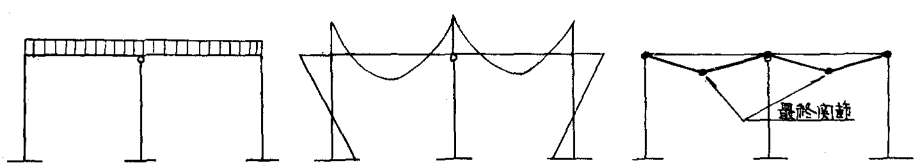
I—52 塑性ヒンヂの安定について

大阪市立大学　正員　倉田宗章
大阪市立大学　正員○加藤正之
大阪市立大学　正員　園田恵一郎

塑性設計における最も重要な概念は曲げを受けた断面が全断面塑性の状態となったときこれを塑性関節と考えることである。しかし断面に全断面塑性の状態を発揮させるにはその障害となる要素一主として挫屈現象一につき充分の検討をしなければならない。我々は昨年全長$42^{m}300$，2径間ラーメン形式の跨道橋の設計を行ないその1/3模型の破壊実験および塑性関節点の実物大試験を行ったがこれらの実験で最も問題と考えられたのは桁の横倒れであった。我々はこれに対して横倒れ防止材としてGuide Frameをとりつけその取付間隔を漸次縮少していったが崩壊直前の載荷状態一最終塑性関節(径間内に発生する関節)発生の直前一ともなるといわゆる常識的な横方向支持間隔では横倒れ発生は避け得られない現象であることを知った。従ってこのことから設計に当っては横倒れを伴う部材に発生する最終関節の断面の抵抗モーメントとしては全断面塑性の状態をとるべきでなく横方向の支持間隔によりその断面の全塑性モーメントM_pを低減すべきことが実際的であると考えられた。

しかしながら実際橋梁ではSlabが桁flange上に載っておりSlab止めにて両者が連絡されているため実験で見られるような上下両端自由の桁の横倒れ現象は生ぜず曲率$1/r$を持つ曲り板としてむしろ引張側の横倒れが起るであろうと推測される。そこでこのような場合の横倒れを起さぬ極限支持間隔lと断面の塑性領域の進行の状態との関係を調べるため計算および実験を行ったのでこゝに述べることにする。



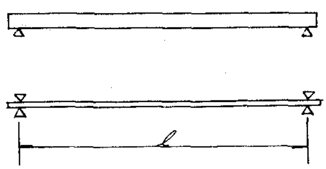
図－1

今問題の対象として考えるのは径間に発生する最終関節の部分であって計算を簡単にするため次に示す仮定を設けた。

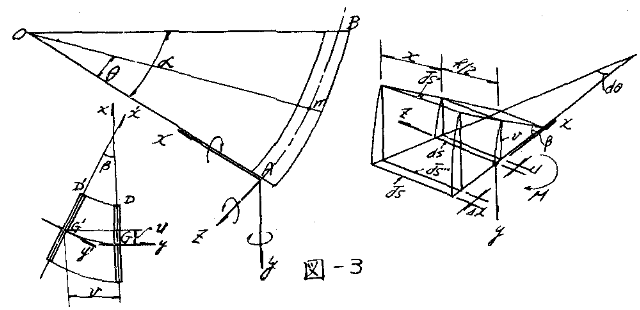
1) 問題としている区間は曲げモーメントの極値を与える部分であるのでせん断力は小さくこれを無視する。
2) 主桁は上flangeがSlabに連絡されているのでこの部分により桁の変形は拘束されているがこゝでは簡単なため弾塑性領域の境界線を断面の捩れの回転中心と考えた。
3) 関節発生点の断面(弾塑性状態)のうち塑性状態にある部分の横方向剛性捩り剛性は無視しまだ弾性領域として残存する部分を断面とするStripを考え、これが横倒れに抵抗するものとする。

4) 桁が曲げをうけて弾塑性の状態になる場合はこの桁はかなりの曲率を持つのでこれを考慮することとし挫屈長 l 区間内ではこの曲率は一定とし Cylindrical Bending をするものとする。

以上の仮定は(1)を除きすべて安全側であるがこれらの仮定を設けると結局この問題は図－2に示す梁を対象とすることに帰着する。以下Energy式により横倒れ挫屈長 l の計算式を誘導すると



図－2



図－3

外力 Energy U は

$$U=\frac{M}{2}\int_0^l\left[-\beta'^2 h+\frac{\beta^2}{r}\right]ds \quad \text{———} (1)$$

内力 Energy W_1, W_2 は（但し W_1 —曲げ W_2 ……捩れ）

$$W_1=\frac{B_1}{2}\int_0^l\left(\frac{\beta}{r}+\frac{h}{2}\frac{d^2\beta}{ds^2}\right)^2 ds \quad \text{———} (2) \qquad W_2=\frac{C}{2}\int_0^l\left(1-\frac{h}{2r}\right)\left(\frac{d\beta}{ds}\right)^2 ds \quad \text{———} (3)$$

結局 Total Energy W は

$$W=U+W_1+W_2=\int_0^l F_{(\beta)}\,ds=\frac{1}{2}\int_0^l\left[B_1\left(\frac{\beta}{r}+\frac{h}{2}\beta''\right)^2+c\left(1-\frac{h}{2r}\right)^2\beta'^2+M\left(\frac{\beta^2}{r}-h\beta'^2\right)\right]ds \quad \text{———} (4)$$

となる。さて W を極小ならしめる条件式は

$$\frac{\partial F}{\partial\beta}-\frac{d}{dz}\left(\frac{\partial F}{\partial\beta'}\right)+\frac{d^2}{dz^2}\left(\frac{\partial F}{\partial\beta''}\right)=0 \quad \text{———} (5)$$

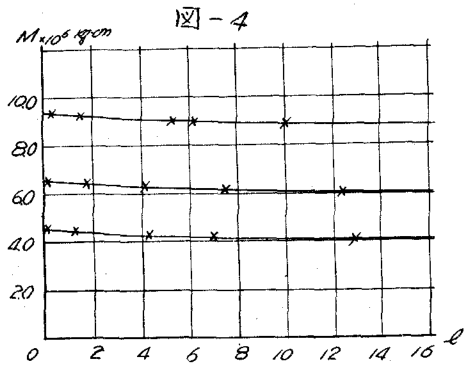
これより次式を得る

$$\overbrace{\frac{h^2}{4}B_1}^{a}\beta''''-\overbrace{\left[c\left(r-\frac{h}{2r}\right)^2-hM-\frac{h}{r}B_1\right]}^{b}\beta''+\overbrace{\left(\frac{B_1}{r}+M\right)}^{c}\frac{\beta}{r}=0 \quad \text{———} (6)$$

これを境界条件式を用いて解き挫屈長 l を求めると

$$l=\sqrt{\frac{2\pi^2 a}{b\pm\sqrt{b^2-4ac}}} \quad \text{------} (7)$$

図－4



となる。図－(4)に(7)式を用いて計算した結果を示す。但し図中Mは断面の抵抗曲げモーメント l は横倒れ挫屈長である。

実験については講演時に申し述べる