

I-100

ずれ止めの非線形性状を考慮した不完全合成桁の
弾塑性挙動の解析鹿島 正会員
川田工業池川真也 宇都宮大学 正会員 中島章典
山田俊行 足利工業大学 正会員 阿部英彦

1. はじめに

種々の合成構造物の弾塑性挙動を解析により追跡、把握するためには、コンクリートと鋼それぞれの材料非線形性を考慮するだけでなく、ずれ止め部材の非線形性状をも考慮する必要がある。

そこで本研究では、合成桁を対象として、押し抜き試験より得られたスタッドの非線形荷重ずれ関係を、剛体ばねモデル解析におけるスタッド配置位置の水平ばね特性に導入して、合成桁モデルの解析を行い、桁試験結果と比較検討をしながら、この解析方法の妥当性を検証した。

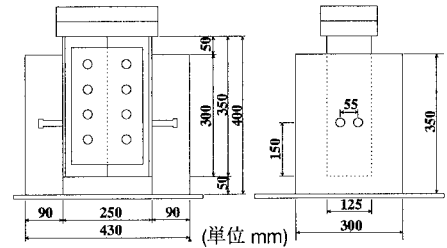


図1 押し抜き試験体形状

2. 試験体概要

押し抜き試験体形状を図1に示す。本実験で使用したスタッド形状は軸径13mmに対してスタッド全高を5.5倍程度の70mmとした一般的な諸元を有するスタッドである。押し抜き試験体、桁試験体ともにこの寸法のスタッドを用いている。図2は桁試験体形状である。本研究で用いた桁試験体は、スタッド配置間隔を100mmとしたType-10、200mm間隔としたType-20、300mm間隔としたType-30の3タイプである。載荷時には、桁のたわみを測定するために、載荷点直下と両支点にダイヤルゲージを、コンクリート床版下部と鋼フランジの相対的なずれ変位を測定するため、スタッド配置位置にクリップ型変位計を設置した。

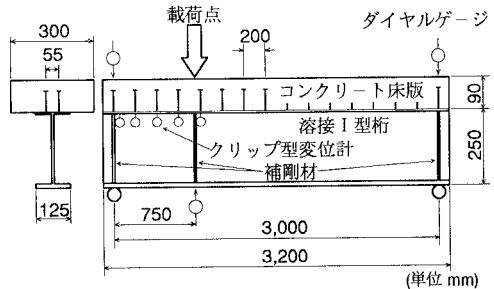


図2 小型桁試験体形状 (Type-20)

3. 剛体ばねモデル解析の概要

実験に用いた不完全合成桁のコンクリート床版部と鋼桁部を分割して図3のような剛体要素と、それぞれを結合するばねにモデル化した¹⁾。剛体要素間に配置するばね要素を図4に示す。コンクリート床版と鋼桁の同一部材の剛体要素間には、橋軸方向の軸力に抵抗する軸ばねとせん断力に抵抗するせん断ばねを設けた。また、コンクリート床版と鋼桁の剛体要素間には、上下方向の力に抵抗する鉛直ばねと橋軸方向のずれに抵抗する水平ばねを設けた。本解析は、せん断変形の影響を含むはり理論に基づく直応力一次元の解析である。

図5-aはコンクリート床版部の軸ばね特性を応力-ひずみ関係で表したものである。次に、コンクリート床版のせん断ばね特性は、図5-bに示されるようなコンクリート標準示方書²⁾の考え方に従う関係を用いた。ただし、解析の範囲ではコンクリートに作用するせん断力は弾性範囲内であり、解析における桁の挙動には大きな影響を与えない結果であった。また、鉄筋およびI型桁鋼材の軸ばね特性には完全弾塑性型の応力-ひずみ関係を導入した。鋼桁部のせん断ばね特性は、せん断による降伏を認めず弾性域内の挙動としたが、鋼桁のせん断に対する形状係数の考慮は行った。

図5-cはスタッド配置位置のコンクリート床版と鋼桁間の鉛直ばね特性であり、引張と圧縮の力の伝達を考えている。ただし、スタッドがない位置では引張力には抵抗できないので、図5-cの圧縮域のみのばね特性を考慮している。一方、スタッド配置位置の水平ばね特性には、押し抜き試験より得られた図5-dの点線のような非線形荷重ずれ曲線を、実線のように4本の直線で近似した。この関係をスタッド配置位置の水平ばね特性に導入す

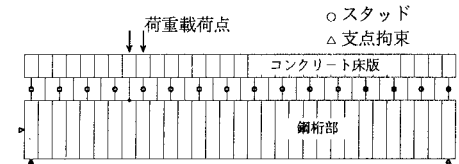


図3 桁試験体要素分割形状 (Type-20)

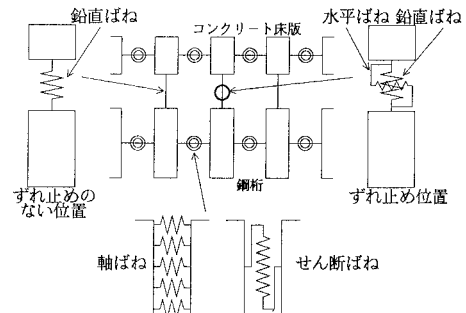


図4 剛体ばねモデル解析に用いたばね要素

るが、スタッドの配置されていない位置は水平せん断力に対し抵抗できないので、このばねは取り付けしていない。また、本研究で用いた溶接I型桁は溶接組上げの際の熱入力により、残留応力が発生していると考えられるので、一般的な分布形状の残留応力を解析に取り入れた。

一方、実験では支点上スタッドの軸ひずみは引張であるのに対し、通常の解析によるスタッドの軸ひずみは圧縮であった。そこで本解析では、スタッド位置の局部において簡易的な手法を用いて幾何学的なスタッド変形を考慮する。図6に示すように、解析上なら影響のない仮想スタッド(長さ T)をコンクリートと鋼の剛体要素間に配置し通常の解析を行い、その結果より仮想スタッドの座標間距離 T' を算出してスタッドの変形量 ΔT を算定する。その変形量を、スタッド軸ひずみに変換して実験値と比較した。

4. 実験結果と解析結果の比較

各桁試験体の荷重載荷点での荷重-たわみ曲線について、解析結果と桁試験結果の比較を図7に示す。たわみ曲線の初期勾配において、解析値と実験値に僅かな差が認められるが、これはI型桁の溶接組み上げにより鋼桁の一体性が低下したために起きた現象であると考えられる。このような差は認められるが、試験体のタイプによらず解析値は実験値をよく評価している。

図8に、解析結果と桁試験結果より得られた各スタッド位置での荷重-ずれ変位関係をType-20試験体について示す。スタッド位置によらず、解析値と実験値は良く一致する結果が得られた。

次に、幾何学的なスタッド変形を考慮したスタッドの軸ひずみについて、解析結果と実験結果を図9に示す。実験値と解析値に差は認められるが、軸ひずみが圧縮から引張に変化する傾向などを定性的に捉えていることがわかる。

5. 終わりに

コンクリートおよび鋼桁の材料特性に加えて、押し抜き試験より得られたスタッドの非線形荷重-ずれ変位曲線を、剛体ばねモデル解析におけるスタッド配置位置の水平ばね特性に導入する解析を行った。その結果、不完全合成桁の耐荷力のみならず、たわみ、ずれ変位、スタッド挙動などの弾塑性性状を解析により良好に追跡することができた。

参考文献

- 1) 川井忠彦・竹内則雄：コンピューターによる極限解析法シリーズ2 離散化極限解析プログラミング、培風館、1990
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書 設計編、土木学会、1991

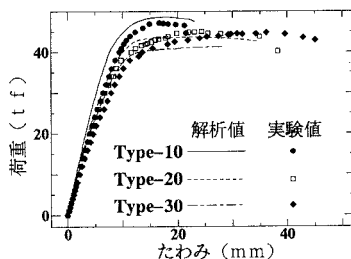


図7 荷重-たわみ曲線

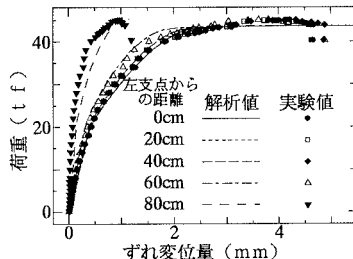


図8 荷重-ずれ変位曲線 (Type-20)

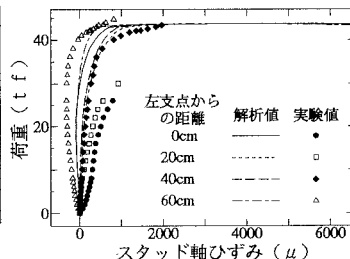


図9 荷重-スタッド軸ひずみ曲線 (Type-20)

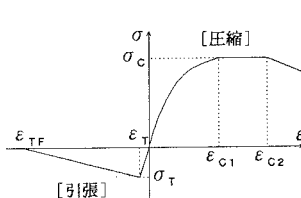


図5-a コンクリート床版部 軸ばね特性

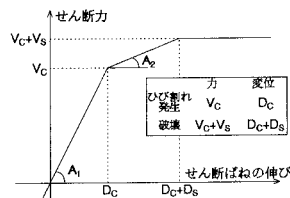


図5-b コンクリート床版部 せん断ばね特性

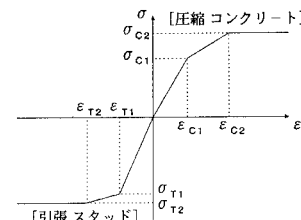


図5-c スタッド配置位置の 鉛直ばね特性

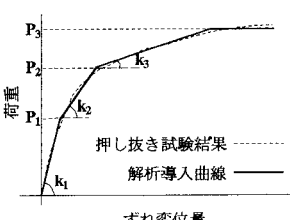


図5-d スタッドの非線形 荷重ずれ曲線

図5 解析に用いたばね特性

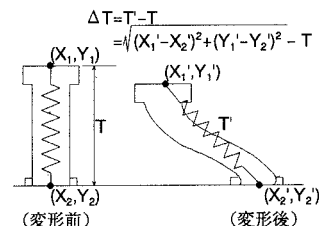


図6 簡易的な手法による

幾何学的影響考慮