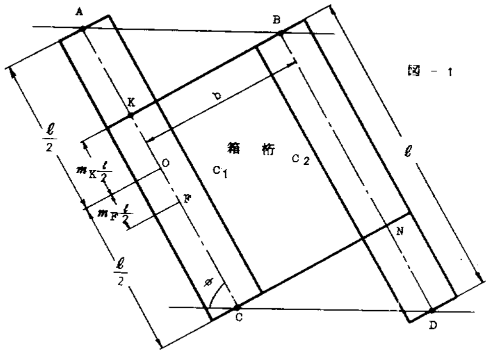
2主構型斜め箱桁橋について

名古屋工業大学　中　村　卓　次

高速道路の建設にともない、斜橋はますます多くなつて来ているが、「斜めである」事実を考えた力学的解析は、まだ十分に行われていない。D. Valalas[1]が述べている、2本の箱桁をこれと直角に交わる横桁により支承上で連結した構造は、材料が鋼の場合短いスパンに対しても斜橋の形式として極めて有利で、推奨に値するものである。

横桁を持つ斜橋を、斜めにはかつたスパンを持つ直橋として計算する普通の方法に比べ、支承上における横連結を算入した場合曲げモーメントに非常な減少が生ずることを例題をもつて示すことにする。

いま横桁ＢＫ、ＣＮによつて結ばれた2本の箱桁C_1、C_2からなる斜橋を考える。（図－１）点Ｋは箱桁C_1にのつた荷重によつて下がろうとする。この傾向は横桁ＢＫの回転を生ぜしめ、この回転がこんどは箱桁C_2の回転を起す。



図－１

ところがこの箱桁C_2は点Ｎにおいて横桁ＣＮに連結されているので自由には回転できない。従つて箱桁C_2がその振り抵抗によつて点Ｋに対し上向きの反力を及ぼし、これによつて点Ｋのタワミを助けることになる。すなわち箱桁C_1の曲げモーメントは、「箱桁C_2の振りモーメントの増加」という代償によつて減少する。このように2本の箱桁の横連結は、振りに対して大きな剛性を持つ鋼箱桁の場合、構造全体の経済になつて来る。

つぎにこのような構造の計算方法を示すこととする。いま箱桁C_1の軸上

の一点Fに集中荷重Pが作用した場合を考えることとし、箱桁の中央Oと点Fとの距離 $\overline{OF} = m_F \cdot \ell/2$、点Kとの距離 $\overline{OK} = m_K \cdot \ell/2$ で表わされるものとする。もし箱桁 C_1 が独立にあるものとすれば、点Kには次式の与えるタワミ Y_k を生ずる。

$$Y_k = \frac{P\ell^3}{48I}(1+m_k)(1-m_F)\left(1+m_F-m_K-\frac{m^2_K+m^2_F}{2}\right)$$

ここにIは箱桁の2次モーメントであり、ヤング係数Eおよび剛性係数Gは、それらの比だけでしか入つて来ないので、計算を簡単にするため E = 1 にとつてある。

このタワミ Y_K により横桁BKには回転角 $\Theta = Y_K/b$ を生ずる。ykは小さく横桁の剛性は極めて大きいとする。その結果箱桁 C_2 にも同量の回転角 Θ を生ずる。しかるに箱桁 C_2 は横桁CNに連結されており自由には変形できない。そこで点Kに反力Rが起つていると考えると、この反力Rによつて $M_t = bR$ なる振りモーメントがB点に生ずる。すると箱桁 C_2 は点Nにおいて同量の偶力モーメントを受けることになり、点CにはR、点Nには下向きにRなる反力が起り、点Nは y_R だけ下がる。ここに y_k は、点Kにかけられたある力Rによつて点Kに生ずるタワミである。

$$y_R = \frac{R\ell^3}{48I}(1-m^2_K)^2$$

従つて箱桁 C_2 の断面Nにおける回転角 Θ_N は

$$\Theta_N = y_R/b$$

であり、断面Bの断面Nに対する回転角は、振りモーメント M_t の作用のもとで、

$$\Theta_T = \int_B^N \frac{M_t\,dl}{GJ} = \frac{M_t}{GJ}\overline{NB}$$

ここに $\overline{NB} = \ell - \quad \cot\varnothing$、

GJは箱桁の振り剛性で

$$J = \frac{4S^2}{\oint \frac{ds}{t}}$$

Sは箱桁肉厚中心線の包む面積、tは板厚である。

以上のように点Kの変形は箱桁の捩り剛性によつて一部分さまたげられる。そこで点Fにかかつた集中荷重のもとで、横桁の作用により点Kにおいて箱桁を上げる反力をRとすると、点Kのタワミは $y_k - y_R$ であり、横桁の回転角は $\Theta = (y_k - y_R)/b$ となる。その結果2つの箱桁は横桁のところでに等しい回転角を生じ、それによつて箱桁に生ずる捩りモーメント M_t は

$$M_t = \frac{b \circ R}{2}$$

である。Nにおける箱桁の回転角 Θ を、$\overline{BN}$ にそつての回転角 Θ_T と断面Nの回転角 Θ_N との和に等しいとおけば、$\Theta = \Theta_T + \Theta_T$、すなわち、

$$\frac{y_k - y_R}{b} = \frac{(\ell - b\cot\phi)}{GJ} \circ \frac{bR}{2} + \frac{y_R}{b}$$

$$\therefore R = \frac{y_k}{A}$$

ここに $A \equiv \dfrac{(\ell - b\cot\phi)b^2}{2GJ} + \dfrac{\ell^3(1-m_k^2)^2}{24I}$

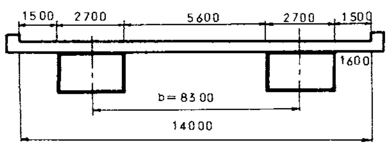
となる。この式が横桁により点Kに生ずる反力Rの値を与える。反力Rがわかれば箱桁の曲げモーメントは容易に算出される。

対称な一対の力が、各箱桁に作用した場合、点Kにおける反力は2倍になり、曲げモーメントは非常に減少する。しかしこのような横連結が存在する場合には、これにより生ずる捩り応力についても考えておく必要がある。

モーメントの減少の程度を示すため、数値計算の一例をあげると次のようになる。

図－2のような2つの鋼箱桁から成り立つ斜橋を考え、スパン30 *m*、幅員14 *m*の場合について、斜角と曲げモーメントの関係を求めて見る。荷重は2つの力P＝1tが各箱桁の中央に作用した場合を計算する。

図－2



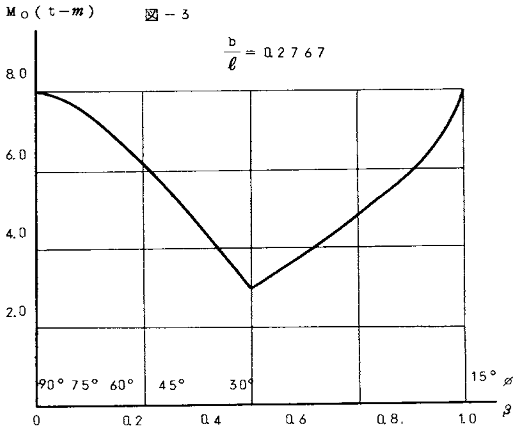
$I = 0.04\,m^4$、$J = 0.08\,m^4$、$G = 1/2.6$。

斜め度係数　として

$$\beta \qquad \frac{b}{\ell}\cot\phi$$

なる量を考えると、今の場合 $b/\ell = 0.2767$ であるから、β を0から1まで変えてそれに対するスパン中央の曲げモーメント M_0 を求めると次の表のようになる。

β	ϕ	R (t)	M_0 (t−m)	減少率 (%)
0	90°	0	7.500	0
0.1	70° 8′	0.2458	7.131	5
0.2	54° 9′	0.4162	6.252	17
0.3	42° 41′	0.5140	5.187	31
0.4	34° 41′	0.5760	4.044	46
0.5	28° 58′	0.6260	2.805	63
0.6	24° 46′	0.6744	3.435	54
0.7	21° 34′	0.7446	4.149	45
0.8	19° 5′	0.8756	4.874	35
0.9	17° 5′	1.188	5.718	24
1.0	15° 28′	0	7.500	0

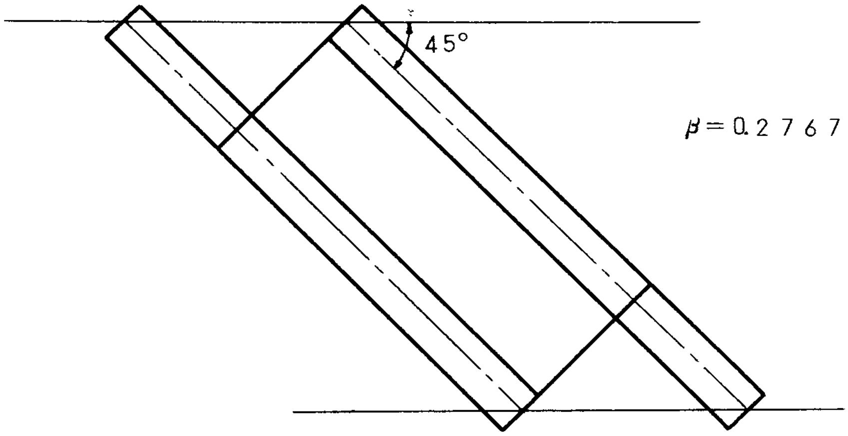


図−3

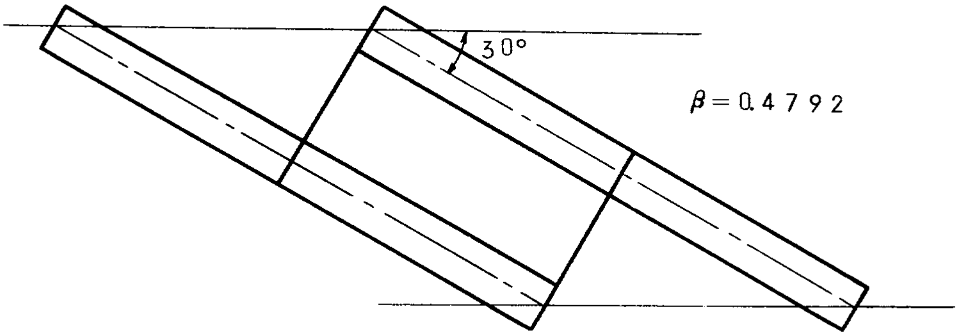
斜め度係数 β は斜角 ϕ が小になるにつれて、いいかえれば斜め度が大になるに従つて増大する。しかしこの β はまた幅員とスパンの比 b/ℓ が大になれば比例的に増大する。

β 従つて斜角 ϕ が一定なる場合「斜めであること」の影響は、幅のせまい橋におけるよりも、幅のひろい橋において敏感であり、またスパンの大なる橋におけるよりも、スパンの小なる橋において敏感であることがわかる。

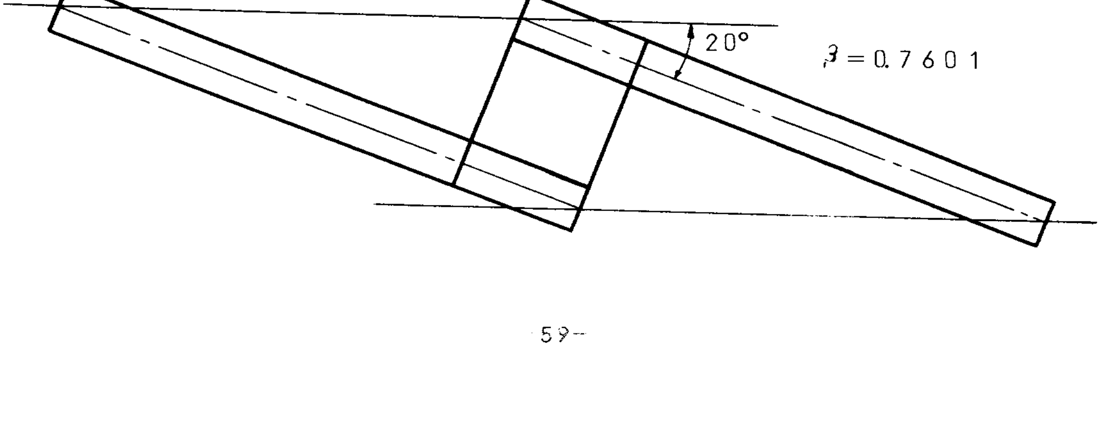
図－4



図－5



図－6



この計算例では、箱桁のスパン中央の曲げモーメントM_0は、$\beta=0$（$\phi=90°$）すなわち直橋の場合から、斜角ϕが小になるにつれて減少し、$\beta=0.5$（$\phi\fallingdotseq 29°$）で最小になり、それから$\beta=1.0$（$\phi\fallingdotseq 16°$）すなわち横桁が両箱桁の反対側の支承を結ぶ位置へ来るまで次第に増大する。（図－3～6）

この結果、曲げモーメントは$\beta=0.5$すなわち横桁が一方の箱桁のスパン中央と、もう一方の箱桁の支承とを連結する位置に来る場合に最少となり、「斜めであること」を考慮に入れなかつた場合に比べ、約63％減少することとなる。

参考文献

(1) D. Valalas, Aunale des Ponts et Chaussees, 1960.