

# 鋼コンクリート合成桁の非線形せん断特性の数値的評価

東北大学大学院工学研究科	学生員	瀬戸川敦
東北大学大学院工学研究科	正員	斉木 功
東北大学大学院工学研究科	正員	山田真幸
東北大学大学院工学研究科	正員	岩熊哲夫

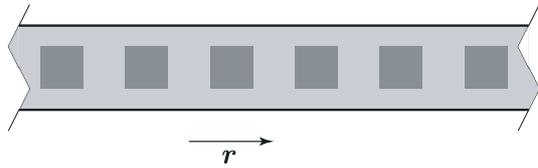


図-1 対象構造

## 1. はじめに

鋼コンクリート合成桁は、ずれ止めによって鋼とコンクリートの一体化を確保することで、単一材料より優れた設計を可能にしている。従って、構造物全体を対象とする有限要素解析を行う場合には、このずれ止めもモデル化することが望ましい。しかし、ずれ止めは構造物全体に対して非常に小さいので、陽にモデル化することは計算負荷の観点から現実的ではない。そこで何らかの平均物性評価が必要となる。

スタッドジベルの場合、押抜きせん断試験による平均物性評価が一般的であり、現行の道路橋示方書におけるスタッドの許容せん断力の算定式も押抜き試験に基づいている<sup>1)</sup>。しかし、押抜きせん断試験の境界条件は実構造物中のスタッドの変形状態を正確に再現しているかどうかは確認されていない。そこで本研究では、合成桁中のスタッドの変形状態を忠実に再現し、スタッドのせん断特性を解明することを目的とする。

## 2. 解析手法

本研究では図-1に示すような周期性を有するはりを対象とする。合成桁の場合は橋軸方向が周期方向、スタッドの間隔が周期長となる。

周期境界条件によるせん断変形は

$$\mathbf{x}^d - \mathbf{x}^i = \mathbf{r} = \left\{ r \quad 0 \quad 0 \right\}^T \quad (1)$$

を満たす周期境界面上の節点  $i$  と  $d$  のペアに対して

$$\Delta \mathbf{u} = \mathbf{u}^d - \mathbf{u}^i = \left\{ 0 \quad \gamma r \quad 0 \right\}^T \quad (2)$$

という相対変位によって与えられる。

相対変位のみを与えた場合、代表体積要素は変形せず剛体回転してしまう。そこで、周期方向の各位置にお

ける断面の回転の平均を代表体積要素の回転とし、これを拘束することで剛体回転を拘束する。原点を代表体積要素の図心に置くと、周期ベクトルに垂直な断面の回転に関する拘束条件式は

$$g := \frac{\int x_2 u_1 dV}{r \int (x_2)^2 dA} = 0 \quad (3)$$

と表される。

材料界面に生じるずれや剥離を考慮するために接触解析を行う。合成桁の材料界面は初期状態で接触しており、ずれによって生じる相対変位も微小であるから、節点間接触を採用する。定式化には penalty 法を用いており、界面の接触力は penalty パネによって伝達される。また、接触力の積分には return mapping 法を用いる。

弾塑性解析のための材料モデルについては、コンクリートには Drucker-Prager の破壊基準を用いている。また、鋼材には von Mises の降伏基準を用い、降伏点までは弾性、降伏後は完全塑性としている。

## 3. 解析結果

押抜き試験モデルを図-2に示す。得られたせん断力-ずれ、荷重-ずれ関係を図-3に示す。ずれはスタッド位置における鋼材とコンクリートブロックの表面の相対変位とした。また、せん断力とはスタッドとコンクリートの界面に生じるせん断方向の接触力の総和を、荷重とは鋼材に載荷される力を指す。摩擦係数  $\mu = 0.0$  のケースでは荷重とせん断力はほぼ一致した。一方、 $\mu = 0.5$  のケースでは荷重とせん断力に 13.7% の差が生じた。このことから押抜き試験で測定される荷重をスタッドに作用するせん断力とするのは適切ではないことが分かる。また、 $\mu = 0.5$  のケースではずれが 1.6mm までの時の荷重が  $\mu = 0.0$  のケースに比べて低下している。これは摩擦が存在することによってより広い範囲でコンクリートが塑性変形するためであると考えられる。せん断力については  $\mu = 0.5$  のケースのほうが  $\mu = 0.0$

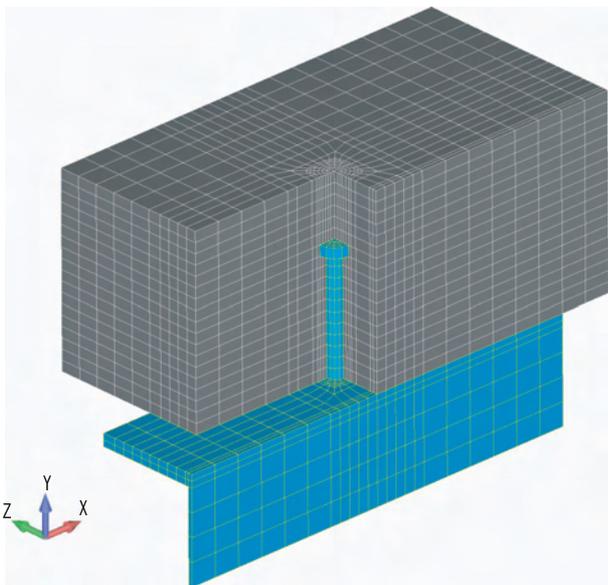


図-2 押抜き試験モデル

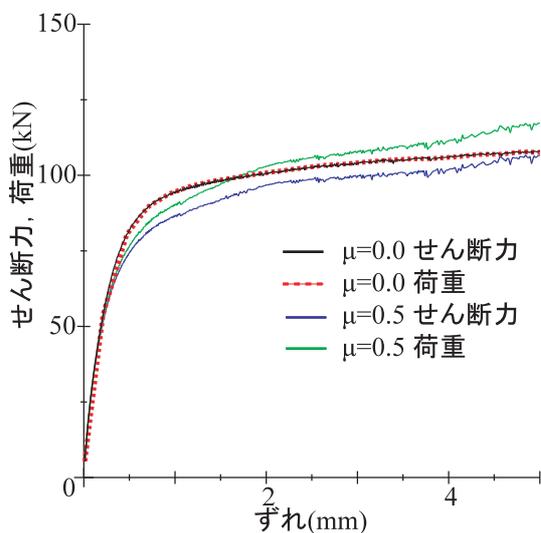


図-3 押抜き試験モデルのせん断力 - ずれ, 荷重 - ずれ関係

のケースより低下した。摩擦によってスタッドに作用するせん断力が低減されていることが分かる。

合成桁モデルを図-4に示す。周期境界条件によるスタッドの変形の様子と降伏域を図-5に、得られたせん断力 - ずれ関係を図-6に示す。比較のため、押抜き試験のせん断力も示す。合成桁モデルは押抜き試験モデルと比較するとより大きなせん断力が生じている。従って、押抜き試験では合成桁中のスタッドに作用するせん断力を正確に再現できていないことがわかる。

参考文献

- 1) 山本稔, 中村正平: Studd Shear Connector の試験報告, 建設省土木研究所報告, 第109号, pp1-24, 1961.

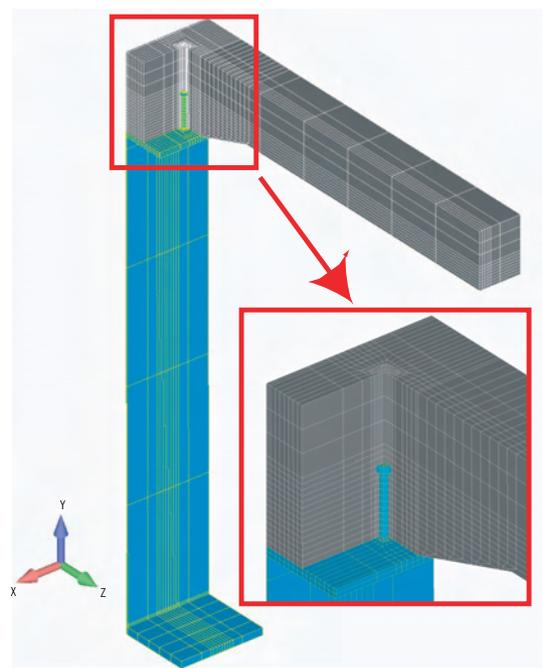


図-4 合成桁モデル

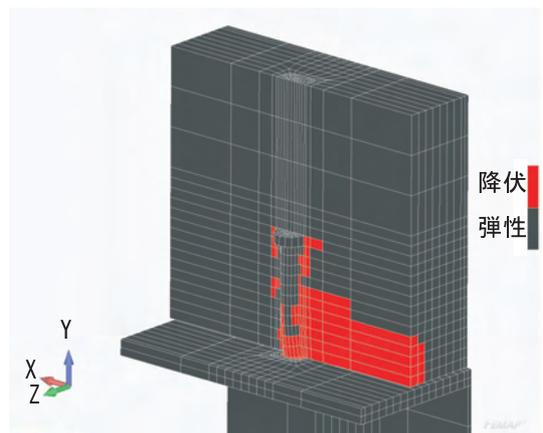


図-5 周期境界条件によるスタッドの変形と降伏域 (ずれ=1.02mm, 変形倍率 5.0倍)

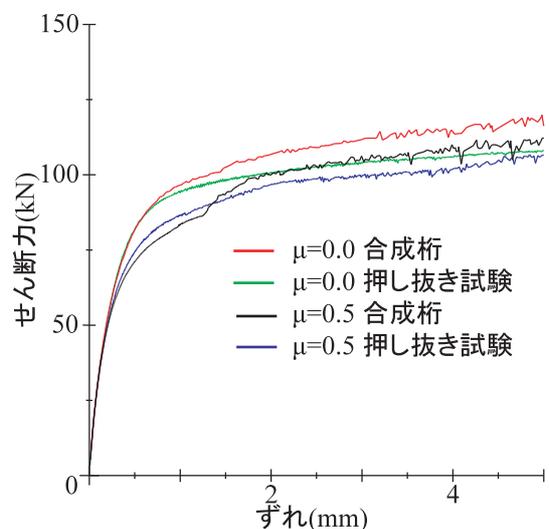


図-6 合成桁モデルでのせん断力 - ずれ関係