

九州産業大学 正員 山崎 竹博

## 1. まえがき

空目地で接合されたフレキャストコンクリート構造物の断面力は、特に不静定構造の場合、接合部の曲げおよびせん断挙動などの影響を受け、その分布が一体構造の場合とは異なることは言うまでもない。筆者は、それらの内、せん断挙動に注目して、これまでに2面せん断試験を行ない、任意の接合力を受ける空目地接合面のせん断応力～すべりの関係を表示するとともに、同関係がねじりを受ける円形断面空目地接合部においても成立することを実験的に確かめてきた。ここでは、さらに、そのせん断応力～すべりの関係が円形断面以外の空目地接合面のせん断挙動の推定に用いられるかどうかを検討するとともに、同関係を用いて面外荷重を受けるフレキャストラーメン構造の解析を試みたので報告する。

## 2. せん断伝達ねじりモーメント～すべりの関係

筆者は、これまでに2面せん断試験の結果から、コンクリート空目地接合面には、最大せん断摩擦以下にせん断力が作用した場合であっても、接合面相互間に相対すべりが生ずることを報告してきた。この相対変位を一概に“すべり”と呼ぶことには問題があるが、ここでは便宜上“すべり”と呼ぶことにする。このせん断応力～すべりの関係は、これまでの実験から式-1のように表わされる。

$$\tau = (B \delta)^{\frac{1}{n}} \mu \sigma_z \quad \dots\dots (1)$$

ここに、 $\tau$ : せん断応力 (kgf/cm<sup>2</sup>)、 $\mu$ : 最大摩擦係数、 $\sigma_z$ : 軸方向応力 (kgf/cm<sup>2</sup>)、 $B, n$ :

材料の性質により定まる定数、 $\delta$ : すべり量 (cm)

図-1に示す、幅 $b$ 、高さ $h$ の断面に生ずるせん断伝達ねじりモーメントは次のように計算される。いま、座標原点を中心に $\varphi$  radだけ回転変位を生じたときの、座標原点から $r$ の距離にある微小要素 ( $dx \cdot dy$ ) のすべり量 $\delta$ は式-2で表わされるので、同式を式-1に代入すれば、微小要素に生ずるせん断応力 $\tau$ は式-3のように計算される。

$$\delta = r \varphi \quad \dots\dots (2) \quad \text{ここに、} r^2 = x^2 + y^2$$

$$\tau = (B r \varphi)^{\frac{1}{n}} \mu \sigma_z = (B \varphi)^{\frac{1}{n}} \sqrt{x^2 + y^2}^{\frac{1}{n}} \mu \sigma_z \quad \dots\dots (3)$$

よって、せん断伝達ねじりモーメント $M_t$ は式-4のように、微小要素のせん断力によるモーメントを積分することにより求められることになる。従って、式-4から、ねじりモーメント $M_t$ と相対すべり角 $\varphi$ との関係が得られ、この関係をフレキャスト接合部における変形の適合条件に導入することによって、せん断摩擦挙動を考慮した構造解析が可能となる。

$$M_t = \int \tau r dA = (B \varphi)^{\frac{1}{n}} \mu \sigma_z \int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} (x^2 + y^2)^{\frac{n+1}{2n}} dx dy \quad \dots\dots (4)$$

## 3. 実験概要

実験供試体のコンクリートは、これまでに行った実験と同一の配合 (目標強度 300 kgf/cm<sup>2</sup>程度,  $W/C = 60\%$ ,  $C = 280 \text{ kgf/m}^3$ ,  $S/a = 45\%$ ) とした。ねじりせん断試験には、図-2に示すような、高さ 10 cm、幅 20 cm の矩形断面供試体を用い、載荷用腕に2点集中荷重 $P/2$ を加えることによりねじりモーメントを作用させ、その時の接合部のすべりを供試体対称側面に取り付けた変位計により測定した。

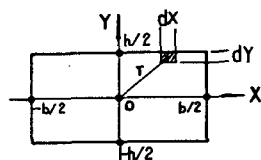


図-1 接合部断面

荷重は、すべり角が  $1 \times 10^{-4}$  rad にならまで増加させた後除荷し、再び最大値まで載荷することとした。このとき、各荷重レベルでの軸方向力の動向を軸方向力導入用棒鋼に貼付したストレインゲージによって調べている。軸方向応力の導入は、コンクリート圧縮強度の 2.5, 5, 7.5, 10 % を目標にして、棒鋼両端に設けたねじを締めることにより行なった。

#### 4. 実験結果および考察

**ねじりせん断試験** 実験から得られたねじりモーメント ～ すべり角の一例を図-3, 4に示す。それらの結果から、繰返し荷重によるすべり角は、これまでの報告と同様に、先行荷重レベルに達するまで小さく、それ以上では単一漸増荷重によるすべり曲線と同様の挙動を示すことがわかった。

**すべり角の算定** 以上の実験における断面諸元を式-4に代入し、理論的にねじりモーメント ～ すべり角の関係を求めた。すなわち、定数  $B=82.7$ ,  $\mu=0.77$ ,  $n=2.82$  を用いて実験より得られた  $M_t$ ,  $\sigma_z$  に対するすべり角を計算する。このとき、式-4は式-5のように整理され、係数  $J$  は 8542 と計算される。このようにして求めたすべり角を、図-3, 4の破線で示す。

$$\varphi = \left( \frac{M_t}{J \sigma_z} \right)^n \quad \dots \dots \dots (5)$$

**比較検討** これらの実験および計算結果から、低荷重域では計算によるすべり量が実験値のそれを上回るが、更に荷重が増加すればその差は小さくなる傾向が見られる。その原因は、供試体の軸方向応力レベルが 10 % 以下であるにもかかわらず、計算には、 $B, n$ 等の諸値として、これまでに報告した応力レベル 10 % 以上の値を使用したことによると考えられる。すなわち、せん断応力 ～ すべりの関係は、接合応力が小さく、接合部表面のモルタルおよびペーストなどの圧潰もしくはせん断による損傷が生じないような接合応力レベルに近づくにつれ、一般に知られる摩擦理論(最大静止摩擦力に達するまで物体はすべりを生じない)に従うようになるものと筆者は推測している。この現象に関しては、今後さらに追究するつもりである。

**ラーメンのモーメント分布** 図-5に示すラーメンのモーメントをたわみ角法で計算した。このとき、式-5によって算定される相対すべり角を用いて求めた計算を行なうと、そのモーメントは、接合部がヒンジおよび剛結の場合のモーメント図の間にあり、荷重の増加につれてヒンジ接合に近いモーメント分布に移行する。

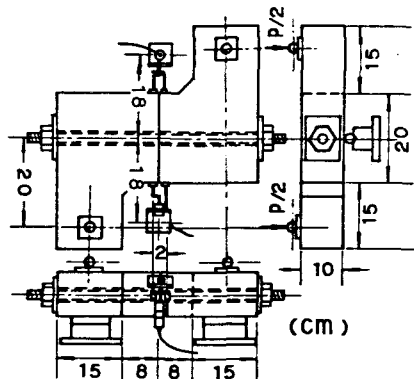


図-2 ねじり試験供試体

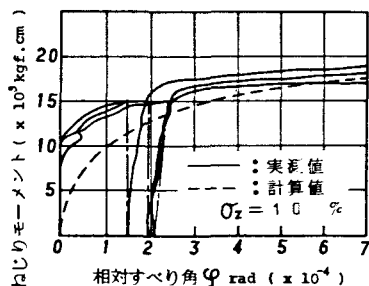


図-3 ねじりモーメント～すべり曲線

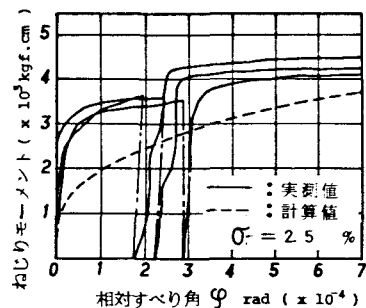
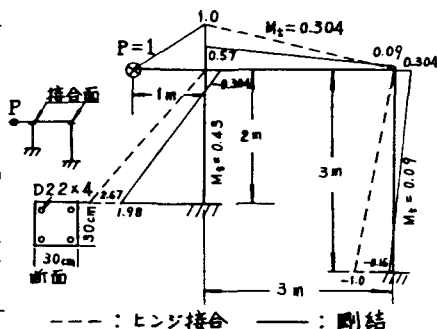


図-4 ねじりモーメント～すべり曲線



--- : ヒンジ接合    — : 剛結

図-5 面外荷重を受けるラーメンのモーメント分布図

参考文献 1) 山崎竹博 宮川邦彦, “プレキャストコンクリート接合面のせん断挙動”, セメント技術年報 33, 昭和 54 年 2) 山崎竹博, “コンクリート空目地接合面のねじりせん断挙動”, セメント技術年報 34, 昭和 55 年