

九州大学 学生員 ○ 日野 伸一

九州大学 学生員 井上 弥九郎

九州大学 正員 太田 俊昭

1. まえがき 著者らは、プレキャストコンクリートブロック工法の実用化を目的として、その基礎的段階として、鋼ジョイントで連結されたRCならびにPC単純桁(図-1参照)の曲げ破壊性状と耐力を解明すべく、一連の理論的実験的研究を行ってきた。その際、この種連結桁の解析には接合部の完全剛結性を仮定した換算断面剛性を用い、弾塑性はり理論を適用したが、接合部の設計には、ジョイントプレートとコンクリート母材とのすべりや不完全剛結性などを考慮した解析法の確立が必要である。アングルプレートなどの不完全剛結特性に関する研究としては、山崎・櫻木らのエネルギー法による解法があり、ここでは、これを本ジョイント構造に拡張適用した場合についての理論を示し、実験と比較対照する。

2. 解析理論の概要 次の仮定のもとに論じるものとする。

(i) 接合部は、材軸方向に左右対称であるので、鉛直プレートを固定端とする一種の片持ばりと見なす。

(ii) 接合端部は、A, B点において水平プレートとコンクリートはりが完全に結合されている。

(iii) 鉛直プレートおよびコンクリートはり部は、水平プレートに比して剛性が大きいので、それらの弾性変形は無視できる。

(iv) 接合部の下水平プレートとコンクリート間に、図-2に示すような分布摩擦力 $f(z)$ が水平方向に働く。また、プレート固定端における相対すべり量を F_0/l ($F_0 = \int_0^l f(z) dz$ は全摩擦力、 l は摩擦係数で実験的に $1.66 \times 10^{-6} \text{ kg/cm}$)で線形表示できる。

図-2に示すような直交座標 (y, z) 系のもとで、接合部が、曲げモーメント M_0 に対して回転変位 ϕ を起こした時の変形状態から考察して、プレートとはりの結合点A, Bで、はりからプレートに伝えられる諸力は、 y, z 方向変位 δ_y, δ_z および回転変位 ϕ に対応する Y, Z および M であり、それと逆向きの力がプレートからはりに働く。また、下プレート接合面には仮定(iv)より分布摩擦力 $f(z)$ が働き、さらには、回転中心R点で鉛直プレートからの反力 R_y, R_z がはりに作用する。従って、はりに働く各方向の力およびモーメントのつり合い式は次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} Y_0 + Y_L + R_y &= 0 \\ Z_0 + Z_L + F_0 - R_z &= 0 \\ M_0 + M_L + (Y_0 + Y_L)l + (Z_0 + F_0)h &= M_0 \end{aligned} \right\} \dots \dots (1)$$

また、R点を中心に点AおよびBが ϕ だけ回転移動した時、それぞれの幾何学的変位量は、 ϕ が微小であるので $1 - \cos \phi \approx 0$, $\sin \phi \approx \phi$ なる近似をすれば、次式のように表わされる(図-3参照)。

$$\delta_{yu} = l \phi \quad \delta_{ze} = l \phi \quad |$$

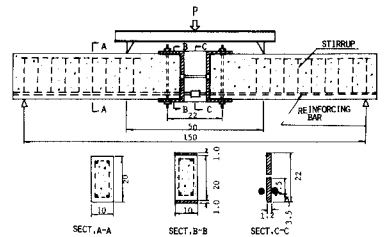


図-1

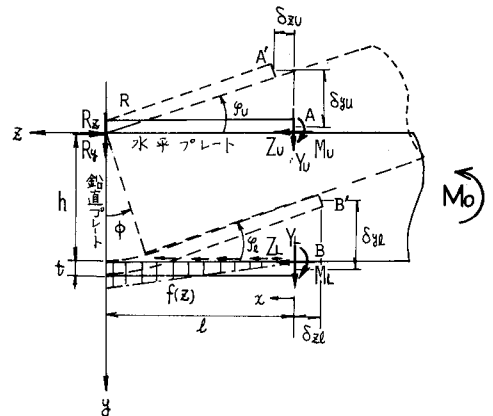


図-2

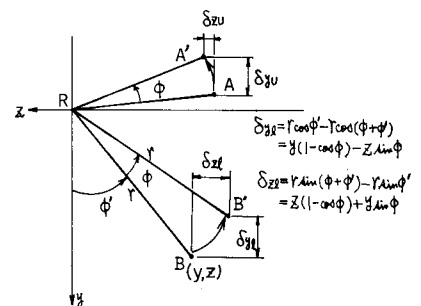


図-3

$$\left. \begin{aligned} \delta_{Z0} &= -t/2 \cdot \phi & \delta_{ZL} &= (h+t/2) \phi \\ \phi_0 &= \phi & \phi_L &= \phi \end{aligned} \right\} \text{----- (2)}$$

さらに、仮定(iv)と(2)式より、次式が成立立つ。 $F_0 = k h \phi$ ----- (3)

一方、上下の水平プレートは、それぞれA, B点でZ, Y, Mなる力およびモーメントを受ける片持ばりと思ふことができる。せん断力によるひずみエネルギーは微小として無視すれば、軸力および曲げモーメントによるプレートの全ひずみエネルギーは、次式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} \text{上プレートに対して、} & W_u = \int_0^L Z u^2 / EA \cdot dx + \int_0^L (M_u + Y_u x)^2 / 2EI \cdot dx \\ \text{下プレートに対して、} & W_l = \int_0^L (Z_L + F_0 x / A)^2 / 2EA \cdot dx + \int_0^L (M_L + Y_L x - F_0 x / 2A)^2 / 2EI \cdot dx \end{aligned} \right\} \text{----- (4)}$$

ここで、E, A, Iは、それぞれプレートのヤング率、断面積、断面2次モーメントである。

(4)式に Castigliano の定理を適用すれば、諸力と変位の関係式が得られる。この力学的変位量と(2)式の幾何学的変位量を等置することにより、プレートの変位に関する条件式を得る。すなわち、

$$\left. \begin{aligned} l^2/EI \cdot (1/2 \cdot M_u + l/3 \cdot Y_u) &= l \phi \\ l/EA \cdot Z_u &= -t/2 \cdot \phi \\ l/EI \cdot (M_u + l/2 \cdot Y_u) &= \phi \\ l^2/EI \cdot (1/2 \cdot M_L + l/3 \cdot Y_L - t/8 \cdot F_0) &= l \phi \\ l/EA \cdot (Z_L + 1/3 \cdot F_0) &= (h+t/2) \phi \\ l/EI \cdot (M_L + l/2 \cdot Y_L - t/6 \cdot F_0) &= \phi \end{aligned} \right\} \text{----- (5)}$$

ゆえに、(1), (3)および(5)式を連立して解けば、諸力および ϕ の値が求まる。特に、不完全剛結特性 $1/Z (= M_0/\phi)$ を示せば、次式のようになる。

$$1/Z = 8\alpha l + (zk/3 + \beta) \cdot h^2 + (5k/12 + \beta/2) t h \text{ ----- (6)}$$

ここで、 $\alpha = EI/l^2$, $\beta = EA/l$ である。

3. 解析結果および実験値との比較

図-4は、プレート長 l を一定にして、プレート厚 t を、また、図-5は t を一定にして l を、それぞれ変化させた場合の $1/Z$ を比較したものである。これより、 t が大きい程、また l が小さい程、接合部の剛性が高いことがわかる。また、接合面の摩擦力を考慮した場合は、考慮しない場合のおよそ 1.5~2.0 倍の不完全剛結特性値を示すことが認められた。図-6, 7は、それぞれ図中に示すような諸寸法を有する接合部の相対たわみ量について、解析結果ならびに実験結果をプロットしたものである。接合部の不完全剛結性を考慮した場合の変形量は、考慮しない場合に比べると、摩擦力を仮定しない場合で 11~12%、摩擦力の存在を仮定した場合で 14~17% 大きくなっている。詳細については、講演時に発表する。

参考文献

1) T. Ohta and T. Nakazawa: Fundamental Studies on Elasto-Plastic Bending and Shearing of Reinforced Concrete Beams, Memoirs of the Faculty of Engineering, Kyushu University, Vol. 33, No. 3, Jan. 1974.

2) 山崎, 榎木: 曲げモーメントを伝える直交アングル接合部の不完全剛結特性の解法, 土木学会論文集第130号, 昭和41年6月。

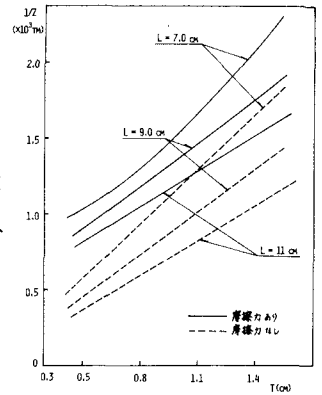


図-4

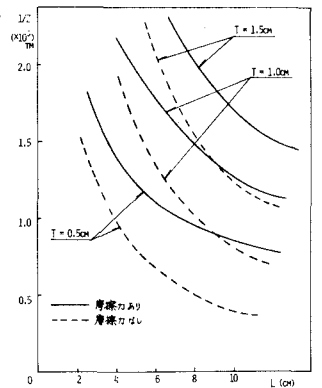


図-5

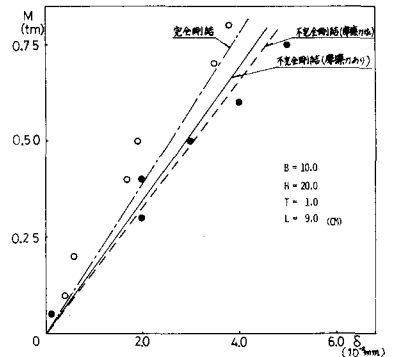


図-6

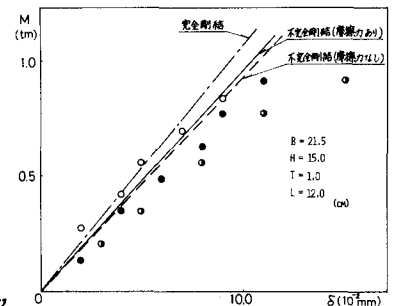


図-7