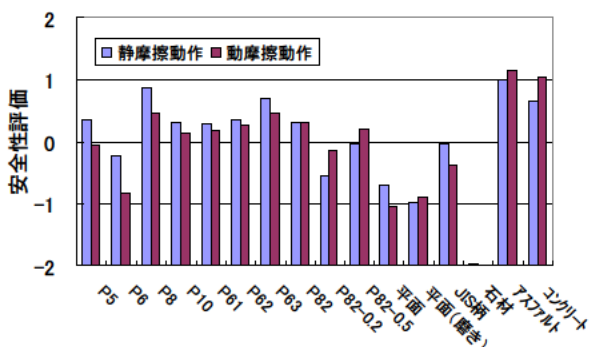


図7 官能検査結果 (安全性)

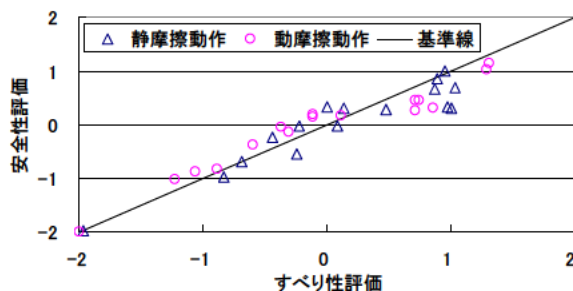


図8 官能検査における安全性とすべり性評価の関係

### 3. 3 各試験機と官能検査との相関性

各動作での官能検査とすべり試験結果の相関係数を表 2 に示す。

表 2 すべり試験機と官能検査の相関性

すべり試験機	官能検査評価項目	動作	相関係数 (R)
小野式試験機	すべり性	静摩擦	0.70
		動摩擦	0.59
	安全性	静摩擦	0.78
		動摩擦	0.64
振り子式試験機	すべり性	静摩擦	0.91
		動摩擦	0.95
	安全性	静摩擦	0.82
		動摩擦	0.86

官能検査でのすべり性評価と C.S.R では, 静摩擦動作の方が相関係数は高く (R=0.70), BPN では, 動摩擦動作の方が相関係数は高くなった (R=0.95)。また, 官能検査の安全性評価も同様に C.S.R では, 静摩擦動作の方が相関係数は高く (R=0.78), BPN では, 動摩擦動作の方が相関係数は高くなった (R=0.86)。

C.S.R は, 静止状態からすべり抵抗値を測定し, BPN は, 試験片上をゴムが動きながら接触するため, それぞれ静摩擦的, 動摩擦的なすべり抵抗が測定できることと一致しているためと考えられる。

なお, 図 9 に官能検査と試験機での評価の代表例として, すべり性官能検査結果と BPN の関係を示す。BPN が大きくなるにしたがって, すべり性評価が高くなる傾向があり, 静摩擦および動摩擦動作の両方で高い相関性が得られている。

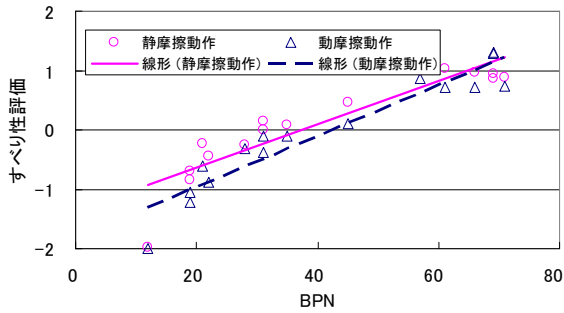


図9 すべり性評価とBPNの相関

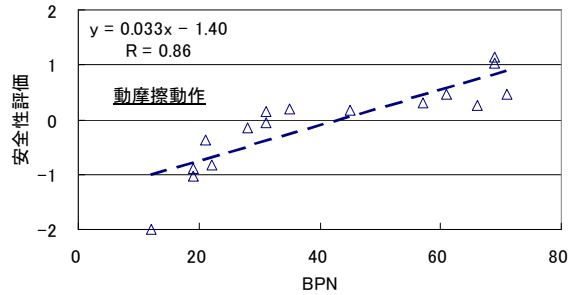


図13 BPNと安全性評価の関係

#### 4. 各試験機による目標値の設定について

図 10～図 13 にすべり抵抗値と官能検査結果の関係を示す。これらは、表 2 において、各試験機、評価項目で相関係数が高い方の動作のものである。

官能検査においては、官能検査結果が 0 (どちらでもない) 以上のとき、すべりにくい傾向にある、もしくは安全な傾向にあると考えられるため、その時のすべり抵抗値が目標値(下限値)となる。図 10～図 13 の近似直線と官能検査結果が 0 になる交点の X 軸座標(目標値)を求めると表 3 のようになる。

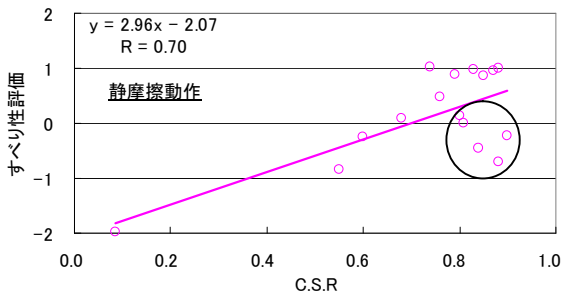


図10 C.S.Rとすべり性評価の関係

表 3 各試験機での目標値

官能検査 評価項目	すべり試 験機	動作	目標値
すべり性	小野式	静摩擦	0.70
	振り子式	動摩擦	42
安全性	小野式	静摩擦	0.73
	振り子式	動摩擦	43

すべり性に関する目標値は、C.S.R.0.70, BPN42 となるが、C.S.R.では、図 10 中の○の位置に分布するデータがあることから、C.S.R.が高くても被験者は官能検査ですべりやすいと感じている。そのため、すべり性を評価する場合には小野式試験機は適していないと考えられる。

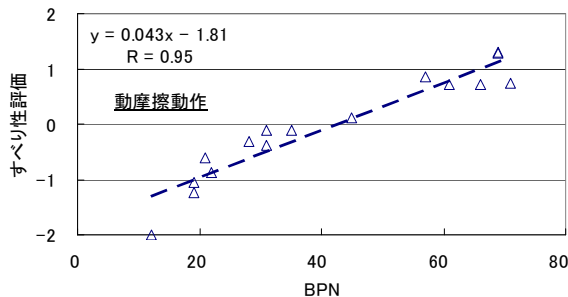


図11 BPNとすべり性評価の関係

また、安全性に関する目標値は、C.S.R.0.73, BPN43 でありすべり性とほぼ同じ値が得られるが、C.S.R.では、図 12 中の○の位置に分布するデータがあることから、C.S.R.が高くても、被験者は官能検査で危険と感じている。そのため、すべり性と同様に小野式試験機で安全性を評価するのは適していないと考えられる。

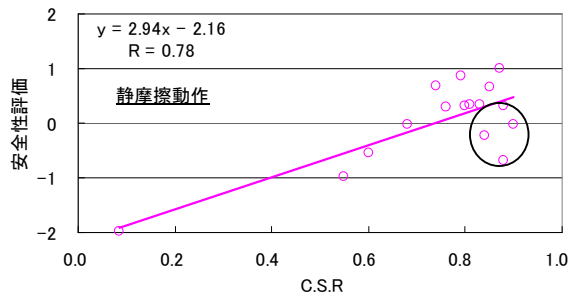


図12 C.S.Rと安全性評価の関係

図 10, 図 12 中○の P5, 6, 10, JIS, 平面は、C.S.R.が高いにも関わらず、すべり性評価、安全性評価が低い、これらは表面が比較的平坦であり、ゴムの引っかかりが起りにくくなっている。そのため、引っかかりよりも鋳物表面の粗さが C.S.R. に大きく影響を与えるためと考えられる。官能検査においては、引っかかりが少ないためす

べりやすいと感じる傾向があるためと思われる。  
よって、小野式試験機においては、平坦なものを評価する際に人間の感覚と相違があると考えられる。

振り子式試験機によるすべり性評価では BPN42 以上ですべりにくく、安全性評価では BPN43 以上で安全と考えられるが、図 13 において BPN が 70 以上になると引っかかりのために安全性評価が低くなる可能性がある。今回参照用試験片として用いたアスファルト、コンクリートの BPN は 69 であり、P8 の BPN71 はあるもののマンホールではこれらより大きく BPN が上回る可能性は極めて低く上限を BPN70 としても問題はないと考えられる。

以上の結果より、安全性を考慮して振り子式すべり試験機において BPN45～70（目標値）の範囲ですべりにくく、かつ安全であると結論付けられる。

## 5. まとめ

マンホール蓋を模擬した試験片について、すべり試験機および官能検査によりすべり性および安全性の評価を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 静摩擦動作におけるすべり性官能検査は、小野式試験機のすべり抵抗値と相関性が高い。
- (2) 動摩擦動作におけるすべり性官能検査は、振り子式試験機のすべり抵抗値と相関性が高い。
- (3) すべり性評価と安全性評価の結果を比べると引っかかりを有する形状のものは、安全性が低くなる傾向が見られる。
- (4) 小野式試験機は、引っかかりの影響の少ない（平坦で表面粗さの影響を受けやすい）マンホール蓋のすべり性の評価には適していない。
- (5) 振り子式試験機で、すべり抵抗値 BPN45～70 の範囲にあれば、すべらなく、かつ安全である。

## 参考文献

- 1) 武藤芳照ほか：“転倒予防教室”。日本医事新報社，p11-17 (2002)
- 2) 社団法人日本道路協会：“舗装性能評価法 別冊”。丸善株式会社，p193-204(2008)
- 3) 神戸市：“神戸市バリアフリー道路整備マニュアル”。p61(2002)
- 4) 村井哲夫ほか：“舗装材の滑り抵抗調査について”。大阪市建設局業務論文報告集（第1分冊），p107-115 (1993)
- 5) 田中輝栄ほか：“歩行者系道路舗装における快適性と安全性の評価”。東京都土木技術研究年報，p15-26(1989)
- 6) 達下文一ほか：“歩行者系道路舗装の総合的評価”。東京都土木技術研究年報，p15-24(1986)
- 7) 小森谷一志ほか：“歩行者系舗装の歩きやすさの評価手法に関する研究”。第2回舗装工学講演会講演論文集，p181-188 (1997)
- 8) 久下晴己ほか：“歩道舗装材料のすべり抵抗性に関する研究”。土木学会論文集，No.641/V-46，p15-28 (2000)
- 9) Kazuo Yada et al.：“A Standard of Slip Resistance for Pedestrian Road Pavement”。Osaka and Its Technology, No.34, p12-16 (1999)
- 10) 日本下水道協会：“下水道用鑄鉄製マンホール蓋 JSWAS G-4”，p31-32(2005)
- 11) 日本工業標準調査会：“JIS A5506 下水道用マンホールふた”。日本規格協会，p6-7(1995)
- 12) 丸林良嗣ほか：“床・舗装路面におけるすべり防止技術および測定機器に関する調査”。三重県科学技術振興センター工業研究部研究報告書，31，p100(2007)
- 13) 日本工業標準調査会：“JIS Z9080 官能評価分析—方法”。日本規格協会，p9-14(2004)

（本研究は法人県民税の超過課税を財源としています）