

SEP. 1984

RIIS-RR-32-4

UDC 621.876 : 69.057

産業安全研究所研究報告

RESEARCH REPORT OF
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

RR-32-4

ゴンドラ用跨座式突梁の安定性

河 尻 義 正
森 宜 制

労働省産業安全研究所
MINISTRY OF LABOUR
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

ゴンドラ用跨座式突梁の安定性

河 尻 義 正*
森 宜 制**

Stability on the Saddle-type Beam for Powered Platform

by Yoshimasa KAWAJIRI*
Yoshitada MORI**

Recently, the temporary powered platform came into use as hanging scaffold in many working sites for the maintenance of exterior buildings or structures.

The saddle-type beam, as shown in Fig. 1, is used to suspend a working platform of powered platform from the rooftop of buildings. This is a kind of spacer which is put on the rooftop parapet of building to keep constant space between the wall of building and a working platform.

This beam, in its usual use, is not anchored to the parapet, therefore it may turn round or fall away from the parapet if the method of installation is inappropriate. Accidents on powered platform, this caused by the beam, are on the increase, and it is reported workers were wounded or killed as the result of such accidents.

In the meantime, provisions for installation of the beam are not contained in the relevant Japanese laws and regulations for occupational safety, and the need for such is keenly felt.

The purpose of this study was to clarify conditions of stability of saddle-type beam.

Following theoretical analysis, equations were obtained to stabilize essentially the saddle-type beam, and from the result of a computer simulation for those equations and model experiment, the conditions of essential stability for the saddle-type beam are summarized as follows. (see also Fig.11)

$$(1) \quad l_2/l_1 > 1$$

$$(2) \quad \alpha_m = -49.7(1_2/l_1) - \beta_m + (113 \sim 123) \quad \alpha_m, \beta_m : \text{in degree}$$

(1) is for the condition of the beam itself and (2) is for its installation.

1. ま え が き

主として仮設ゴンドラ*1を建物等の壁面に沿って吊り

* 土木建築研究部 (Civil Engineering & Architecture Research Division)

** 所長 (Director-General)

*1 ゴンドラ安全規則でいう可搬デッキ型ゴンドラ

下げる際、吊り下げ用のワイヤロープを上部で支持するため、建物の屋上等に支持構造物を設けるが、この構造物を総称して突梁と呼んでいる。このうち建物等の壁面と吊り下げ用ワイヤロープの間隔を一定に保つと共にワイヤロープを保護する目的のため、建物屋上のパラペット等に設置する方式のものを跨座式突梁と呼んでいる。

現在多く用いられている跨座式突梁は、鋼製で Fig. 1 に示すように、垂直材、水平材及び加圧板等を溶接した

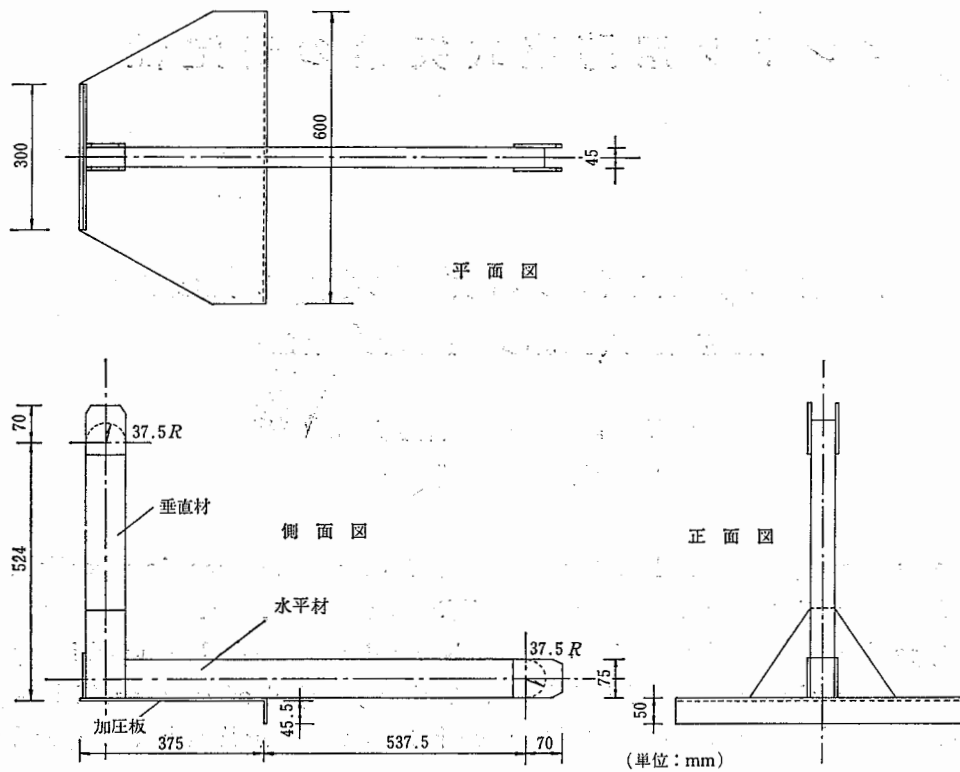


Fig. 1 Saddle-type beam.
跨座式突梁の一例

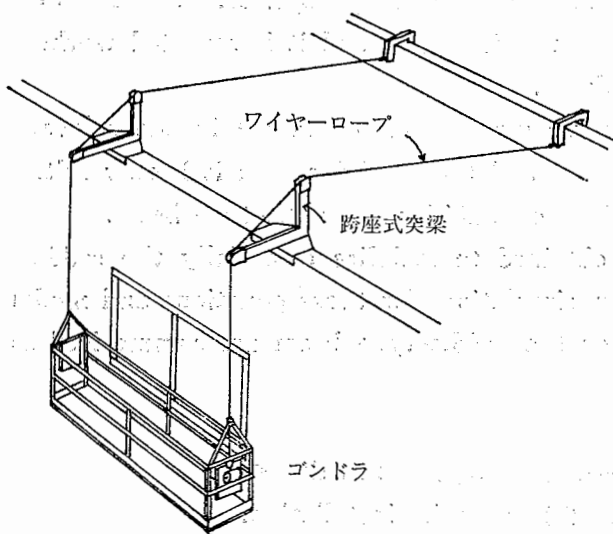


Fig. 2 Example of installation of Saddle-type beam
跨座式突梁の設置例

構造である。

この突梁の使用方法は、突梁をパラペット等に設置し、各材材端にワイヤロープを架け渡し、その一端を吊り下げ用ロープとして作業床に、他端を控えロープとして建物屋上の支点に取付けるもので、一例を Fig. 2 に示す。

跨座式突梁は、軽量でどこにでも簡単に設置できる反面、それ自身パラペット等に固定されておらず、作業床を吊り下げて始めて安定する構造である。そのため一度設置方法を誤ると、突梁が回転又は脱落し、ゴンドラが傾いたり、落下したりする危険がある。

一昨年から昨年にかけて、仮設ゴンドラの事故が連続して発生しているが、その中には跨座式突梁の不安定性が原因と考えられるものも見られる。仮設ゴンドラの普及にとともに、今後この種の事故は増加するものと思われる。ゴンドラ事故は、場所柄死亡災害や一般歩行者を巻き込む公衆災害となる可能性があり、早急に設計基準、使用基準等を作成する必要がある。

本研究は、シミュレーション及び模型実験により跨座式突梁の安定性を明らかにし、突梁の設計及び設置上の安全条件を求めることを目的としている。なお、ここで扱っている安定性は、Fig. 1 の側面内における安定性である。

2. 本質的安定

跨座式突梁の安定には二通りの安定がある。その一つは、Fig. 1 に示す垂直・水平両部材先端の円弧状部分とロープとの間の摩擦によるもので、他の一つは、たとえ

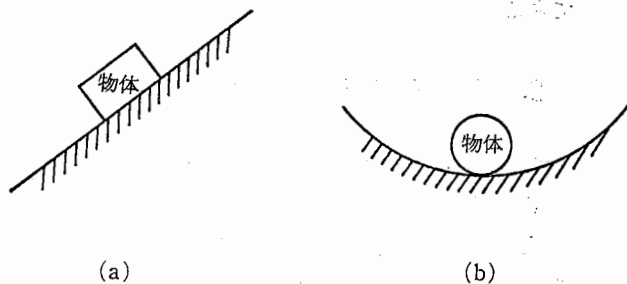


Fig. 3 Two types of stability.
2種類の安定

摩擦がなくても安定が保たれるもので、今これを本質的安定と名付ける。

これら二つの安定は、Fig. 3(a)の斜面上の物体の安定と同図(b)の凹面上の物体の安定とに対応させることができる。

前者では摩擦がなくなれば物体は静止できないが、後者では摩擦がなくても物体は常に凹面最下点の位置を保持しようとする。したがって後者の方が本質的に安定であるということが出来る。この本質的安定の例として弥次郎兵衛や起き上り小法師があり、これらはいずれも多少傾いても直ぐ元へ戻ろうとする機能を備えており、これが本質的安定の原則である。

跨座式突梁にとっても本質的安定は非常に望ましいので、以下にそのような安定性が生ずる条件を求めたい。

跨座式突梁の模式図を Fig. 4 に示すが、同突梁は二つの辺長を r_1 及び r_2 とし、その交角の外角を β とする三角形 ABC と両辺端の半径 r_3 の円で表すことができる。又この突梁を実際に設置した状況を Fig. 5 に示す。同図において突梁が点 A のまわりに回転する場合*2、上記の摩擦がないものとする、一般に吊荷（ゴンドラ作業床）はその回転に応じて上昇又は下降する。このような場合において、もし吊荷に最下点が存在するならば、同突梁は本質的な安定性を有することになる。何故なら、このような最下点に吊荷が位置するように突梁を設置した場合、もしその突梁が右廻り

*2 実際には、突梁は、幅のあるパラペット等に乗っているもので、1点の回りを回転することにはならないが、 r_1, r_2 に比較して支点幅が狭い場合には、このように考えてさしつかえないものと思われる。

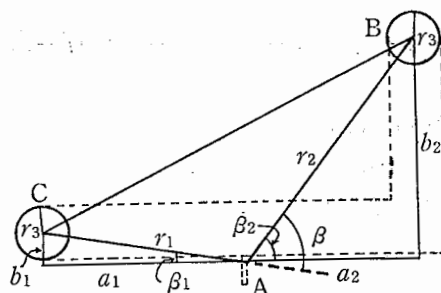


Fig. 4 Symbolization of Saddle-type beam.
跨座式突梁の諸元

左廻りの回転方向を問はずわすかでも回転すると、吊荷が持ち上がり、それを元に戻そうとする働きが生ずるからである。

今、Fig. 5 において、 $\triangle ABC$ 、円 B 及び円 C を点 A のまわりに回転できる跨座式突梁、P を控えロープの礎着点、Q を吊り下げロープと P を通る水平線との交点、O、O' を A よりそれぞれ PQ、C'Q に下した垂線の足、B' を控えロープと円 B の接点、C' を吊り下げロープと円 C の接点、B''、C'' を円 A、円 B 間のロープとそれぞれ円 B、円 C との接点、W を吊荷重、 θ を AC の AO' から時計回りの回転角とし、さらに次のように諸値を与える。

$\overline{AC}=r_1$, $\overline{AB}=r_2$, $\overline{BB'}=\overline{CC'}=r_3$, $\overline{OP}=a$, $\overline{OA}=b$,
 $180^\circ - \angle CAB = \beta$, $\overline{PB'} + \overline{B'B''} + \overline{B''C''} + \overline{C''C'} + \overline{C'Q} = S$
 さて、前に述べた吊荷の位置に最下点が存在するということは、上述のロープ長 S が最小値を有することと等

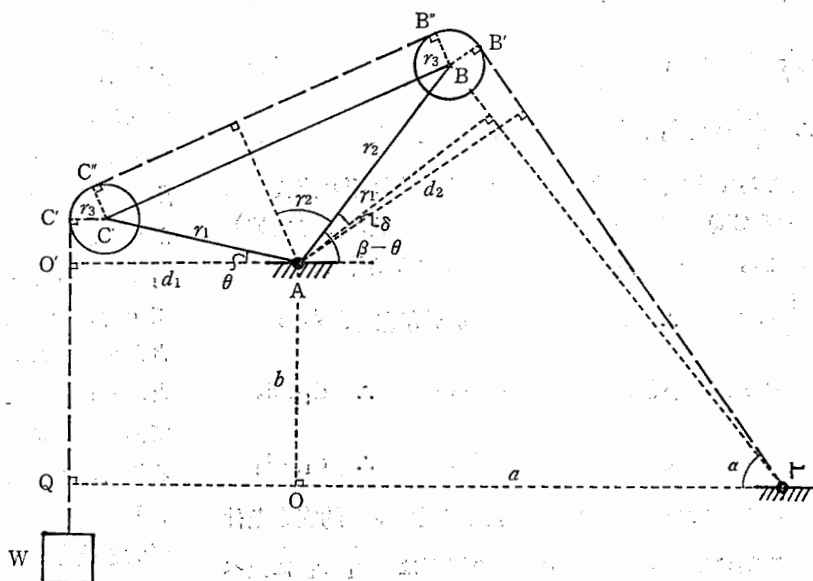


Fig. 5 State of installation of saddle-type beam.
跨座式突梁の設置図

しい。

$$\overline{PB'} = \sqrt{\{a - r_2 \cos(\beta - \theta)\}^2 + \{b + r_2 \sin(\beta - \theta)\}^2 - r_3^2} \quad (1)$$

$$\overline{B''C''} = (r_1 + r_2 + \delta)r_3 \quad (2)$$

$$\overline{B''C''} = \sqrt{r_1^2 + r_2^2 + 2r_1r_2 \cos \beta} \quad (3)$$

$$\overline{C''C'} = (\pi - \beta - \gamma_2 + \theta)r_3 \quad (4)$$

$$\overline{C'Q} = b + r_1 \sin \theta \quad (5)$$

ただし

$$r_1 = \cos^{-1} \frac{a \sin(\beta - \theta) + b \cos(\beta - \theta)}{\sqrt{\{a - r_2 \cos(\beta - \theta)\}^2 + \{b + r_2 \sin(\beta - \theta)\}^2}}$$

$$r_2 = \tan^{-1} \frac{r_1 \cos \beta + r_2}{r_1 \sin \beta}$$

$$\delta = \sin^{-1} \frac{r_3}{\sqrt{\{a - r_2 \cos(\beta - \theta)\}^2 + \{b + r_2 \sin(\beta - \theta)\}^2}}$$

Sの最小条件は、 $dS/d\theta = 0$ となる θ が存在し、かつその θ の前後で、 $dS/d\theta$ が単調増加となることである。(1)~(5)を θ でそれぞれ微分すると、

$$\frac{d}{d\theta}(\overline{PB'}) = -\frac{ar_2 \sin(\beta - \theta) + br_2 \cos(\beta - \theta)}{\sqrt{\{a - r_2 \cos(\beta - \theta)\}^2 + \{b + r_2 \sin(\beta - \theta)\}^2} - r_3^2} = -C_3 \quad (6)$$

$$\frac{d}{d\theta}(\overline{B''C''}) = \frac{r_2 r_3 \{-a \cos(\beta - \theta) + b \sin(\beta - \theta) + r_2\}}{\{a - r_2 \cos(\beta - \theta)\}^2 + \{b + r_2 \sin(\beta - \theta)\}^2} - r_3 + \frac{r_2 r_3^2 \{a \sin(\beta - \theta) + b \cos(\beta - \theta)\}}{\sqrt{\{a - r_2 \cos(\beta - \theta)\}^2 + \{b + r_2 \sin(\beta - \theta)\}^2} - r_3^2} = -C_4 \quad (7)$$

$$\frac{d}{d\theta}(\overline{B''C''}) = 0 \quad (8)$$

$$\frac{d}{d\theta}(\overline{C''C'}) = r_3 = C_1 \quad (9)$$

$$\frac{d}{d\theta}(\overline{C'Q}) = r_1 \cos \theta = C_2 \quad (10)$$

$$\therefore \frac{dS}{d\theta} = (C_1 + C_2) - (C_3 + C_4) = d_1 - d_2 \quad (11)$$

ところで上式における d_1 、 d_2 は、それぞれ点AからロープC'Q及びロープPB'へ下した垂線の長さに等しい。よってロープ長Sが最小値を有する条件は、

$$\frac{dS}{d\theta} = 0 \quad \therefore d_1 = d_2 \text{ となる } \theta \text{ が存在し、かつ}$$

$$\text{その } \theta \text{ より小さい } \theta \text{ に対し } \frac{dS}{d\theta} < 0 \quad \therefore d_1 < d_2$$

$$\text{その } \theta \text{ より大きい } \theta \text{ に対し } \frac{dS}{d\theta} > 0 \quad \therefore d_1 > d_2$$

となることである。これが跨座式突梁の本質的安定条件

* 突梁の安定性に及ぼす r_3 の影響は、 r_1 、 r_2 に比べて小さいと思われるのでここでは問題を簡単にするため $r_3 = 0$ とした。

である。

3. 諸因子と本質的安定

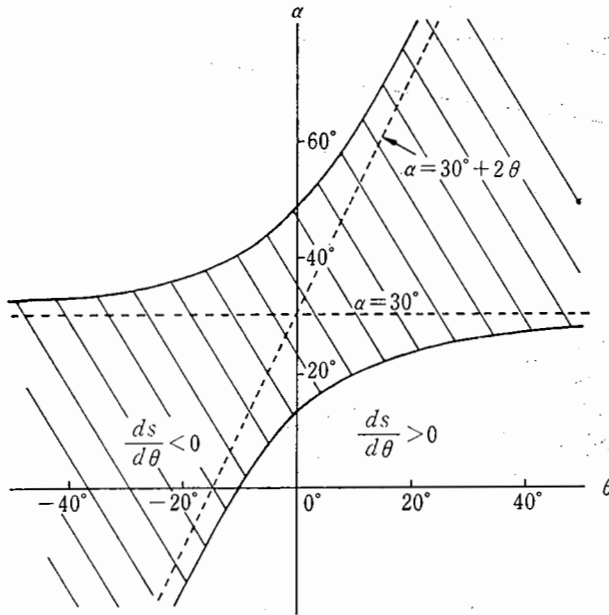
前節で述べたように、本質的安定条件は θ を変化させて $dS/d\theta$ の値が負から正へ移行するところを探せばよいが、そのため $dS/d\theta$ に関する諸因子の影響を考慮してみる。

Fig. 5に示されるようにこのような因子のうち突梁自身に関するものは、 r_1 、 r_2 、 r_3 及び β で、設置状況に関するものは、控えロープの碇着点を表わす a 及び b であるが、現実に変因子として取り上げるものは、 r_1 と r_2 の相対比、 r_1 と r_3 の相対比、 β 及び控えロープの水平面に対する傾角 α の四者と考えてよい。なお θ が変れば a と b を変化させなくても α が多少変わるので厳密には a 、 b 二者の代りに α のみ用いるわけにいかない面もあるが、 θ の変化に対応する α の変化はかなり小さいので、実際には前述のように考えてよいものと思われる。

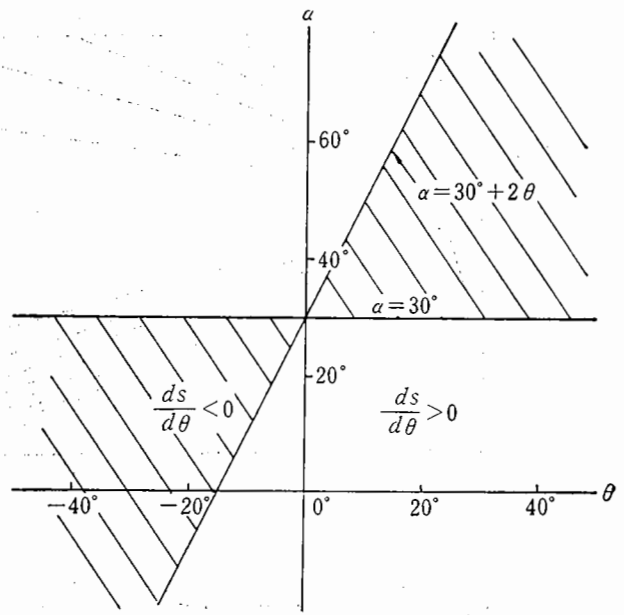
そこで、 θ 、 r_2/r_1 、 β 及び α と $dS/d\theta$ との関係を検討するため、 $r_2 = 1.05 r_1$ 、 $r_2 = r_1$ 、 $r_1 = 1.05 r_2$ 、 $r_3 = 0^{*8}$ 及び $\beta = 60^\circ$ の場合に対し $\alpha - \theta$ 座標上に $dS/d\theta = 0$ となる曲線を描けば、Fig. 6(a)、(b)及び(c)となる。

$dS/d\theta = 0$ は、 $r_1 = r_2$ の場合二つの直線 $\alpha = 30^\circ$ 及び $\alpha = 30^\circ + 2\theta$ で示され、他の場合はこれらの二直線に漸近し、 $(90^\circ, 30^\circ)$ 、 $(90^\circ, 210^\circ)$ 、 $(-90^\circ, 30^\circ)$ 及び $(-90^\circ, -150^\circ)$ の四点で二直線と交わる双曲線に擬似した曲線となる。なお、これらの図において斜線を施した部分は $dS/d\theta < 0$ となる領域を示す。

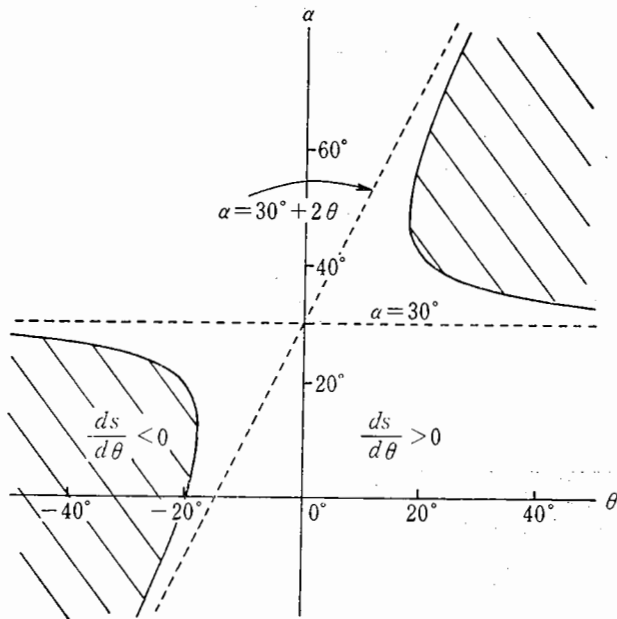
さてこれらの図において、 θ の増加に対応して $dS/d\theta$ が負から正に移行するのは三図とも $\alpha < 30^\circ$ となる範囲である。この 30° というのは $\beta = 60^\circ$ の場合のことであって、一般の場合は $(90^\circ - \beta)$ であるので、 $\alpha < 90^\circ - \beta$ となる。さらに上記の移行点即ち $dS/d\theta = 0$ となる点が正の θ に対して存在するのは、Fig. 6(a)の $r_2 = 1.05 r_1$ 即ち $r_1 < r_2$ の場合である。他の場合は負の θ に対して $dS/d\theta = 0$ となるので、突梁を設置したときの θ を小さな正(Fig. 4の β_1)に選ぶ必要があることを考えると、本質的安定性を具備するための条件としては不適格である。次に、突梁を建物屋上のパラペット等に設置する場合、 α は正になることが多く、又そうすることが望ましいが、この場合上記のように r_2/r_1 であっても r_2 が大き過ぎるとこれ又不適格である。何故なら r_2/r_1 が大き過ぎるとFig. 6(a)の擬似双曲線のはなれが大きくなり、前記の移行点は θ が小さな正の場合 α が負にな



(a) $\beta=60^\circ, r_2=1.05r_1, r_3=0$



(b) $\beta=60^\circ, r_1=r_2, r_3=0$



(c) $\beta=60^\circ, r_1=1.05r_2, r_3=0$

Fig. 6 Curves in $dS/d\theta=0$.

$\alpha-\theta$ 座標における $dS/d\theta=0$ となる曲線

るからである。同様に、 $\alpha < 90^\circ - \beta$ の条件から β が 90° に近かったり、 90° を越えたりすると、 α が負になるのが不適格である。

以上を総括すれば、 $r_3=0, \alpha > 0$ としたときの本質的安定条件は次の通りとなる。

- (1) r_2 が r_1 よりわずかに大きい。

$$r_2/r_1 = 1.05 \sim 1.1$$

- (2) β が 90° よりかなり小さい。 $\beta = 60^\circ \pm 5^\circ$

- (3) $\alpha \doteq (90^\circ - \beta) - (10^\circ \sim 15^\circ)$

(1) 及び (2) が突梁そのものに対する条件であり、(3) が突梁の設置に対する条件である。

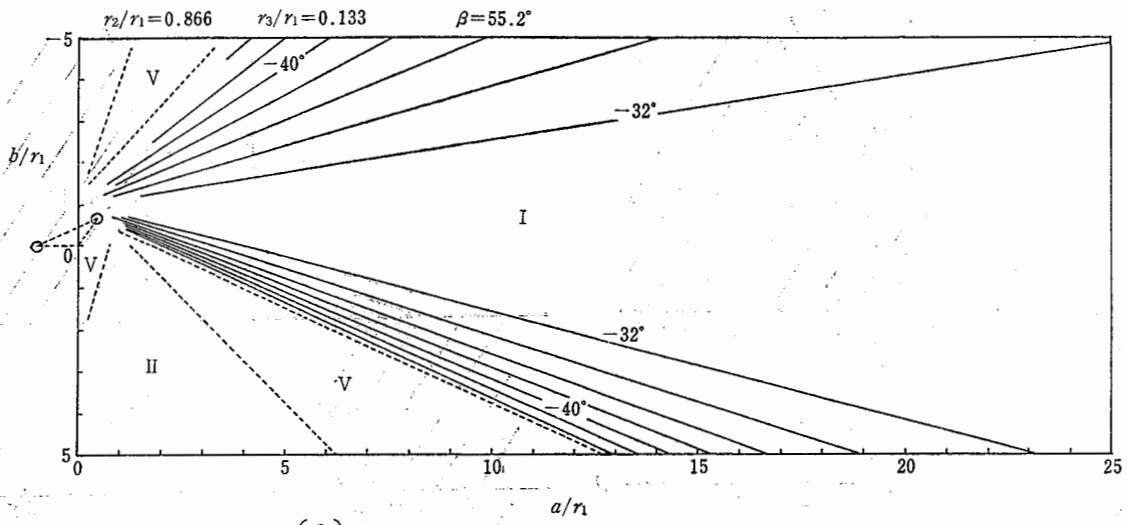
4. シミュレーション

前節の結果をさらに拡大するため、コンピュータによるシミュレーションを行った。

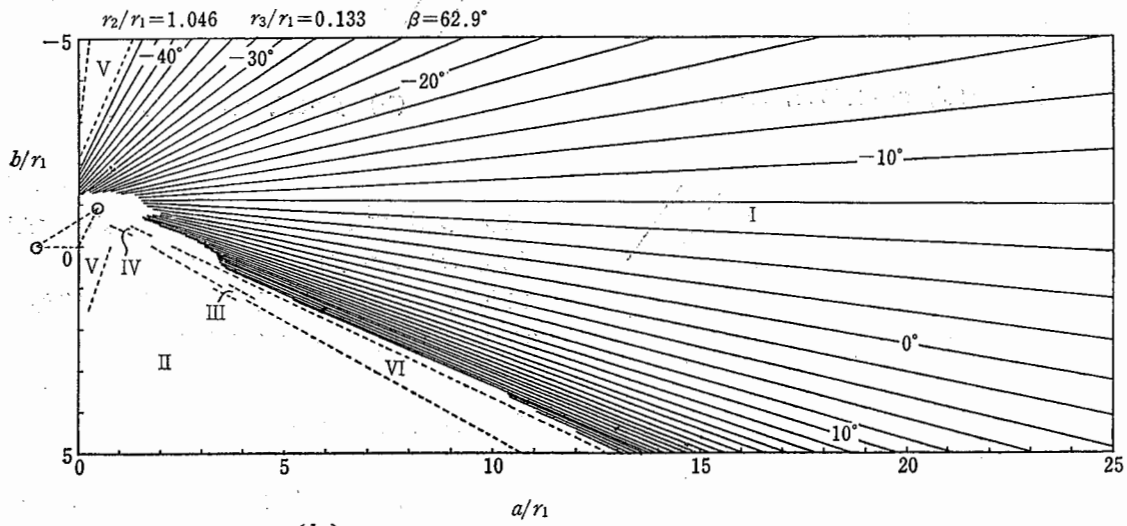
シミュレーションの方法は、2. の (6)~(11) 式を用い、 r_1, r_2, r_3, β, a 、及び b を種々変えて値を与えたときの θ と $dS/d\theta$ の符号の関係を調べた。変数のうち長さは r_1 の相対比で与え、その値及び組合せは Table 1 の通りとした。又、 θ は -45° から 45° まで一度間隔で与えた。

Table 1 Conditions of simulation
シミュレーションの条件

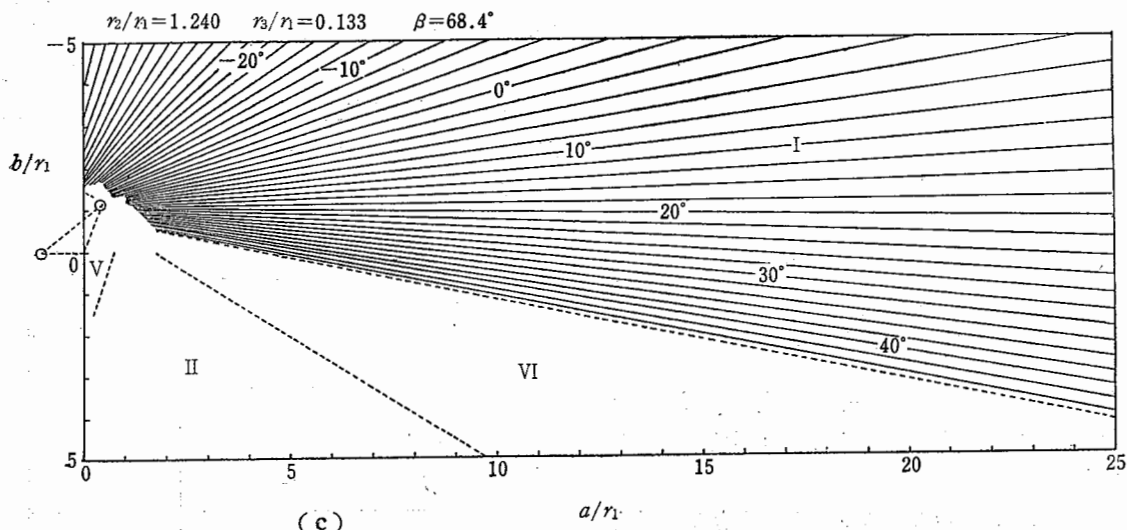
変数	設定範囲	組合せ数
r_2/r_1	0.8~1.3	150
r_3/r_1	0~0.25	
β	$40^\circ \sim 90^\circ$	1271
a/r_1	0~30	
b/r_1	-5~5	



(a)



(b)



(c)

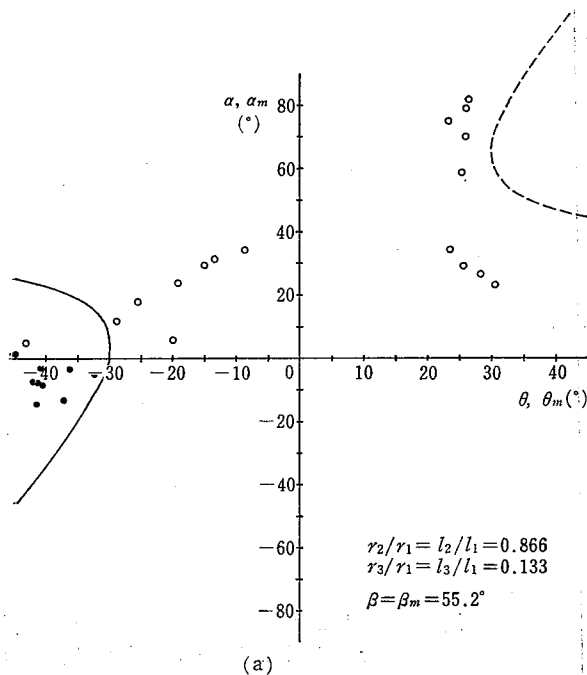
Fig. 7 Distribution of type in Table 2
 a/r_1 - b/r_1 座標における Table 2 のタイプの分布

Table 2 Variation of sign of $dS/d\theta$ with θ .
 θ の増加に伴う $dS/d\theta$ の符号の変化

タイプ	$dS/d\theta$ の符号変化						
I	-	→	0	→ +			
II	+	→	0	→ -			
III	-	→ 0	→ +	→ 0	→ -		
IV	-	→ 0	→ +	→ 0	→ -	→ 0	→ +
V	+						
VI	-						

シミュレーションの結果、 θ の増加にともなう $dS/d\theta$ の変化は Table 2 に示すタイプに分けられることがわかった。

同表で $dS/d\theta=0$ となる点は、タイプ I~IV にあり、このうち前述の本質的安定条件を有するものは、タイプ I である。次に Fig. 7 はシミュレーションの結果を $a/r_1, b/r_1$ 座標上で表わした例である。このうち (a) は r_1 が r_2 に比べてかなり大きい場合、(b) は r_2 が r_1 に比べてわずかに大きい場合、(c) は r_2 が r_1 に比べてかなり大きい場合である。なお、 r_3/r_1 の相違による結果の相違はほとんど見られなかった。以下では、 $r_3/r_1=0.133$ の場合について見ていくことにする。Fig. 7 中の記号は Table 2 の記号を、点線はタイプ間の境界



を表わす近似直線*4である。さらにタイプ I の領域に対しては、 $dS/d\theta=0$ となる θ の値を 2 度間隔で求め、等値の点を結ぶ近似直線を実線で示した。又 Fig. 8 は、前節同様 a, b の代りに α を用いて α, θ 座標上に $dS/d\theta=0$ となる点を結んだもので、実線は Table 2 のパターン I の場合を、鎖線はそれ以外のパターンを表わす。なお同図には比較のため後述の実測値もプロットした。

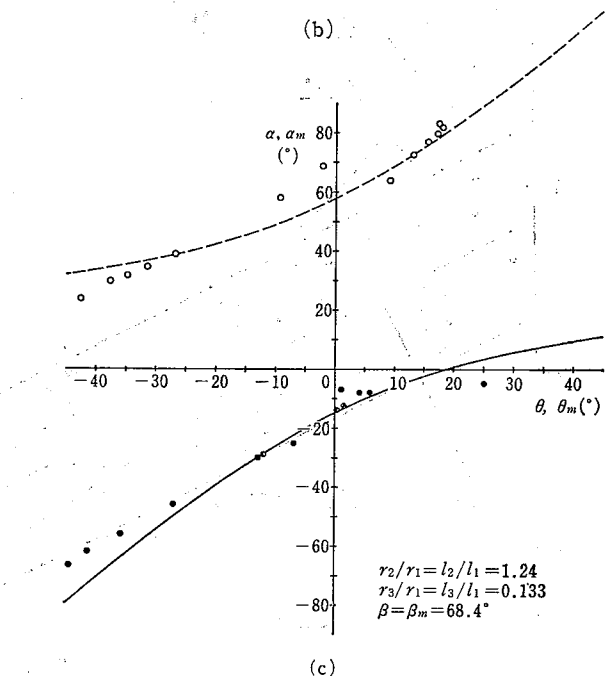
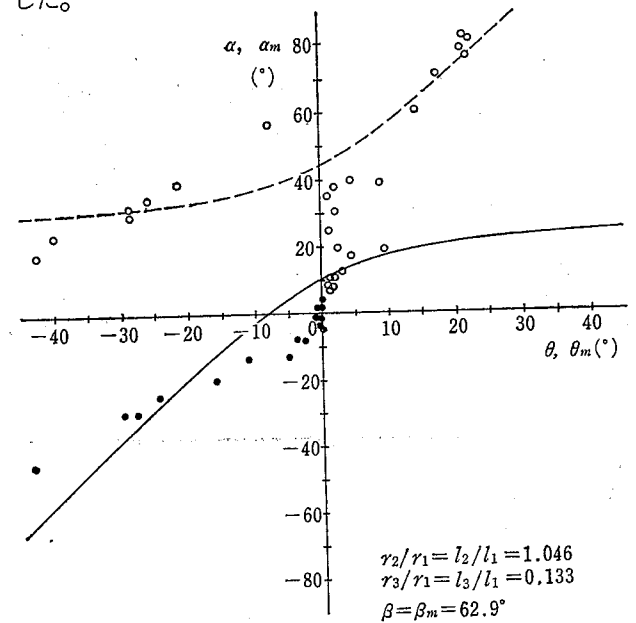
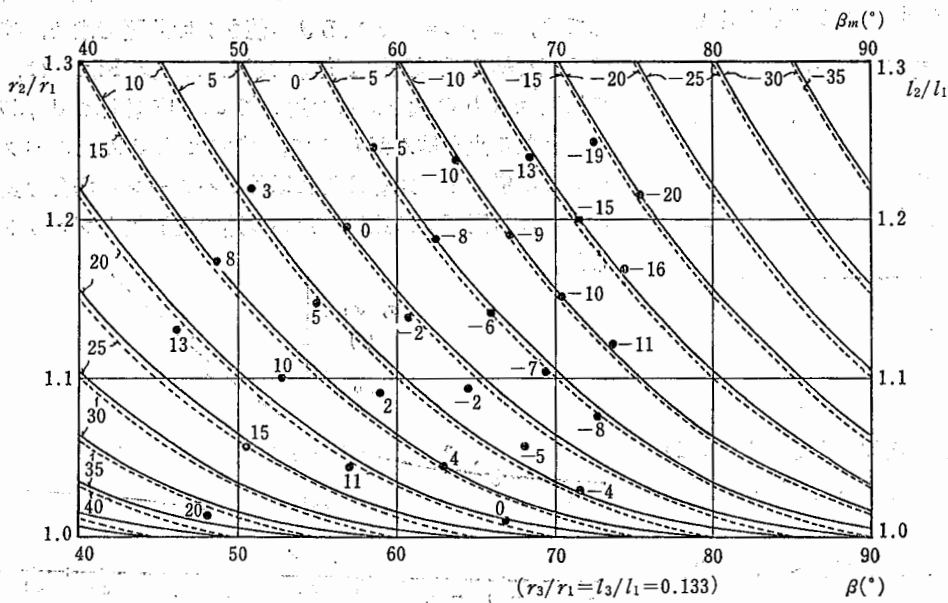


Fig. 8 Curves in $ds/d\theta=0$ and points in $F=0$.
 $\alpha-\theta$ 座標における $ds/d\theta=0$ となる曲線及び
 $\alpha_m-\theta_m$ 座標における $F=0$ となる点
 (— 第 2 表の I の場合 --- 第 2 表の I 以外の場合)
 (● 第 6 表の A の場合 ○ 第 6 表の A 以外の場合)

*4. タイプの境界線、 θ の等値線とも突梁に近いところで、わずかに曲るものもあるが、ほとんど直線とみなしてさしつかえない程度である。



(単位: 度)
 α { — $\theta=0^\circ$ のとき
 - - - $\theta=5^\circ$ のとき
 α_m ● $\theta_m=0^\circ$ のとき
 Fig. 9 α and α_m in equilibrium of essential stability.
 突梁が本質的に安定となるときの α 及び α_m

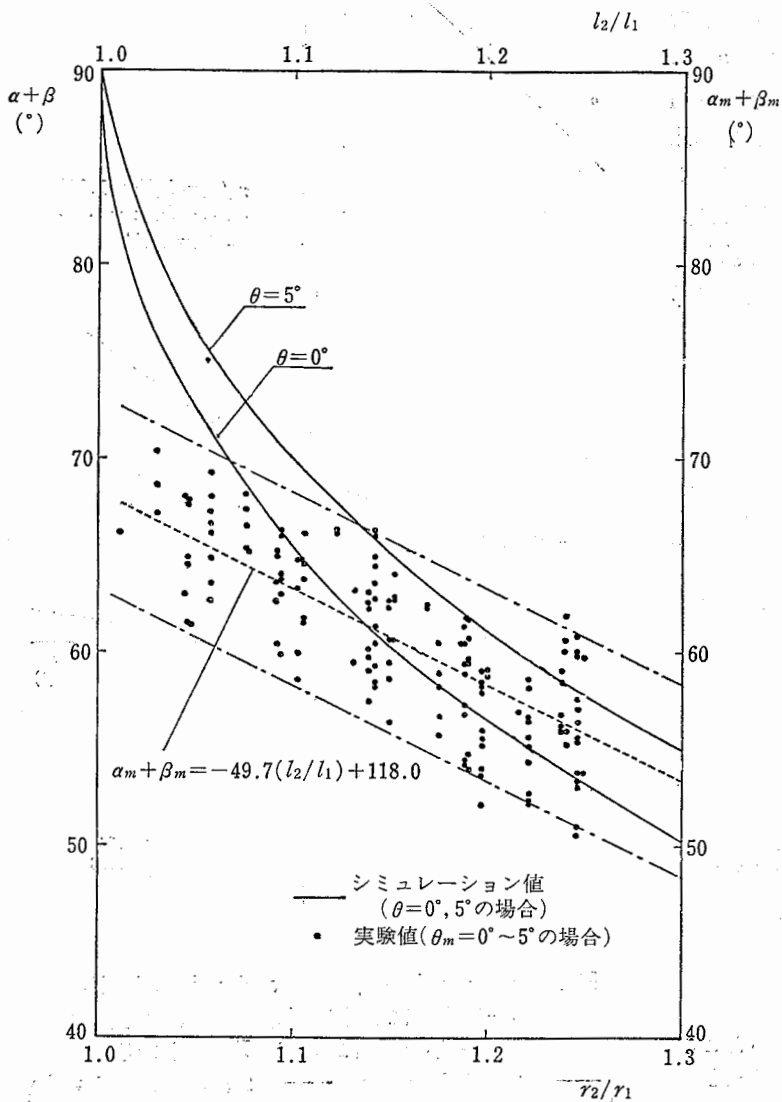


Fig. 10 Relation between $(\alpha+\beta)$ and r_2/r_1 , or relation between $(\alpha_m+\beta_m)$ and l_2/l_1 in essential stability.
 突梁が本質的に安定となるときの $\alpha+\beta$ と r_2/r_1 及び $\alpha_m+\beta_m$ と l_2/l_1 の関係

さて、Fig. 7, Fig. 8 によれば、(a)~(c) のいずれの場合にもタイプ I の領域は存在するが、正の θ に対して存在するのは (b)、(c) の $r_2 > r_1$ の場合である。一方前述のように θ は小さな正の角度に保つ必要があるのをそれを $0^\circ \sim 5^\circ$ とし、種々の r_2/r_1 及び β に対して Fig. 8 と同様の図を描き、実線で示したタイプ I を表わす曲線から $\theta = 0^\circ$ 及び 5° に対応する α を近似的に求めた。この α をもとに $r_2/r_1, \beta$ 座標上に描いた α の等値線が、Fig. 9 の実線 ($\theta = 0^\circ$)、及び点線 ($\theta = 5^\circ$) である。同図によれば、突梁が本質的に安定になるときの α は、 r_2/r_1 及び β が増加するほど小さく、これらの変数間の関係も 3 で述べた通りである。

次に Fig. 9 において $(\alpha + \beta)$ に着目すると、 r_2/r_1 が一定の場合、 $(\alpha + \beta)$ はほぼ一定となるので、 $r_2/r_1, (\alpha + \beta)$ 座標上に Fig. 9 で用いたデータをプロットし、それらを結んだのが Fig. 10 の実線である。同図で、2つの実線に囲まれた領域は、 $\theta = 0^\circ \sim 5^\circ$ で突梁が本質的に安定となる領域を表わす。

なお Fig. 9, Fig. 10 には比較のため後述の実験値をプロットした。

5. 模型実験

5.1 実験装置

前節のシミュレーション結果を確認するため模型実験を行なった。実験装置は Fig. 11 のように模型の突梁を支点上に設置し、突梁に架け渡したワイヤロープの一端を支点に取り付け、他端に重りを吊り下げたもので、縮尺は実物の約 1/4 である。

突梁は Photo. 1 に示すもので滑車を有する水平材と垂直材及び爪を有する加圧板から成り、爪と垂直材の滑車の位置が調節可能で、さらに両滑車の回転を拘束できる構造とした。

*5 5 cm は、実際の支点幅の下限で、手摺材等に設置する場合がこれに相当する。28 cm は、パラペットに設置する場合で、かつ突梁の加圧板の長さより長い場合を考えたものである。

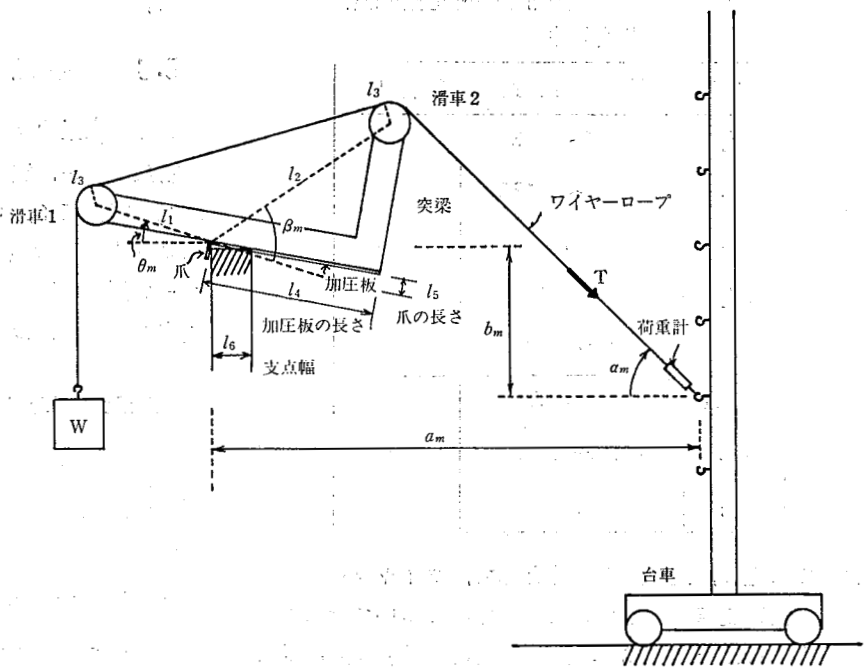


Fig. 11 State of installation of model.
突梁模型の設置図

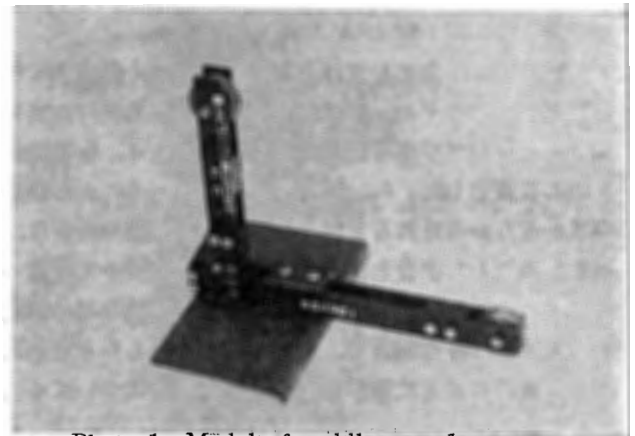


Photo. 1 Model of saddle-type beam.
実験に用いた跨座式突梁

突梁の支点は、上面が水平で、支点幅は実際の建物屋上のパラペット幅を考慮して、実物に換算して約 5 cm と約 28 cm の 2 種類とした*5。

ワイヤロープの支点は、台車を利用して突梁の後方鉛直平面上の所定の位置に設定できるようにした。さらに控えロープの張力を測定するため支点到歪ゲージ型荷重計を取り付けた。又突梁の自重が安定性に及ぼす影響を実物に等しくするため、重りと突梁の重量比を実物の作業床と突梁の重量比にほぼ等しくした。

5.2 実験方法

実験は突梁自身の条件として、爪及び滑車の位置の組

Table 3 Conditions of experiment.
実験条件

寸法等	設定範囲	組合せ数
l_2/l_1	0.85~1.25	44
l_3/l_1	0.100~0.133	
l_4/l_1	0.79	
l_5/l_1	0.087	
β_m	46°~75°	
a_m/l_1	0~67.34	150
b_m/l_1	-9.29~9.29	
l_6/l_1	0.146, 0.814	

合せて44種類、設置上の条件として、ワイヤロープの支点位置及び支点幅の組合せで150種類について行った。その際の位置や角度は、Fig. 11に示す l_2/l_1 , l_3/l_1 , β_m , a_m/l_1 及び b_m/l_1 が、それぞれシミュレーションモデルの r_2/r_1 , r_3/r_1 , β , a/r_1 及び b/r_1 に対応するように設定した。各値の設定範囲と組み合わせは Table 3 の通りである。

実験方法は、突梁を支点上で回転させ、その安定状態を観察し、ワイヤロープ張力を測定した。又同時に突梁及び控えロープの水平面に対する傾角 θ_m , α_m を写真撮影により測定した。 θ_m の範囲は、ほぼ -60° から突梁の爪が支点から外れるまでとした。次に突梁の滑車は、回転を拘束した場合と自由の場合の両方について行なった。実物の場合、ワイヤロープに接する突梁の部分は鋼管や丸みをつけた鋼板で、前者に相当するものと思われるが、突梁の安定状態が明瞭に表れる後者についても行

Table 4 States of Saddle-type beam (in Fig. 11)

突梁の状態の分類

(Fig. 11 参照)

記号	突梁の状態
イ	静止する
ロ	右回転する
ハ	左回転する
ニ	支点から滑落する
ホ	爪が支点から外れる
ヘ	ロープが滑車から離れる
ト	ロープが突梁の滑車以外の部分に当る

った。

5.3 実験結果

(1) 突梁の安定状態

観察の結果、突梁の状態は Table 4 のように大別された。同表でイ、ロ、ハは突梁とロープの摩擦の大きさにより決まる状態で、摩擦力 $F=T-W$ (ただし、 T :ロープ張力の実測値、 W :重りの重量) が滑車の回転を拘束した場合、ほぼ $|F| < 0.3W$ 、回転が自由な場合、

Table 5 Variations in state of beam with θ_m .
 θ_m の増加ともなる突梁の状態の変化

タイプ	突梁の状態の変化
①	ロ → イ → ハ
②	ロ → イ → ハ → イ → ホ or ヘ
③	ニ → イ → ロ → イ → ハ → イ → ホ or ヘ
④	ロ → イ → ホ or ヘ
⑤	ニ → イ → ハ
⑥	ト → イ → ホ or ヘ
⑦	ニ → イ → ハ → イ → ホ or ヘ
⑧	ニ → イ → ロ → イ → ホ or ヘ
⑨	ニ → イ → ホ or ヘ
⑩	ロ → イ → ロ
⑪	ハ → イ → ハ
⑫	ト → イ → ハ → イ → ロ
⑬	ハ → イ → ハ → イ → ホ or ヘ
⑭	ニ → イ → ロ → イ → ハ
⑮	ニ → イ → ロ → イ → ロ
⑯	ハ → イ → ホ or ヘ
⑰	ニ → イ → ロ
⑱	ハ → イ → ロ → イ → ハ
⑲	ハ → イ → ロ → イ → ロ
⑳	ハ → イ → ハ → イ → ロ
㉑	ハ → イ → ロ
㉒	ロ
㉓	ハ
㉔	ニ

ほぼ $|F| < 0.04 W$ でイの状態となり、それ以下でロ、以上でハの状態となった。又は θ_m が大きな負、ホは同大きな正、ヘは α_m が大きな負、トは同大きな正のときに見られる状態である。

そこで θ_m を増加させるときの突梁の状態の変化を Table 4 の状態の組合せで表現し、安全性が高いと思われる順に整理したのが Table 5 である。同表で①のタイプは本質的な安定状態で最も安定性が高い。

次に、Fig. 12 及び Fig. 13 は $a_m/l_1, b_m/l_1$ 座標における Table 5 のタイプの分布をシミュレーションの項で扱った例 (Fig. 7) と同寸法で滑車の回転が自由な突梁について示したものである。Fig. 12 は $l_6/l_1=0.146$ の場合、Fig. 13 は $l_6/l_1=0.814$ の場合である。図中の数字はタイプを、直線はタイプ間の境界の近似直線を表わす。Fig. 12 によれば、(a) に左回転、(c) に右回転を含むタイプが多いのに対し、(b) では比較的安定したタイプの領域が広い。一方 Fig. 13 によれば、(c) の場合に最も①の領域が広い。

(2) 本質的な安定条件

突梁の本質的な安定条件は、(1) の結果からは不明確

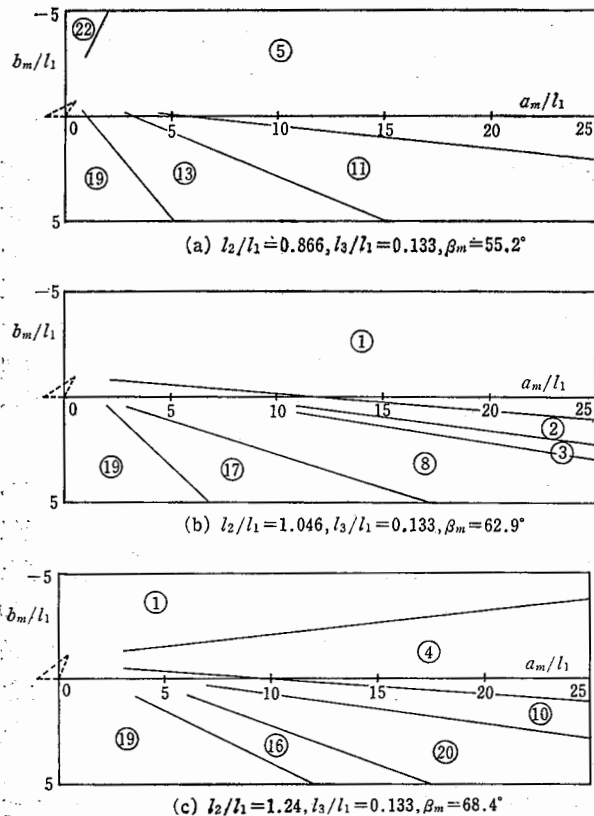


Fig. 12 Distribution of type in Table 5. $a_m/l_1 - b_m/l_1$ 座標における第5表のタイプの分布 ($l_6/l_1=0.146$)

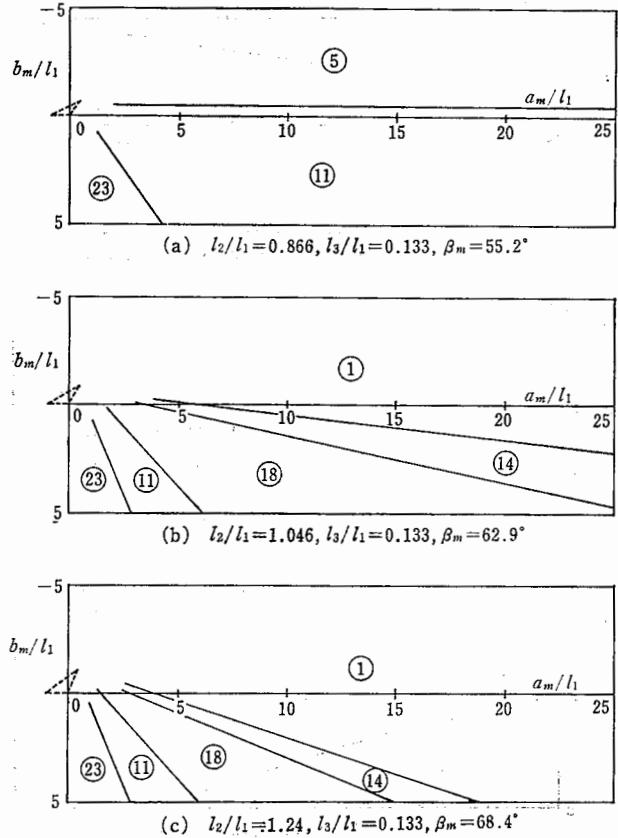


Fig. 13 Distribution of type in Table 5. $a_m/l_1 - b_m/l_1$ 座標における第5表のタイプの分布 ($l_6/l_1=0.814$)

Table 6 Variation of sign of F with θ_m . θ_m の増加にともなう F の符号変化

タイプ	F の符号の変化												
A	-	→	0	→	+								
B	+	→	0	→	-								
C	-	→	0	→	+	→	0	→	-				
D	-	→	0	→	+	→	0	→	-	→	0	→	+
E	+	→	0	→	-	→	0	→	+				
F	+	→	0	→	-	→	0	→	+	→	0	→	-
G	+												
H	-												

なので、5.1 で述べた突梁とロープ間の摩擦力 F から次のようにして求めた。即ち F の符号は前節の $dS/d\theta$ の符号に相当するので、 θ_m を増加させるとき F の符号が負から正に移行することが突梁の本質的な安定条件である。

そこで、 θ_m を増加させるとき F の符号の変化を調

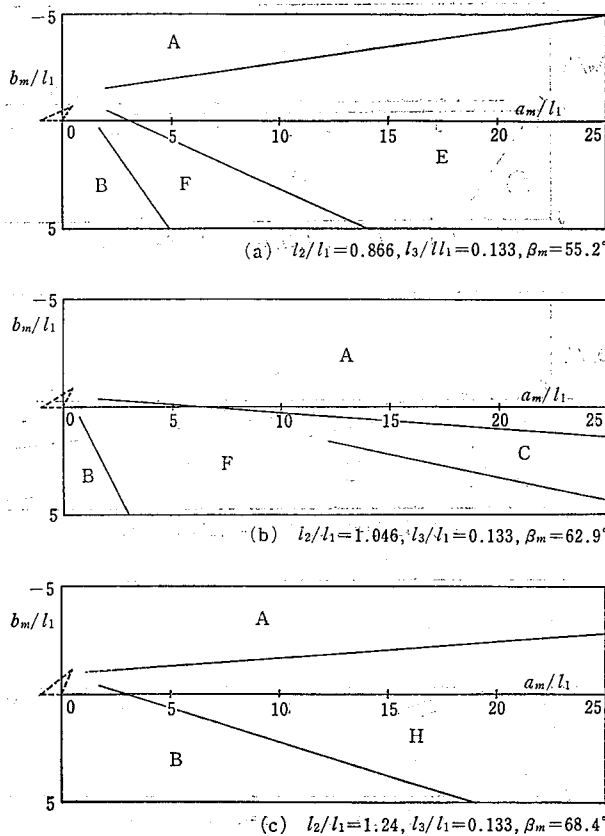


Fig. 14 Distribution of types in Table 6.
 $a_m/l_1 - b_m/l_1$ 座標における Table 6 の
 タイプの分布 ($l_6/l_1=0.146$)

べた結果, Table 6 のようなタイプに整理された。同表でタイプ A が本質的安定条件を表わすものと思われる。

Fig. 14, Fig. 15 は, 5.1 で扱った突梁に対し Table 6 のパターンの分布を $a_m/l_1 - b_m/l_1$ 座標上でみたものである。前者は $l_6/l_1=0.146$ の場合, 後者は $l_6/l_1=0.814$ の場合で, 実物の支点幅でそれぞれ 5 cm, 28 cm 程度に相当する。図中の記号はタイプを, 直線はタイプ同志の境界線を表わす。Fig. 14 によれば, A の領域は (a), (b), (c) に存在し, 中でも (b) が広い。Fig. 15 によれば, A の領域は (c), (b), (a) の順で, l_2/l_1 が大きくなるほど広い。又両図を比較すると, A の領域はいずれの場合も Fig. 15 の方が広く支点幅が広い方が安定性が増すことがわかる。しかし実際の設置場所は不特定なので, 以下では安全を見て $l_6/l_1=0.146$ の場合について本質的安定条件を求めることにする。

そこで $F=0$ となる点を $\theta_m - \alpha_m$ 座標上にプロットしたのが Fig. 8 の ● 点及び ○ 点である。● 点は, $F=0$ かつ Table 6 のタイプ A の場合であり, 同図のシミュレーション結果の実線に対応する。又 ○ 点はタイプ A 以

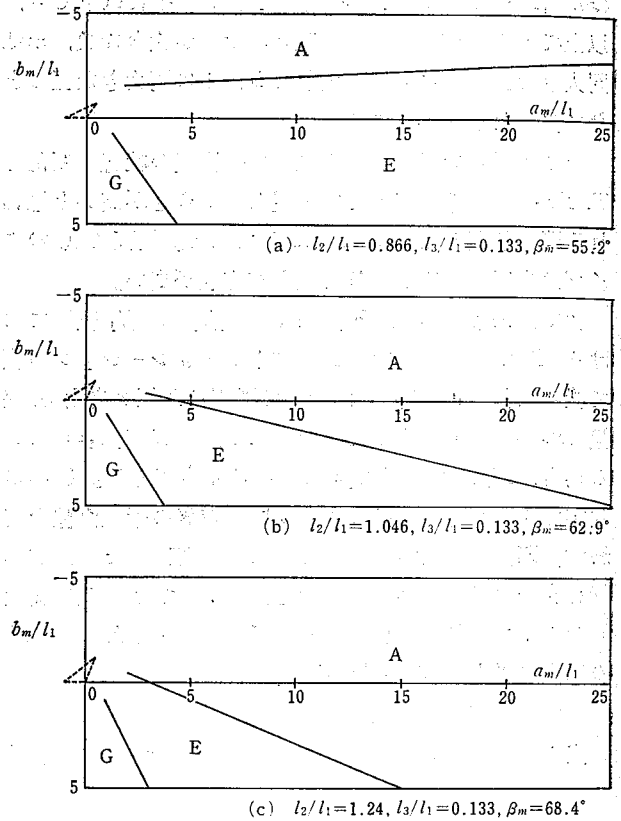


Fig. 15 Distribution of type in Table 6.
 $a_m/l_1 - b_m/l_1$ 座標における Table 6 の
 タイプの分布 ($l_6/l_1=0.814$)

外で $F=0$ となる点で, 同じく鎖線に対応する。同図で実験結果とシミュレーション結果を比較すると, 多少の不一致はあるものの全般的には両者はほぼ一致している。両者の不一致は, θ_m が負のときは突梁の爪の, 正のときは支点幅の影響によるもので, シミュレーションでは突梁が回転しても回転中心が不変なのに対し, 模型実験では Fig. 11 から容易に分るように回転中心が多少ずれるためと思われる。

次に種々の寸法の突梁に対する Fig. 8 と同様の図から, ● 点について $\theta_m=0^\circ \sim 5^\circ$ に対応する α_m の近似値を求め, $l_2/l_1 - \beta_m$ 座標及び $(\alpha_m + \beta_m) - l_2/l_1$ 座標上に結果をプロットしたのがそれぞれ Fig. 9 及び Fig. 10 の ● 点である。同図で実験結果とシミュレーション結果を比較すると, l_2/l_1 (又は r_2/r_1) が 1 よりかなり大きいときは両者はよく一致するが, 1 付近では多少異なるようである。

又 Fig. 10 の実験値は直線のまわりに帯状に分布しているようなので, 最小二乗法を用いて近似直線を求めると次式となる。

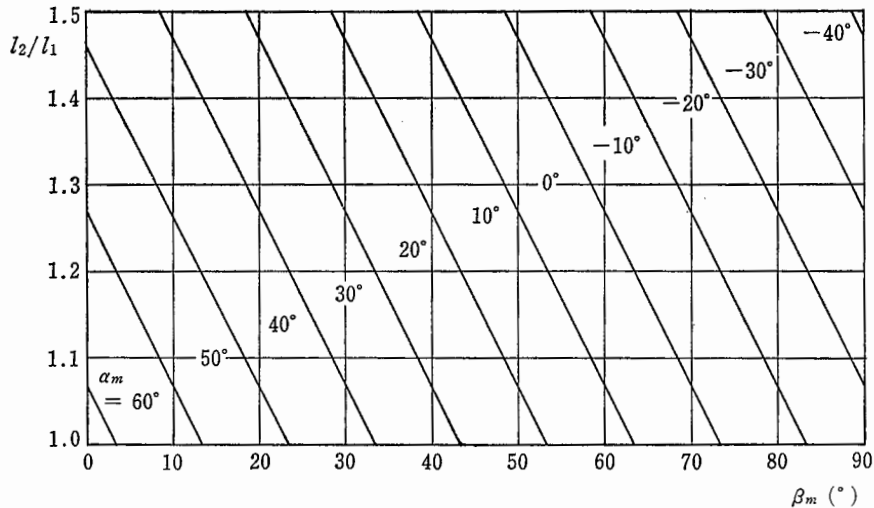


Fig. 16 Distribution of α_m in equation (13).
(13) 式による α_m の領域の分布

$$\alpha_m + \beta_m = -49.7(l_2/l_1) + 118.0 \quad (12)$$

(ただし, $l_2/l_1 > 1$, α_m, β_m : 度)

データは同直線を縦軸方向にほぼ $\pm 5^\circ$ 平行移動した 2 直線 (Fig. 10 で一点鎖線で示す) に囲まれる領域に分布している。これより, $\theta_m = 0^\circ \sim 5^\circ$ としたときの突梁の本質的安定条件は次式で表わすことができる。

$$\alpha_m = -49.7(l_2/l_1) - \beta_m + (113 \sim 123) \quad (13)$$

(ただし, $l_2/l_1 > 1$, α_m, β_m : 度)

突梁の寸法が決まっている場合には, (13) 式により突梁を本質的に安定にする α_m が得られる。一方, 設置の都合上 α_m が限定される場合には, 同式から逆に l_2/l_1 及び β_m を決定できる。Fig. 16 は, (13) 式における 10 度間隔の α_m の領域をパラメータに l_2/l_1 と β_m の関係を表わしたもので, 図中の数字は α_m を, 実線は領域間の境界線を表わす。

ここで, Fig. 1 に示した跨座式突梁に対し (13) 式により本質的安定な α_m を求めてみると,

$$l_2/l_1 = 1.143, \beta_m = 62.4^\circ \quad \therefore \alpha_m = -6^\circ \sim 4^\circ$$

となり, この突梁の場合, 控えワイヤロープの方向をほぼ水平にしておけば, 支点幅に無関係に本質的な安定性は保たれるものと思われる。なお支点幅が広い場合は, Fig. 12, Fig. 13 及び Fig. 14, Fig. 15 で比較したように, 本質的安定な α_m の範囲は正の側にさらに増大する。

6. ま と め

以上の結果, 跨座式突梁の本質的安定条件は次の通り

である。(記号は, Fig. 11 参照)

(1) l_2/l_1 は 1 より少し大きくし, 1.05~1.3 程度とする。

(2) α_m は l_2/l_1 及び β_m に応じて次式で求めた値とする。

$$\alpha_m = -49.7(l_2/l_1) - \beta_m + (112 \sim 123)$$

(ただし, α_m, β_m : 度)

このうち (1) が突梁自身に対する条件であり, (2) が設置上の条件である。又, l_2/l_1 は 0.1~0.2 程度, β_m は 90° 以下とすることが望ましい。

このほか, 跨座式突梁に関しては, 安全上次の点に留意する必要がある。構造上,

○突梁各部に作用する荷重に対し, 十分安全な強度を有すること。

○突梁からワイヤロープが簡単に外れない構造とすること。

設置上

○突梁を設置する場所は, 平らで十分な強度及び支持面積を有するパラペット等とし, 爪が十分かかるように設置すること。

○控えロープの支点は堅固なものにとり, 取付は確実な方法で行なうこと。

○控えロープの支点は, 出来るだけ Fig. 1 の側面を含む面内にとること。

○2 本吊りのゴンドラの場合, 2 個の跨座式突梁の設置間隔は吊り下げワイヤロープの間隔に等しくすること。

○突梁の脱落・落下防止のため, 突梁自身はロープ等を用いてパラペット等に緊結すること。(59. 3. 27 受付)

産業安全研究所研究報告 RIIS-RR-32-4

昭和 59 年 9 月 20 日 発行

発行所 労働省産業安全研究所
〒 108 東京都港区芝 5 丁目 35 番 1 号
電話 (03) 453-8441(代)

印刷所 新日本印刷株式会社

UDC 621.876 : 69.057

ゴンドラ用跨座式突梁の安定性

河尻義正, 森宜制

産業安全研究所研究報告RR-32-4 (pp.1~13) (1984)

可搬型ゴンドラに用いられる跨座式突梁について, 理論式を用いたコンピュータシミュレーションと模型実験を行ない, 同突梁の本質的安定条件を求めた。
(表6, 図16, 写真1)



UDC 621.876 : 69.057

Stability on the Saddle-type Beam for Powered Platform.

by Y. Kawajiri, Y. Mori

Research Report of the Research Institute of Industrial Safety, RIIS-RR-32-4
(pp.1~13) (1984)

A study was carried out on the stability of saddle-type beam for the temporary powered platform.

From the results of a computer simulation for theoretical equations and model experiment, the conditions of essential stability of the saddle-type beam were obtained.

(6 Tables, 16 Figures, 1 Photograph)

