

(B-6) 橋脚躯体の極限設計的耐震計算法について

京都大学工学部 正員 後藤 尚 男
同 学生員 〇高山 兼 寿

1. 緒言

この研究では水平地震力による破壊に対する橋脚の安全性を確かめるため、種々の仮定をもとにして、曲げ破壊および曲げせん断破壊に対する最大抵抗モーメントの算定式を導くとともに、極限反力土圧分布を考慮した場合の震度論による橋脚井筒の最大曲げモーメントを求める式を導いた。ついでこれらの式を既に発表されている単純ばりに関する実験結果にあてはめてその妥当性を確かめ、最後に実橋脚に適用して数値計算を行った。

2. 最大抵抗モーメントの算定方法

仮定 1) 平面保持の法則を満足する, 2) コンクリートは完全塑性体とみなし引張応力は無視する, これより圧縮側コンクリートの応力分布は台形となる, 3) 鉄筋も完全塑性体であるとする, 4) 橋脚の曲げ破壊は圧縮側コンクリートのひずみ ϵ_u がコンクリートの最終圧縮ひずみ $\epsilon_{cu}(=0.003)$ になったときに起るものとする。

以上のような仮定のもとに、曲げ破壊する場合の最大抵抗モーメントの算定式を求めると、中立軸の位置によって図-1にみる4つの場合に対応して4つの式が導かれる。ここでは便宜上(I)の場合のみを代表として掲げる。圧縮縁よりの中立軸の位置 η は次式より求められる。

$$n^2 \sigma_c \frac{R}{2C} \left(1 - \frac{\sigma_c}{\epsilon_u E_c} + \frac{1}{3} \left(\frac{\sigma_c}{\epsilon_u E_c} \right)^2 \right) + n \sigma_c \left(e + \frac{R}{2} \right) \left(1 - \frac{\sigma_c}{2 \epsilon_u E_c} \right) - \left\{ (a_1 + a_2) \sigma_s + P \right\} = 0$$

この n を用いて、圧縮側合力 C と引張側合力 T を算出し、これより次式によって破壊曲げモーメントが求まる。

$$M_u = Cj - P(d_t - \frac{c}{2})$$

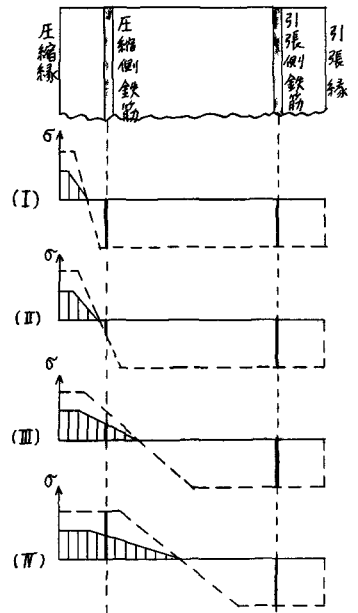
これらの式における記号の説明は講演時に述べる。

つぎに曲げせん断破壊については、

仮定 1) 橋脚の曲げせん断破壊は、ひびわれが中立軸を越えて圧縮側に入ったときに生ずる, 2) せん断応力分布の求め方は弾性設計法によるものと同様とし、橋脚の軸方向荷重は無視する。

以上の仮定によって、まず曲げ破壊する場合の応力分布をもとにしてせん断応力分布を求め、中立軸におけるせん断応力 τ がコンクリートのせん断強度(ここでは引張強度 σ_t を用いる)を越えないときは曲げ破壊をし、越える場合は曲げせん断破壊するものとする。 τ が σ_t を越えた場合は中立軸を適当に移動して、同様の試算を

図-1 極限状態における橋脚躯体の応力分布の説明



実線はコンクリート、破線は鉄筋の応力分布状態を表わす

行いながらに一致するまで繰返す。このようにして曲げせん断破壊する場合の中立軸の位置が決まれば、それに対応する断面の抵抗モーメントが求まる。

3. 既に発表された一実験例に対する本算定方法の適用

以上の方法を川口大仁氏の行った実験結果(昭34 修士論文)に適用すると表-1のようになる。同表で S_r は断面が曲げ破壊する極限の状態において耐え得るせん断力で、 S_r を求める際には、せん断力は圧縮側コンクリートの弾性領域にある部分とスターラップとで受けもつと考え、スター

表-1

井筒模型 種類番号	破壊モーメント 実験値 M_e (t·cm)	破壊時せん断力 実験値 S_e (t)	破壊モーメント 計算値 M_u (t·cm)	破壊時せん断力 計算値 S_u (t)	中立軸での せん断応力 τ_0 (kg/cm ²)	コンクリートの引張強度 f_t (kg/cm ²)	S_r (t)
KI No.1	203.0	2.85	188.4	2.69	12.5	14.4	6.04
No.2	273.0	3.90	244.0	3.49	23.5	25.6	6.28
No.3	255.5	3.65	241.2	3.45	19.7	23.6	6.32
No.4	290.5	4.15	261.4	3.73	24.4	30.7	6.49
No.5	371.0	5.30	309.2	4.42	20.0	24.4	6.57
No.6	252.0	3.60	244.8	3.50	23.8	28.5	6.36
KII No.1	681.6	14.35	893.6	18.81	55.6	30.5	12.88
No.2	665.0	14.00	895.3	18.85	56.4	26.2	12.39

ラップは降伏しているものと仮定されている。表-1より模型KIIについては $\tau_0 > f_t$ 、かつ $S_r < S_u$ であるので曲げ破壊しないことがわかるが、これは実験結果と一

致している。つぎに中立軸を移動して最大抵抗モーメント M_r およびせん断力 S_r を求めると表-2のようになり、これまた実験値 M_e 、 S_e とかなりよく合致していることが確認される。

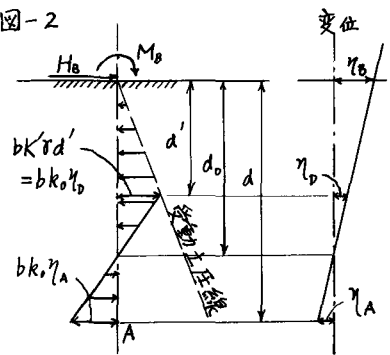
表-2

模型番号	S_e (t)	M_e (t·cm)	S_r (t)	M_r (t·cm)
KII No.1	14.35	681.6	14.26	677.1
No.2	14.00	665.0	13.85	658.0

4. 最大外力曲げモーメントの算出

水平力を受ける橋脚に作用する反力土圧は二次曲線が慣用されてきたが、図-2のごとく仮定するのが妥当と思う。すなわち反力土圧は受動土圧線を越えず、地盤反力係数は便宜上弾性区間で一定とみなし、底面反力を無視する。演算を進めた結果未知数 d' と d_0 とはつぎの2式を同時に満足するように決めればよいことがわかった。

図-2



$$d_0 = \frac{d' \left(\frac{2H_0}{bk'Y} - d^2 \right)}{d'^2 - 2dd' + \frac{2H_0}{bk'Y}}, \quad d_0 = \frac{d' \left(2d^3 + \frac{6M_B}{bk'Y} \right)}{\frac{6M_B}{bk'Y} + 3d^2d' - d'^3}$$

これより反力土圧が決まるので、最大外力モーメント M_A を算出できる。

5. 実橋脚に対する本理論の数値計算適用例

実橋脚の資料を用いて2.の M_u 、4.の M_A などを算出したが、詳細は講演時にゆずる。

6. 結言

極限設計的に考えた橋脚の耐震設計方法の概要を示したが、さらに数多くの実験を行うことによって、その妥当性を確かめたいと思う。