

ISSN 0386-4332

岐阜工業高等専門学校紀要

第 42 号

MEMOIRS

OF

GIFU NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY

No.42

2 0 0 7

岐阜工業高等専門学校

岐阜高専紀要

Contents

Research Report

Performance in Photograph-format Questions of Listening Test by Third-year Students at a College of Technology	Hidetoshi INOUE... 1
Geographical Education for studying Geographical Issues: —Achievements and Problems of the Reforming of 1970s' Secondary Geographical Education in the United Kingdom—	Naoyuki ITO... 5
Political Activities of Noshima-Murakami Family in Eiroku and Genki Age	Hiroki YAMAMOTO...162
Time Dependent Nonlinear Evolution Equations and Their Applications	Takesi FUKAO... 15
The Parameters on the Reverse Guidance for a Material Point of Servo System to the Origin	Tetsuyuki IKEDA... 25
The Guidance for a Material Point of Servo System in a State of Fall by the Disturbance to the Arbitrary Point	Tetsuyuki IKEDA... 35
Period-doubling Bifurcation in Magnetoconvection	Hirofumi MORIGUCHI... 45
Bifurcations in Magnetoconvection	Hirofumi MORIGUCHI... 49
Anisotropy of the Fracture Toughness for Rolled Metallic Materials	Hisakazu OGURI... 53
An Analysis of Grain Size and Grain Shape in the Casting Sand by Image Analysis	Minoru YAMADA and Masashi HASHIURA... 59
Theoretical Analysis of Detectability in Digital Radiographic Images	Isao YAMADA, Kazuo TANAKA and Du-Yih TSAI... 63
Diagnosis of Hydrophobicity of Polymer Insulator Using Image Analysis	Tetsuro TOKORO... 67
Diagnosis of Surface Degradation of Polymer Materials Using Dielectric Measurements	Tetsuro TOKORO... 73
Modification of PS-r* for Partially Observable Markov Decision Processes	Makoto YASUDA and Kazuyuki MURATA... 79
An Application of Clustering-Based Competitive Co-Evolutionary Method for Two-Players Games	Makoto YASUDA and Yoshiharu TSUJI... 83
Development of a Blind Source Separation System	Tetsuya FUKUNAGA, Kenji KAMIYA and Kazuhiko FUJITA... 87
A Study of Recognition Method of Facial Images in Two Directions using Values of Higher Order Limited Part Autocorrelation Function	Yuji HATANAKA... 91
Positioning Control of a Flexible Arm Using H_∞ Servo System	Takahiko MORI, Shigeki NAKAMURA, Katsuhiko FUWA, Yoshifumi MORITA and Hisashi KANDO... 95
A Practical use of GIS 3D Data and Aerial photographs	Yasukuni TSUMURA...101
The Science and Engineering Analysis of Boring Soil Sample Obtained from the Coastal Areas of the Nobi Plain	Yuji YOSHIMURA...105
Mechanical Stability of Reborn Gutter	Yasuyuki HIROSE...111
A Study on Implementation of Windows based Grid System Using Educational Computer Sets	Ryoichi SHIBATA...117
Note	
A Consideration for Composition Tasks in English Classes	Taichi KAMEYAMA...123
A Basic Study on the English Revolution (11) —The Influence of Revisionism on the Studies about the Urban History—	Keiji KUBOTA...129
Animated Teaching Simulations Made by <i>Mathematica</i> for Studying Electromagnetism	Masashi FUJIGAKI and Yasuko FUJIGAKI...135
Efficient Procedure for Solution of Boundary Problems in Elast-Plast Mechanics	Kohzoh KATOH...141
A Study on the Advanced Fluid Dynamics Education Applied for Aerospace Engineering	Jun NAKAYA...147
An Attempt to Support After-Class Hour Learning by Using Moodle	Hirobumi YAMADA...151
The outline of the Research Activities of the Staff	163

リボーン側溝の力学的安定性

廣瀬 康之*

Mechanical Stability of Reborn Gutter

Yasuyuki HIROSE*

Synopsis

Reborn gutter is a newly developed U pattern gutter. Its structural characteristics features the curved side in which the body and the upper member contact, therefore the loaded upper member is supported not at point but curved surface. This new model is said that it has higher strength, because the load is divided into both vertical and horizontal elements by supporting the upper member with the curved surface on top of the body. This paper describes the mechanical stability of reborn gutter. Calculating stability, it is clarified that the friction on the contact surface of the body and the upper member influences its mechanical stability.

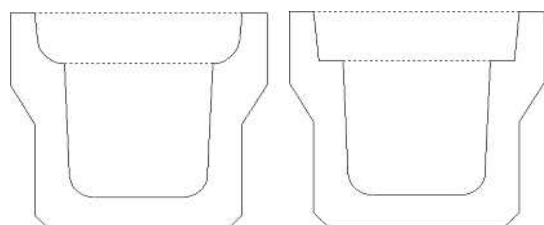
1 序論

本研究の対象となるリボーン側溝とは新たに開発された U 型側溝のことである。その構造的特徴は側溝本体と蓋との接触面を曲面にしたことにある。この構造により、従来型の側溝に比べて改善された点がいくつか挙げられる。

構造的要因により、騒音の発生が激減する。

本体と蓋の間に土砂等が入ってもガタツキがなく、むしろ安定させる要因となる。

曲面になっているため蓋の取り外しが容易である。



(a)リボーン側溝 (b)従来の側溝

図1-1 リボーン側溝と従来型の側溝¹⁾

従来品では移動荷重が作用した際、蓋部が平面支持となるため不安定で揺らぎやすく、著しく騒音が発生して問題となっていた。従前の現場打ち側溝もさる事ながら、二次

製品側溝の蓋も騒音が発生している。コンクリートで完全な平面に仕上げることは殆ど不可能であるからである。しかもいったん音が出始めるとコンクリート面同士が打ち合うため、蓋と蓋受け部の隙間が益々大きくなり、小石や土などを取り除いても騒音は止められなくなってしまふ。しかしリボーン側溝は、従来のような平面あるいは4点支持ではなく、曲面支持であるため、荷重が作用しても蓋と本体が曲面に沿って接することにより常に蓋が本体に支持され安定するため、騒音の発生を抑えることができる。

全国リボーン側溝工業会の加盟企業によるリボーン側溝の強度確認試験の結果を、事務局である有限会社リタッグより得て確認したところ、従来型に比べリボーン側溝は明らかに強度が高いという結果であった。従来型の側溝に荷重をかけ続けていくと、かけた荷重が全て鉛直荷重となり蓋受け部分が圧壊してしまう。しかし、リボーン側溝の場合、従来型と同じ条件で荷重をかけ続け、従来型が圧壊した載荷量を越えてもひび割れは発生したが破壊は見られなかったと記述されていた。この原因として、リボーン側溝の最大の特徴ともいえる蓋受け部分が曲面であることが大きく関係している。

蓋受け部分を曲面にしたことにより、蓋部にかかる荷重が側溝本体に上手く伝達されるようになった。このため、今まで圧壊の原因であった局所的な鉛直荷重が分散化し、従来型に比べても強度が増加した。

上記の理由より鉛直荷重による破壊の可能性は低くなっ

* 環境都市工学科

た。しかし曲面支持にしたことにより、水平荷重が発生し、そこから側溝本体の開きによる破壊につながるのではないかと考えられる。過去の研究¹⁻⁴⁾によると、荷重が大きくなっていくと水平荷重の増加は少なくなっていくという結果が得られている。

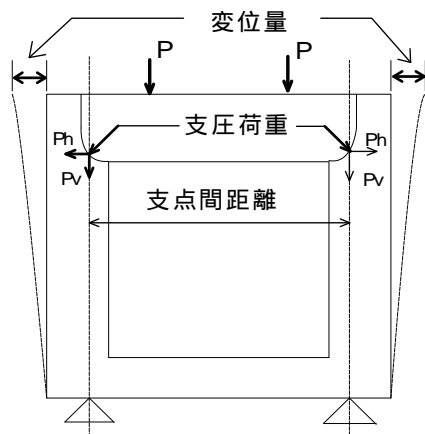


図1-2 実験モデルの荷重状態¹⁾

リボーン側溝はすでに全国で供用され始めているのにも関わらず、その構造的特徴である曲面支持の解析が未だ完全には行われていない。過去のリボーン側溝に関する研究では、単純な二点荷重での解析や、水平荷重による側溝本体の開きと、蓋と本体との接触点の変化の関係などが挙げられていた。本研究では、リボーン側溝における蓋部の安定性について現状での課題と対応策について検討する。

実用されていく中で、側溝にかかる荷重は実験で行ったような二点荷重だけではない。様々な形で荷重される。例えば、大型トラックのような大きな荷重が蓋の端部に荷重されるとどうなるのだろうか。蓋が滑り転倒する恐れは全くないのだろうか。また、摩擦の影響はどれほどのものなのか。過去の研究より、中央部に荷重がかかっても水平荷重と変位量の増加率は次第に減少していく傾向が確認され、このことより安全側の挙動を示すことが分かっている。そこで本研究では偏心荷重における安定計算を行い、側溝にどのような影響があるのか検討を行う。静摩擦係数についても実際のコンクリートの実測値を用い、さらに大小の値を含めて設定し、実物での安定性を確かなものにする。実際の側溝でどのような状況の時にどのような状態になるのか、その様子を確認し安定性を検討することを目的としている。

2 リボーン側溝における蓋部の課題

全国リボーン側溝工業会が主催する技術部会に参加したり、事務局へ寄せられた事例を基に、リボーン側溝の蓋部の安定性に関わる諸問題を挙げ、対応策を述べる。

2.1 ローリング（延長方向を軸とする回転）

図2-1は概念図であるが、蓋が回転するには、回転の中心および回転力が存在し、かつ不安定となる向きが勝るときである。変位が大きくなるにつれ、ズレ、転倒となる。

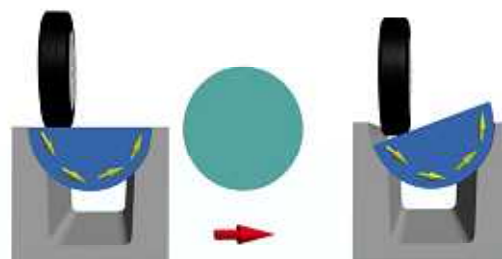


図2-1 蓋のローリングのメカニズム⁵⁾

このローリングについては全国リボーン側溝工業会の技術部会でも大きな課題として検討されている。図2-2のように本体が蓋を支持する曲面部で支圧応力が分散し、摩擦抵抗力が働く。蓋部から本体に作用する力と、本体が蓋を支える力は作用反作用の関係にある。蓋の曲面部にあたる左右の支点より中央部に外力の作用点があれば基本的に回転しない。蓋の回転の中心は、蓋下部の曲面（半径 r ）の中心であり、自重と摩擦力により、蓋の回転に関するモーメントにより求められる。力学的検討、安定計算についての詳細は後述する。

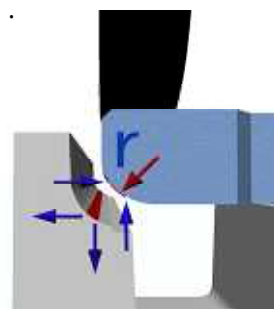


図2-2 リボーン側溝の蓋の曲面支持部⁵⁾

ここで最も問題になるのは蓋の転倒につながる要素の解明と安全を保つことである。曲面が設計したとおりになっていない場合、又は蓋が全体として円形のすべり面ができ、中央に回転中心点が生じるような場合、回転する可能性が高くなる。曲面が削られて滑りやすくなると回転しやすくなる。設計通りの曲面が保たれている場合は、外力と自重により水平荷重も増し、支圧応力すなわち抵抗力が増し、比例関係にある摩擦力が増大し、安全な方向に働く。

次に側溝本体の天端の破損について挙げる。道路と側溝が同じ高さで施工されていない（図2-3）。道路が側溝より沈み、側溝本体の天端が破損（図2-4）。こうなると蓋が破損した側溝の天端を支点に浮き上がる可能性がある（図2-5）。これらは蓋の端側に荷重が作用するほど危険であり、車両が側溝を横断する場合でも可能性がある（図2-6）。側

：リボン側溝の力学的安定性

溝本体の天端の修理を早急に実施して危険回避に臨むべき事態である。

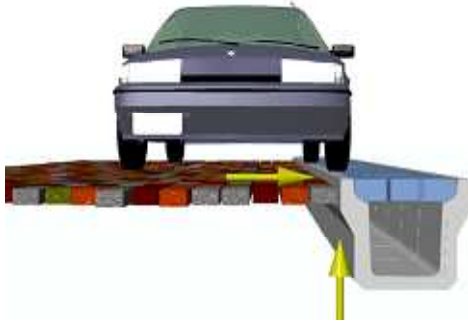


図2-3 道路が側溝の高さの相違⁵⁾



図2-4 道路が側溝より沈み、側溝の天端が破損⁵⁾

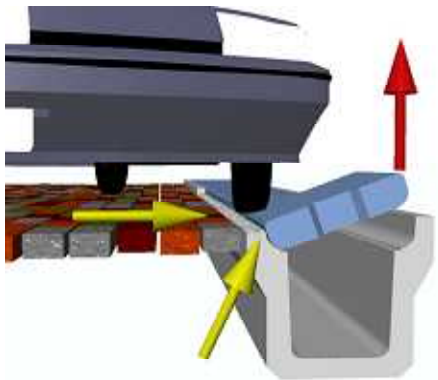


図2-5 側溝の天端の破損による蓋の浮き上がり⁵⁾



図2-6 天端が破損し車両が横断する場合⁵⁾

2.2 ピッチング（延長と直角で水平方向を軸とする回転）

側溝本体の角折れによる目地部に蓋が掛かった状態（図2-7）、上り坂の頂上付近または側溝施工不良による蓋の目地掛り（シーソー化現象、図2-8）、上り坂の上り口付近、下り坂の末端または側溝施工不良による蓋の目地掛り（図2-9）では、蓋が不安定な揺らぎやすい状態となり、騒音を発生する可能性がある。

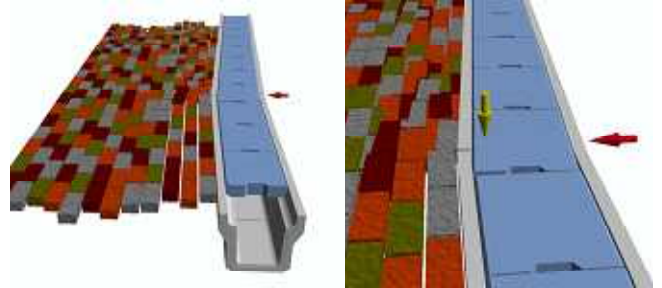


図2-7 側溝本体の角折れ（水平面）による目地部⁵⁾

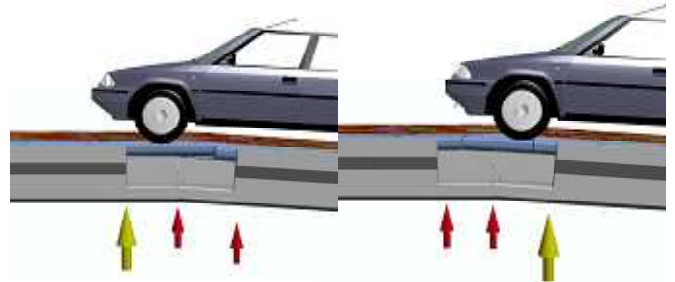


図2-8 シーソー化現象⁵⁾

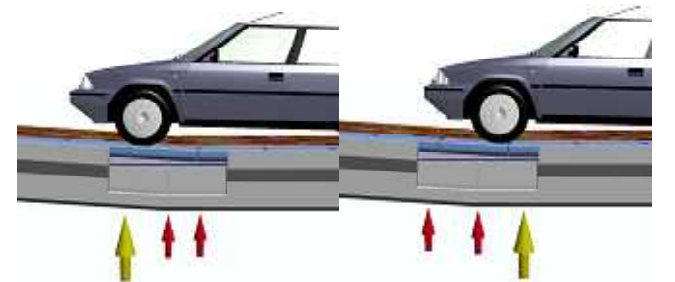


図2-9 上り坂の最初、下り坂の末端での蓋の目地掛り⁵⁾

また以下に挙げる蓋ずれと呼ばれるものもある。坂道の状態では、自動車のタイヤが蓋を坂道の下り方向へずらす。ずれた蓋が目地部に載るとピッチングの原因にもなる。

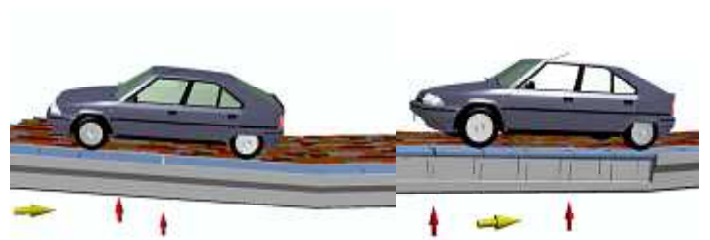


図2-10 タイヤが蓋を下方にずらす蓋ずれ⁵⁾

廣瀬：

敷設やメンテナンスの容易性から、蓋の延長につき上側を長く下側を短くなるよう、蓋の両端面を垂直にせず若干の勾配を入れる。これをテーパーと呼ぶ。蓋のテーパーが大きい、蓋と蓋同士の隙間が大きい、側溝本体(自由勾配型)と蓋の隙間が大きい状態であると、ピッチングが起きやすい状態となる。逆にピッチングが起きにくい状態とするには、蓋と蓋の隙間が狭い、蓋と側溝本体(自由勾配型)の隙間が狭い、テーパー傾斜度が小さいと言う状態となるように配慮する。

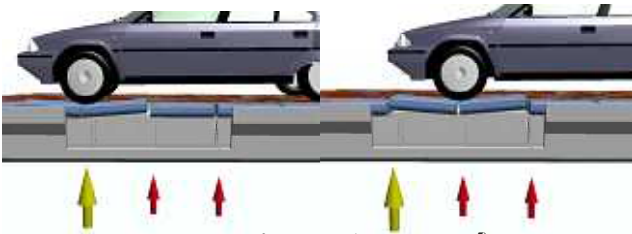


図2-11 ピッチングとテーパー⁵⁾

2.3 底面接触

騒音発生の要素として、図2-12のように底面接触も考えられる。側溝と蓋の接触部が底面で接触することである。リボーン側溝の特徴である蓋の曲面支持とはならず、従来の4点支持に近い状態となり、揺らぎやすく騒音が出やすい状態である。その原因として、側溝と蓋の型枠の組み合わせが不適當であったり、その他経年経過の摩擦も考えられる。

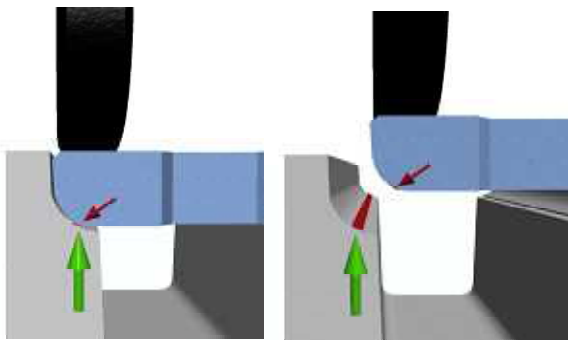


図2-12 底面接触⁵⁾

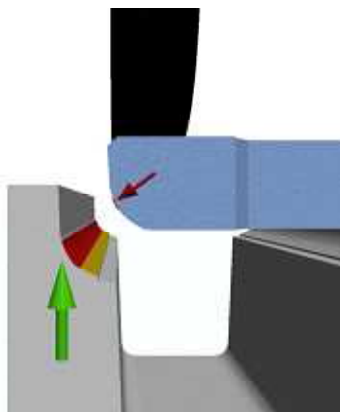


図2-13 底面接触の解決策⁵⁾

底面接触の解決策として、支持する曲面での支圧、支持を保つため、まず側溝と蓋の型枠の組み合わせを統一し、使用材料にも留意する。図2-13のように接触部を側溝の底面部から出来る限り側面部にする。蓋型枠(平打ち)の側面をやや開きぎみに修理して直すことも考えられる。

3 蓋部の安定性に関する力学的検討

3.1 安定計算

偏心した荷重に際して、実際のリボーン側溝の寸法により安定計算を行った。計算に用いた式と方法を以下に示す。
(1) コンクリートの摩擦係数を計測する。その際、側溝に適した静摩擦係数を検討するためコンクリートの粗面同士、滑面同士で測定を行う。参考のためにエポキシ樹脂の静摩擦係数も同様に測定する。5回以上安定した値を得られたら平均し、その値を用いる。

(2) 安定計算を行うために必要な箇所を全国リボーン側溝工業会の資料より引用する。解析のモデルは図3-1のようである。今回、蓋下部の丸みの中心点Oのまわりのモーメントから安定計算を行うため、蓋中央から点Oまでの距離と蓋下部の丸みの半径、そして蓋の重量を用いる。

(3) 点Oのまわりのモーメントを求める。荷重に関しては、道路橋示方書⁵⁾より図3-2のようなT荷重(T-25)を用いる。図3-1には集中荷重として示してあるが、T荷重は分布荷重であるため、合力の作用位置に換算荷重として計算する。点O上から蓋の最端部に向かって偏心させていき、安定が不安定の状況を確認する。

(4) (3)と同様に静摩擦係数を変えて繰り返す。モーメントを求める際に用いる式を次に示す。

$$M = W \cdot l + \mu \cdot N \cdot r - P \cdot a \quad (3-1)$$

$$N = (P+W) / \cos \quad (3-2)$$

M: 点Oまわりのモーメント(正ならば安定), W: 蓋の重量, l: 蓋中央から点Oまでの距離, μ : 静摩擦係数, N: 抗力, r: 蓋下部の丸みの半径, P: 作用した荷重, a: 偏心距離, θ : 抗力の角度

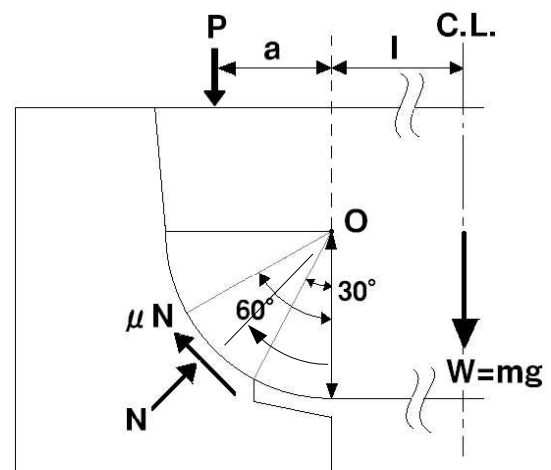


図3-1 載荷時の接触面付近の状態

：リボン側溝の力学的安定性

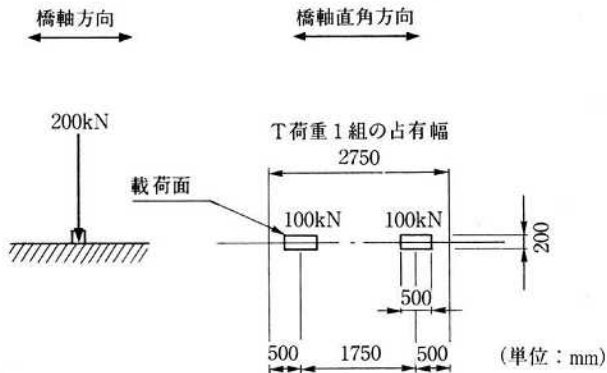


図 3-2 T 荷重(T-25) 6)

表 3-3 安定計算(エポキシ樹脂 $\mu=0.43$)

No.	a (mm)	M (N·m) M>0のとき安定		
		T-25並進	T-25横断	T-25*5
1	0.0	689	1591	3093
2	5.0	535	1204	2319
3	10.0	400	868	1646
4	15.0	286	581	1073
5	20.0	191	344	600
6	25.0	116	158	227
7	30.0	62	21	-46
8	35.0	27	-65	-219
9	40.0	12	-102	-292
10	45.0	18	-88	-265
11	50.0	43	-25	-138
12	55.0	89	89	89

3.3 安定計算の結果

前節で述べた方法により, 300mm×300mm 断面のタイプを選定し, $l = 150\text{mm}$, $r = 55\text{mm}$, $W = 500\text{N}$ (質量 51kg) として安定計算を行い, その結果を表に示す.

表 3-1 安定計算 (コンクリート粗面 $\mu=0.91$)

No.	a (mm)	M (N·m) M>0のとき安定		
		T-25並進	T-25横断	T-25*5
1	0.0	1375	3282	6461
2	5.0	1160	2743	5383
3	10.0	964	2255	4405
4	15.0	789	1816	3527
5	20.0	633	1427	2749
6	25.0	497	1088	2071
7	30.0	382	799	1493
8	35.0	286	560	1016
9	40.0	211	371	638
10	45.0	155	232	360
11	50.0	119	143	182
12	55.0	104	104	104

表 3-2 安定計算 (コンクリート滑面 $\mu=0.65$)

No.	a (mm)	M (N·m) M>0のとき安定		
		T-25並進	T-25横断	T-25*5
1	0.0	1004	2366	4636
2	5.0	821	1910	3724
3	10.0	659	1503	2911
4	15.0	516	1147	2198
5	20.0	394	840	1585
6	25.0	291	584	1072
7	30.0	208	378	660
8	35.0	146	221	347
9	40.0	103	115	134
10	45.0	81	58	21
11	50.0	78	52	8
12	55.0	96	96	96

なお今回, 安定計算の上で最も不利になる状態について考えている. 図 3-1 において片側が既に浮き上がった状態を想定しているが, 図で省略された側の支持がある場合は自ずと安定状態となる. また文献 1)~4)において, 荷重が増大すると支持部は下方になり の値が小さくなる. さらに抗力 N の値も小さくなり, 安定側に作用する摩擦抵抗 μN の値も小さくなる. その極限の状態として -30° とした.

静摩擦係数を調べる際, コンクリートの粗面同士, コンクリートの滑面同士, エポキシ樹脂板同士の 3 種類について測定した. それぞれ静摩擦係数は $\mu=0.91$, $\mu=0.65$, $\mu=0.43$ という値が得られた. これらを基に各状態における安定計算をしてまとめた結果が, 表 3-1, 表 3-2, 表 3-3 である.

計算において, 荷重の状態を 3 通り設定した. 「T-25 並進」は, 大型貨物車が側溝の延長と平行方向に進行しようとしている状態である. 「T-25 横断」は大型貨物車が側溝を直交して横断しようとする状態である. これら 2 パターンは, T 荷重が大型貨物車のタイヤによる荷重をモデルにしているため扁平しており (図 3-2), 偏心した部分荷重の場合は側溝に対する荷重の大きさが異なる. また「T-25*5」は参考のために, 簡易的に動的荷重を評価する目的で, 並進の場合の 5 倍にあたる荷重レベルになるよう安全率を 5 とした計算値である.

3.4 安定計算の考察

コンクリート粗面 $\mu=0.91$ の状態では, 表 3-1 より, 並進, 横断, 荷重レベル 5 倍とした場合のいずれの場合も, 安定度が高いことが確認できる.

コンクリート滑面 $\mu=0.65$ の状態では, 表 3-2 より, 並進, 横断, 荷重レベル 5 倍とした場合のいずれの場合も, 安定していることが確認できる. これらより, コンクリートの場合は, 大型貨物車の通行によっても蓋の回転, 浮き上がりが起きる可能性が極めて低いことがいえる.

エポキシ樹脂板 $\mu=0.43$ の状態では, 表 3-3 より, T 荷重

が並進の場合は、いずれの位置でも安定している。しかし、荷重条件を厳しくした横断の場合、荷重レベル5倍とした場合は一部で不安定となる所が見られる。この分布が興味深い様相を呈しており、タイヤが蓋の縁端から20mmから40mmの間に差し掛かった地点で最も不安定となる。これは実は張出梁の張出部分への荷重が主となっている。

a=55mmのときは、タイヤの接地面の端が蓋の上に差し掛かる所となり実際に荷重は殆ど加わっていない状態である。そのためMは自重による安定性を示している。

摩擦による影響は極めて重要といえる。摩擦が小さくなるような際には注意が必要であろう。例えば鋼製のグレーチングなどでは、コンクリートよりも摩擦が小さくかつ比較的自重が軽いと思われるので、別途考慮する必要があると思われる。

今回、比較対照としてエポキシ樹脂を用いたが、光弾性実験¹⁻⁴⁾においてモデルを制作した材料である。同モデルを用いて偏心荷重について実験を行おうとした際に、安定計算の通りに、荷重を試みると蓋部が不安定となったことを述べておく。

4 結論

リボーン側溝における曲面支持において、様々な課題を調査検討することが出来た。過去の実験データ¹⁻⁴⁾を参考にし原因と結果を確認した。さらにT荷重による偏心荷重について、各地点での安定性を摩擦による影響も考慮して研究を行った。これらの結果をもとに今回の研究をまとめると次のことがいえる。

曲面支持の蓋部の取り扱いについて、多くの提言が出来た。ピッチングには本体との関係に置いて対策が可能であるし、ローリングについては、形状と素材による摩擦から対策が考えられよう。

蓋底部と本体の蓋受け部の摩擦による影響が大きいことが予想されるが、一般的にコンクリートの摩擦は比較的大きいので安定度は高い。静摩擦係数の低い状態になると配慮が必要である。

本研究により、曲面支持の新たな利点と欠点が明らかとなった。利点としては摩擦を有効に導き出すという大きなメリットである。また欠点としては張出部を有するという点であるが、むしろ蓋部の強度としては有利といえる。

摩擦と荷重条件など、どのような状態で不安定になるか確認することが出来た。今後素材毎の検討が必要であろうし、形状的にローリングを防止する方法などの開発も望まれる次第である。

最後に今回の研究により、より継続的に安定性の高い、即ち静粛性も高い側溝の開発・発展の一助になればと思う。

《参考文献》

- 1) 加賀谷操:リボーン側溝における曲面支持の光弾性実験による応力解析, 岐阜高専卒業論文, 2001.2.
- 2) 各務聡子:リボーン側溝における曲面支持の変位と荷重の関係, 岐阜高専卒業論文, 2002.2.
- 3) 石原大志:リボーン側溝に偏心荷重がかかった場合の応力分布や安定性, 岐阜高専卒業論文, 2004.2.
- 4) 廣瀬康之: 光弾性実験によるリボーン側溝の蓋部に対する加重および偏心荷重がかかった場合の応力分布や安定性, 全国リボーン側溝工業会 報告論文, 2004.3.1
- 5) 原文男: C G制作, 株式会社カムイネット, 2003.
- 6) 社団法人日本道路協会: 道路橋示方書・同解説(共通編), 2002.3.7.

紀要編集担当者（○印は代表）

- 教授 池田 徹之（専門基礎）
助教授 柴田 純子（人文）
助教授 山本 浩貴（自然）
助教授 小川 信之（専門基礎）
助教授 山田 実（機械）
助手 高野 浩貴（電気情報）
助手 畑中 裕司（電子制御）
助教授 廣瀬 康之（環境都市）
助教授 鶴田 佳子（建築）

岐阜工業高等専門学校紀要

第 42 号

平成 19 年 2 月 20 日 印刷

平成 19 年 3 月 1 日 発行

編集・発行者 岐阜県本巣市上真桑2236-2
岐阜工業高等専門学校
TEL<058>320-1211

印刷者 岐阜市岩崎1丁目12-3
昭和ふりと
TEL<058>294-8781
