

(I-20) 各種既成型枠のモルタル充填直後のねじれ安定性の比較検討

三和鋼器(株) 正員 ○矢嶋 望
三和鋼器(株) 米井博之
関東学院大学 正員 佐藤尚次

1. 序 論

従来より土木、建築の現場では省力化、省資源・省エネルギー化、コスト削減の努力が行われている。しかし、省力化、効率化を進めるに当たって、従来の工法(理論)の延長線上でこれを行っていくと未完成の構造物に大きな断面力が発生する場合があります、今まで影響を無視することができた思わぬ力が支配して、最悪の場合には事故につながる危険性をもつような事態が起こる可能性も考えられ、十分注意が必要である。

また、建設現場における仮設中の構造物の倒壊・破壊事故には、コンクリート充填時のように大きな荷重が作用するものの、流動体の部分が抵抗力をもたないという条件や、完成時に比べ拘束条件が緩いことから曲げだけでなく、ねじれを伴う現象が大きく影響するという条件で事故につながっていることが多い。

一般に曲げモーメントの発生に伴う諸現象は、通常の施工管理者にも知識がいきわたっており、十分なチェックが期待できるが、ねじれを伴う現象は学校でも十分な教育の機会がないことが多く、これまでもしばしば人命にかかわる労働災害の原因となってきた。

一方、最近では省力化の1つとして特に建築分野で「施工時の構造物の型枠支保工の省略」が重要なテーマとなっている。ビルにおける宴会場・会議室や体育館のような大きな空間の中で、はり、天井を施工する際にベントの数を減らすことができれば省力、省資源、工期短縮、ひいては経費削減と色々なメリットが見込める。しかし、支保工の省略は、型枠を含む未完成の構造物に大きなスパンをまたぐことを要求するものであり、発生断面力が大きくなることで、未経験の現象を誘引するおそれがある。

本研究は、モルタル充填直後に起こりうるねじれ不安定性に着目し、理論面から各種既成型枠のねじれ安定限界スパンを考究しようとするものである。

2. 検討条件

限界スパンを考えるに当たって図-1に示すような一般の型枠断面を考える。縦横比 $\beta = h/b$ と定義する。文献¹⁾等によると、土木の桁では通常 $\beta = 2 \sim 4$ 程度のものが多い。

今回は必ずしも施工実績にこだわらず理論面の興味を中心に b を20~40cm、 h を20~400cmの範囲で $\beta = 1 \sim 10$ まで、また板厚 t ($t = t_h = t_b$ とした)を変化させた場合の各種剛性の異なる3種類の型枠(木製、鋼製、アルミ製)を考え、限界スパンとの関連について調べた。また、ねじれ安定照査式は文献²⁾の(1)式に示すように2つの項から成り立っていて、第1項は反りねじれ、第2項はサンプナンねじれに影響する。

$$EC_w \psi^{(4)} - GJ \psi^{(2)} = c_T \quad (1)$$

左辺第1項と第2項を合わせたものがねじれ変形に対する抵抗ねじれモーメントになる。右辺は分布外力ねじれモーメントである。今、このはり断面に微小外乱としてねじれ角 ψ が生じたとすると、モルタル部分の重量のベクトルは型枠のせん断中心 S のまわりに付加ねじれモーメント $\Delta w(f + \alpha h/2)\psi$ をつくる。

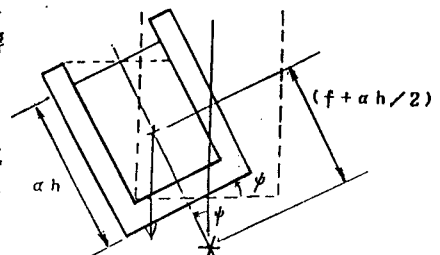
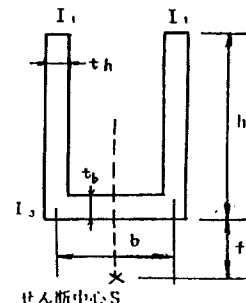


図-1 型枠の寸法と微小ねじれ角の模式図

これで(1)式の c_r を置き換えた、

$$EC_w \psi^{(4)} - GJ \psi^{(2)} = Aw (f + \alpha h/2) \psi \quad (2)$$

がこの問題の線形化有限変位表現であり、柱の曲げ座屈におけるオイラーの方程式に相当するものであり、境界条件を考慮して $\psi = \sin(\pi L/x)$ を代入することにより、

$$\alpha h b w (f + \alpha h/2) = EC_w (\pi/L)^4 + GJ (\pi/L)^2 \quad (3)$$

が得られる。ここで $t=t_w=t_b$ 、 $\beta=h/b$ を考え C_w 、 J の形を入れると(3)式は

$$\alpha (\alpha/2 + 3\beta/(6\beta+1)) = (1/wb) ((E\pi^4/3)(I_1/L^4) \gamma + (G\pi^2)(t^3/bL^2) \delta) \quad (4)$$

$$\text{ただし、} \gamma = (3\beta+2)/(6\beta+1)、\delta = (2\beta+1)/\beta^2$$

と単純化される。式展開の詳細は文献²⁾参照。

3. 検討結果

検討対象は剛性の異なる

- ①木製型枠 ($E=80 \times 10^3 \text{ Kg/cm}^2$; $G=5 \times 10^3 \text{ Kg/cm}^2$)、
 - ②鋼製型枠 ($E=2.1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$; $G=0.81 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$)、
 - ③アルミ製型枠 ($E=0.7 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$; $G=0.27 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$)
- の3種類を考えた。限界スパン(L)の定義は、式(3) or 式(4) (左辺 $\leq$ 右辺)を満足する L とする。

図-2に木製型枠($t=10\text{mm}$)の b を変化(20~40cm)させたときの L を示した。計算したほとんどの範囲で式(3)の右辺のうち反りねじれが抵抗モーメントの大部分をしめており、サンプナンだけを考えたのでは過度に安全側になることがわかる。

図-3は、3種類の型枠 $b=30\text{cm}$ の場合の L の変化を示す。ただし、板厚(t)は木製10mm、鋼製とアルミ製は1mmとした。 β の変化に伴って木製とアルミ製の L は、ほぼ同値となり鋼製はこれらの約1.2~1.3倍となった。また β は増分1当たりについての L の増加は木製とアルミ製は3.8cmとはほぼ同値となり、鋼製は5.3cmとなった。

図-4は $b=30\text{cm}$ の各種型枠の限界スパンと重量の比で、各種類とも β の増加に伴って単位重量当たりの L は減少した。また木製と鋼製がほぼ同値になるのに対し、アルミ製は単位重量当たりの L は大きく木製と鋼製の約2.5~2.7倍となった。したがって、容易にねじれ抵抗スパンを確保するという意味で、アルミ製型枠の優位性が示唆される。

4. あとがき

従来の木製型枠から鋼製もしくはアルミ製の型枠を導入して性能の向上をはかることは型枠支保工の省略のために有益であるが、特にねじれに関しては理論・実験の両面から十分なチェックが行わねばならない。今後は、これらの面も考え検討を行っていきたい。

- 1) 土木学会：新体系土木工学43・橋梁上部構造(Ⅲ)コンクリート橋 pp. 168-187
- 2) 佐藤尚次：モルタル打設直後のはりのねじれ安定性について・第25回安全工学シンポジウム講演予稿集、pp. 205-208, 1995年6月

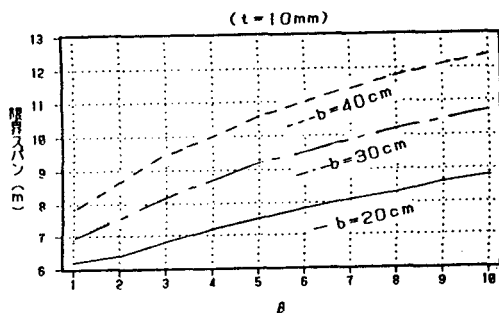


図-2 木製型枠の限界スパン

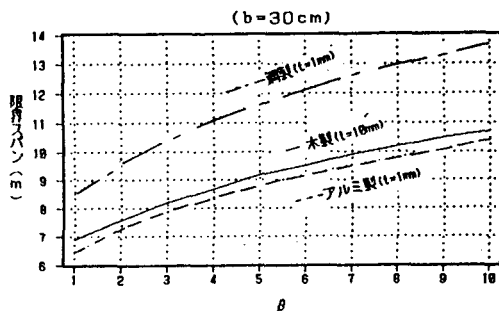


図-3 各種型枠の限界スパン

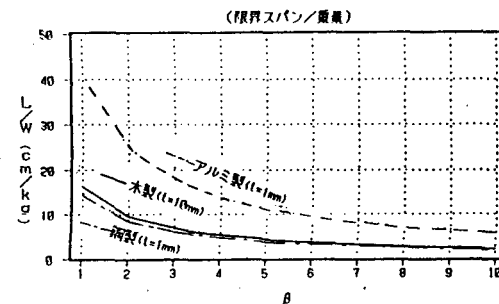


図-4 各種型枠の限界スパンと重量の比