

横浜国立大学大学院 学生会員 橋本 幹司
 横浜国立大学工学部 正会員 椿 龍哉
 横浜国立大学工学部 正会員 池田 尚治

1. まえがき

コンクリート構造物内のびびり面等の界面におけるせん断伝達は、骨材のかみ合い、コンクリート面での摩擦、鉄筋のダウエル作用等の複合作用として考えられ、構造物の力学的挙動に大きな影響を与えることが知られている。そこで、本研究ではRC平板の界面せん断伝達機構における鉄筋のダウエル作用の割合や応力分布を界面の粗さや剛性をパラメータとして、せん断摩擦現象を考慮した有限要素法により解析的に求めることを試みた。

2. 界面せん断伝達をモデル化した有限要素解析手法

せん断摩擦現象を考慮した界面せん断伝達機構のモデル化には次式で表わされるようなリンク要素¹⁾を用いる。

$$\begin{Bmatrix} f_n^c \\ f_t^c \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{nn} & 0 \\ \mu k_{nn} & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_n \\ u_t \end{Bmatrix} \quad ; \quad \begin{Bmatrix} f_n^s \\ f_t^s \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{nn}^s & 0 \\ 0 & k_{tt}^s \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_n \\ u_t \end{Bmatrix} \quad (1a,b)$$

ここに、 u, f, μ は、各々、変位、節点力、摩擦係数を表す。添字 n, t, c, s は、各々、界面の法線方向、接線方向、コンクリート、鉄筋を意味する。 k_{nn}, k_{tt} は界面の法線方向と接線方向の剛性であり、 k_{tt}^s は鉄筋のダウエル剛性を表す。せん断摩擦現象は式(1a)に $\bar{\theta}$ の回転を加えたものを用いてモデル化する(図-1参照)。 $\bar{\theta}$ と k_{nn} は、各々、界面の粗さと剛性を表すパラメータとして用いる。界面以外のコンクリートにはEndochronicモデルを、また、鉄筋にはバイリニアの応力-ひずみ関係を用いる。荷重は強制変位増分により与えられる。

3. 数値計算例

本研究で解析したRC平板の要素分割を図-2に示す。平板の下辺は固定し、上辺に強制変位 $\Delta x, \Delta y$ を一樣に作用させる。 $\Delta y = \Delta x/10, \Delta x = 0.005\text{cm}$ である。ただし、図-3,4以外の場合は $\Delta y = 0$ である。荷重を1step作用させた場合の結果を以下にまとめる。なお、界面の鉄筋の軸方向剛性は、図-3,4については $k_{nn}^s = \infty$ 、図-5,6については $k_{nn}^s = E_s A_s / C_w$ (C_w :初期びびり幅)とする。図-3~5は界面の剛性が大きく $k_{nn}^s = \infty$ の場合である。 $\bar{\theta} = 0^\circ$ の場合、鉄筋のダウエル剛性 k_{tt}^s と、界面における全せん断伝達力 F_t に対する鉄筋の受持つせん断伝達力 F_t^s の比率の関係は、図-3のようになる。ここに、 E_s は鉄筋のヤング率である。分担率は k_{tt}^s に対して比例的に増加するが、約6割以上は増えない。界面の両端部が固着状態かすべりの状態かにより不連続性が現れる。図-3の破線の右側が固着状態である。図-4には界面のコンクリートの接線方向の応力 σ_{tt} および鉄筋に作用する力 f_t^s の分布を示す。法線方向の応力は、分担率が変化するが、ほぼ同じ分布である。鉄筋のせん断伝達力分担率、界面の法線方向変位 u_n 、界面における鉄筋の軸方向応力 σ_{nn}^s 等におよぼす界面の粗さの影響を図-5に、また、界面のコンクリートの剛性の影響を図-6に示す。後者は界面のコンクリートの塑性変形を定性的に考慮したものである。 E_c, A_c は、各々、コンクリートのヤング率、断面積である。これらの結果より、鉄筋の分担率は界面がなめらかで、コンクリートの剛性が小さい場合に増加することがわかる。また、せん断摩擦現象は $\bar{\theta}$ の関数であり、界面における法線方向変位と鉄筋の軸方向応力は比例関係にあることが確認された。

4. あとがき

界面せん断伝達機構における鉄筋の分担率や応力分布をクーロン摩擦則を適用したリンク要素を用いて解析的に推定する手法を検討した。同要素を用いてせん断摩擦現象をモデル化できることが確認された。

【参考文献】

1) 椿・山野辺・池田：面内力を受けるコンクリート平板の解析に関する一考察——有限要素法と境界要素法、第2回RC構造のせん断問題に対する解析的研究に関するコロキウム論文集、日本コンクリート工学会、1983年10月。

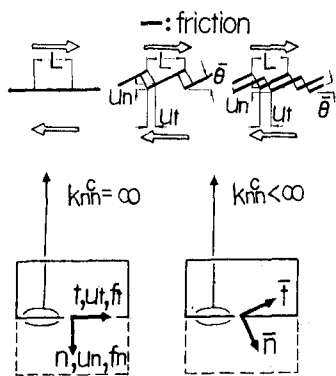


図-1 セン断伝達モデル

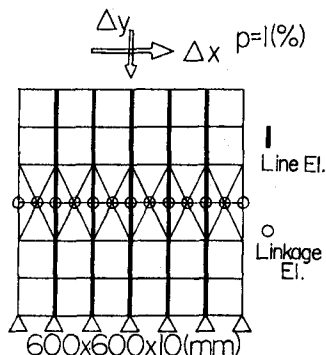


図-2 要素分割図

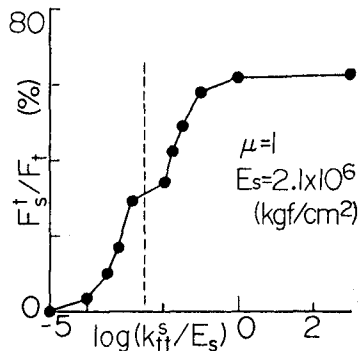


図-3 ダンペル剛性と分担率の関係 ($\bar{\theta}=0^\circ$)

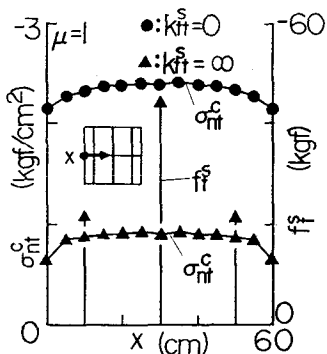


図-4 接線方向の応力分布 ($\bar{\theta}=0^\circ$)

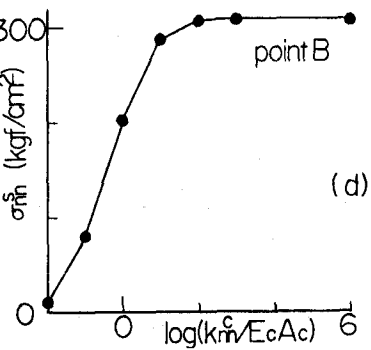
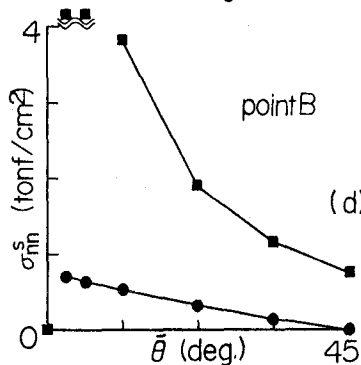
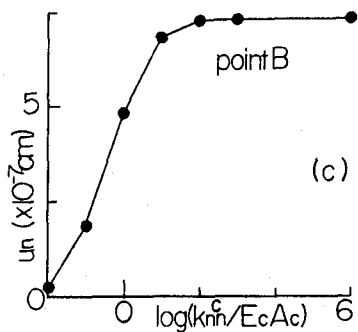
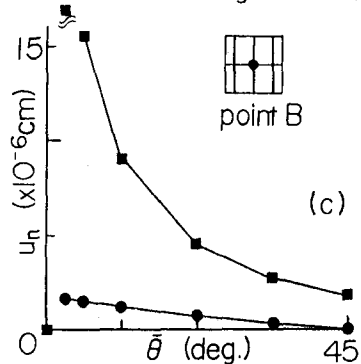
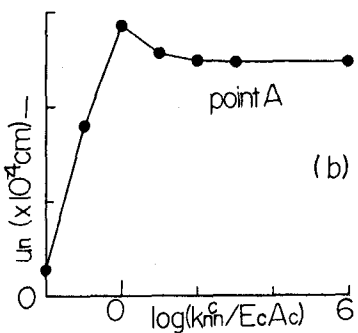
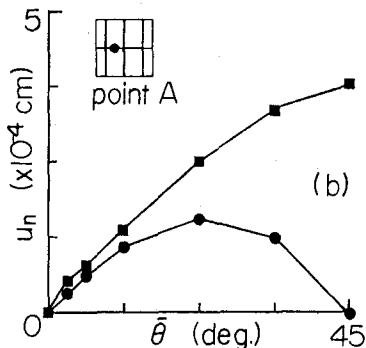
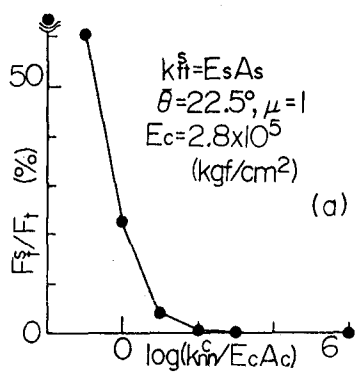
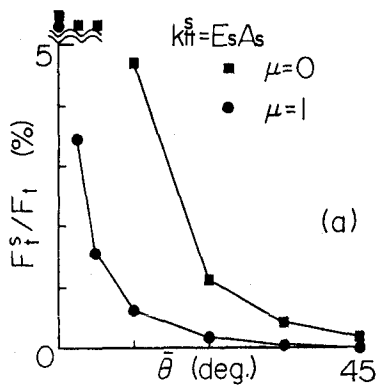


図-5 界面の粗さの影響

図-6 界面の剛性の影響