

第I部門 波形鋼板ウェブ PC 橋の変形・応力解析法に関する研究

京都大学工学部 学生員 小倉 裕史
 京都大学工学研究科 フェロー 渡邊 英一
 京都大学工学研究科 正会員 宇都宮 智昭

1. 研究背景ならびに研究内容

波形鋼板ウェブ PC 橋は主桁の軽量化、高いせん断耐力といった利点から近年施工事例が増えている。しかし、本構造の歴史は浅く、特にコンクリートとウェブが一体となった構造についてはその挙動は十分に解明されていない。そこで、本研究では床版を取り付けたモデル、取り付けないモデルにおいて FEM 解析により、ウェブのせん断挙動の評価を行った。

2. 床版なしモデルにおけるせん断座屈挙動

波高を 10, 15, 20, 30, 60mm、ウェブ厚を 2.3, 3.2, 4.5, 6.0, 9.0mm に変化させた波形鋼板に強制変位を与え、せん断挙動について弾塑性有限変位解析を行い、せん断座屈荷重を求めた。その座屈荷重について波形鋼板の弾性せん断強度を与える Easley の式から定まる座屈算定式との比較検討を行った。図 1 に解析モデルを示す。

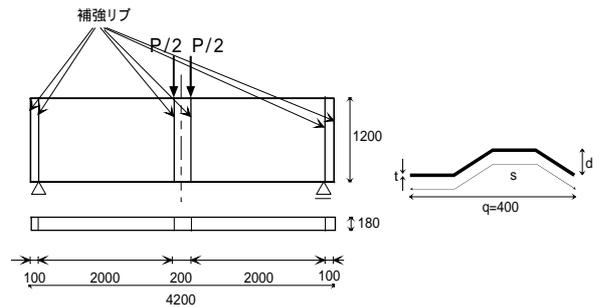


図 1 解析モデル

パラメトリック解析により求めたせん断座屈強度を座屈算定式で評価すると図 2 のようになる。これより波形鋼板のせん断強度は既存の算定式で評価することが可能であることが明らかとなった。なお、図 2 にある σ_{cr} は解析により求まるせん断座屈応力、 σ_y はせん断降伏点応力度、 $\sigma_s (= \sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_{cr,G}^2})$ はせん断座屈パラメータ、 $\sigma_{cr,G}$ は Easley の式により定まる全体座屈強度である。

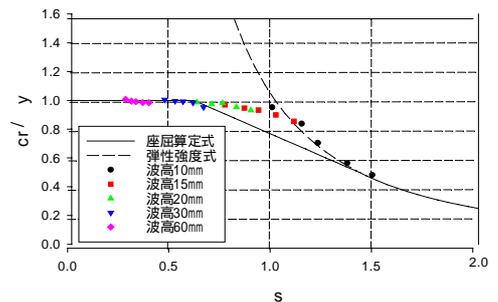


図 2 解析結果とマニュアル式の比較

3. 床版つきモデルにおけるせん断座屈挙動

図 1 のモデルに床版を取り付け、せん断挙動について FEM 解析を行った。解析モデルは図 3 に示す。この解析においては床版に十分にプレストレスを導入したと仮定し、床版は弾性体として取り扱った。また、ウェブと床版との接合構造については孔あき鋼板ジベル接合を用いたと仮定し、橋の長軸方向にのみ動く非線形ばね要素でモデル化を行った(図 4)。非線形ばねの特性については立神らの実験を参考に、図 5 のように強度の異なる 3 種類設定した。

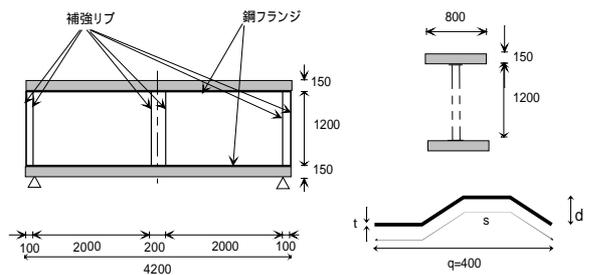


図 3 床版をつけた解析モデル

Case1: 接合強度 340kN/孔

Case2: 接合強度 170kN/孔

Case3: 接合強度 17kN/孔

さらに、接合方法として以下の 2 種類を設定した。

Case4: ウェブと床版を完全に固定したモデル

Case5: ウェブと床版の間の滑りを自由に許したモデル

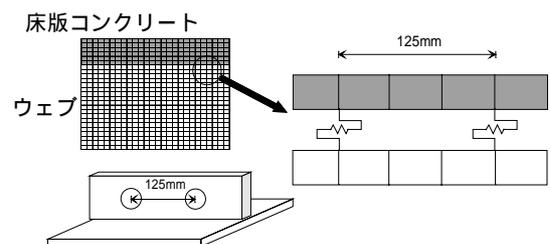


図 4 非線形ばねのモデル化

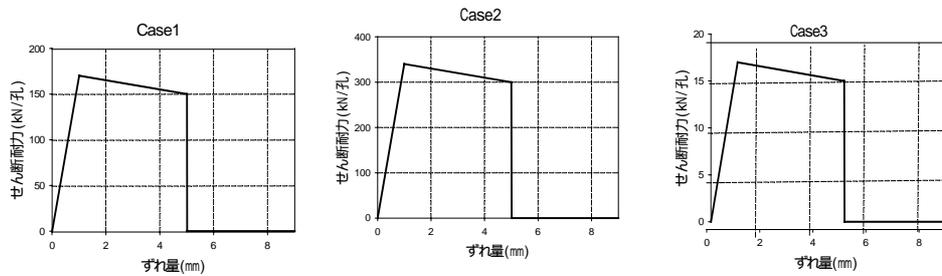


図5 非線形ばね特性

接合方法として前述の5種類を設定し、接合方法、波高を変化させ、床版つきモデルのせん断強度をFEM解析によりパラメトリックに求めた。Case2,4,5における載荷点鉛直変位-荷重関係を図6,7,8に示す。

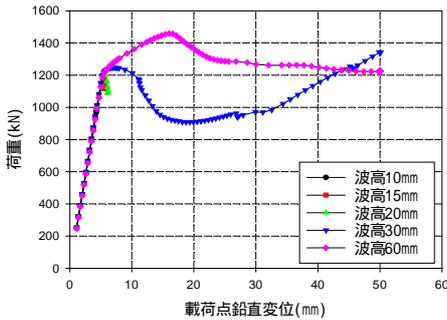


図6 変位-荷重関係(Case2)

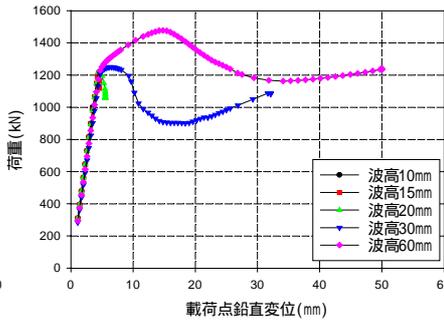


図7 変位-荷重関係(Case4)

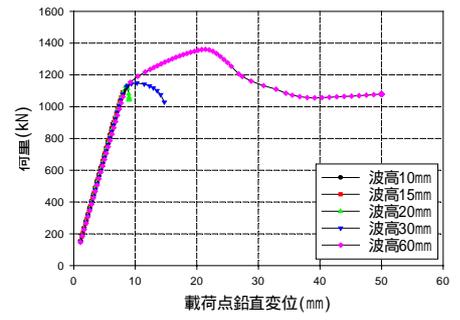


図8 変位-荷重関係(Case5)

図6~8より、ウェブと床版のずれが生じる場合せん断強度は10%程度低下することが分かった。さらに、耐荷力のピークとなる載荷点鉛直変位は床版とウェブを完全固定したモデル(Case4)に比べ、自由に滑るモデル(Case5)においては約1.4倍になっている。このことから接合力が弱い場合、せん断耐力の低下だけでなく、コンクリートの曲げひび割れ等を十分に考慮する必要がある。

また、せん断座屈荷重を座屈算定式と比較すると図9のようになる。このグラフから s の小さなモデル、すなわち波高60mmのモデルにおいては c_r/y は座屈算定式から求まる値より大きくなっている。このことから座屈が非弾性域で発生する場合、床版のせん断力負担の割合が増大していると考えられる。現在波形鋼板ウェブPC橋の設計においてせん断力は全てウェブが受け持つとされているが、合理的設計のためには、非弾性域を含めたウェブと床版のせん断挙動の解明が必要であると考えられる。

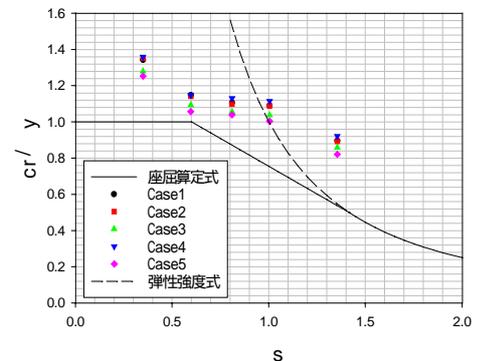


図9 床版つきモデルのせん断強度と座屈算定式の関係

4. 結論及び今後の課題

波形鋼板のみの構造においては、せん断力の評価は既存の算定式を用いて行うことができることが明らかになった。しかし床版を取り付けた場合、ウェブと床版からなる複合構造の耐荷力は現在設計時に想定されている耐荷力よりも大きい。したがって今後弾塑性域における複合構造のせん断挙動を解明していく必要がある。

床版とウェブとの接合部においてずれを許した場合、長軸方向の応力が発生しないため接合部周辺の複雑な応力状態が解消される可能性があるが、コンクリート床版のひび割れの懸念があるため、曲げ挙動について十分検討する必要がある。また、床版コンクリートに雨水の流入を防ぐ対策なども必要となる。

(参考文献)

- 1) 波形鋼板ウェブ合成構造研究会：波形鋼板ウェブPC橋計画マニュアル(案), 1998.12
- 2) 角谷 務, 青木 圭一, 富本 信, 狩野 正人：波形鋼板ウェブのせん断耐力評価, プレストレストコンクリート, Vol.43, No.1,
- 3) 立神 久雄, 田村 聖, 上平 謙二, 前堀 伸平：波形鋼板と軽量コンクリート床版の接合方法に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.22, No.3, pp 841-846, 2000