

ずれ止めに非線形のせん断力 - ずれ変位関係を考慮した合成部材の2次元解析

北武コンサルタント 正会員 ○坂口 淳一
 北武コンサルタント 正会員 渡辺 忠朋
 鉄道総合技術研究所 正会員 池田 学

1. はじめに

鋼-コンクリート合成部材において、その接合部はずれ止めによって一体化される。設計において、ずれ止めの配置量は、接合部の作用せん断力とずれ止めのせん断耐力に基づいて決定されている。接合部の合理的な設計の観点で、ずれ止めの配置状況に応じた接合部の作用せん断力の分布等の把握が求められる。そこで本検討では、単純支持された合成部材を対象に、ずれ止めに非線形のせん断力-ずれ変位関係を考慮した2次元の有限要素解析によりその応答を確認した。

2. 解析概要

本検討では、支間長 40.0m で単純支持された鋼箱形桁と鉄筋コンクリート床版の合成部材¹⁾を対象とした。接合面のずれ止めは、頭付きスタッドを想定した。対象部材の断面を図-1に示す。

解析モデルを、図-2に示す。解析モデルは、対称性を考慮して1/2モデルとした。鋼断面および鉄筋コンクリート床版は線形の平面要素、ずれ止めを線形または非線形のばね要素でモデル化した。支点部は、支点位置の節点の鉛直変位を拘束した。

検討ケースは、図-2中に示したずれ止めの配置位置に、ずれが生じないように剛な線形ばねを配置する場合と、図-3に示す特性の非線形ばねを配置する場合の2通りとした(表-1)。ずれ止めの配置量は、接合部の作用せん断力に応じて一般的な設計法¹⁾に

表-1 検討ケース

検討ケース	ずれ止めばね要素の特性(せん断方向)
Case1	剛な線形ばね
Case2	非線形のせん断力-ずれ変位関係

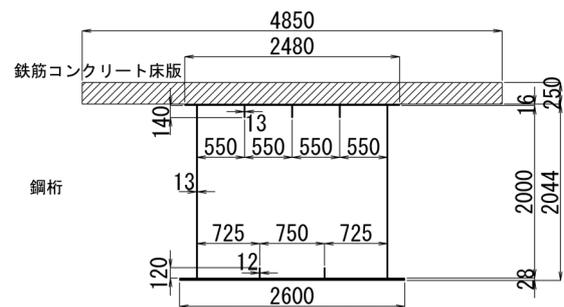


図-1 断面図

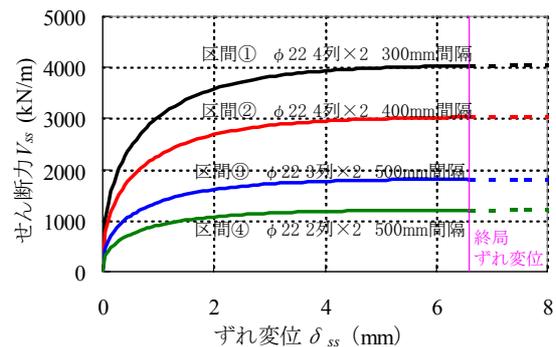


図-3 頭付きスタッドのせん断力-ずれ変位関係

より設定した。頭付きスタッドの耐力およびせん断力-ずれ変位関係は、文献 2)に従い設定し、終局ずれ変位以降も、曲線を延長したばね特性とした(図-3中の破線)。なお、摩擦等のずれ止め以外によるせ

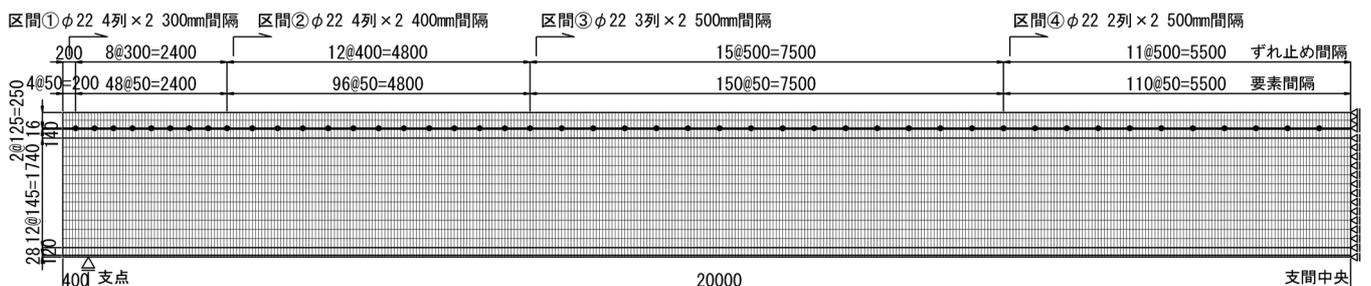


図-2 解析モデル

● ずれ止めばね配置位置

キーワード ずれ止め, 合成部材, 非線形解析

連絡先 〒062-0020 北海道札幌市豊平区月寒中央通7丁目4-7 北武コンサルタント(株) TEL011-851-3181

ん断力の伝達は考慮していない。

解析は、荷重制御により実施した。部材自重、橋面工死荷重、活荷重（列車荷重と衝撃荷重）を考慮し、荷重倍率 0 倍から 4 倍まで 100 Step で増加させた。荷重倍率 1.0 倍時を、以後、設計荷重時と呼ぶ。

3. 解析結果

支点反力ー支間中央鉛直変位関係を図-4 に示す。図から、接合部でずれが生じない Case1 は、鋼桁および鉄筋コンクリート床版が線形の要素であるため、荷重の増加に応じて線形に変位が増加している。これに対して、ずれ止めに非線形性を考慮した Case2 では、部材の曲げ剛性が徐々に低下した。ただし、本解析においては、設計荷重段階では両ケースで同等の剛性を有しており、剛性に差異が見られるのは荷重倍率 2.0 倍以降であった。

ずれ止めの部材軸方向のずれ変位分布を図-5 に示す。荷重倍率 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 倍時の 4 段階の分布を示した。図中で、Case1 を白抜き、Case2 を塗潰しのマークで示している。横軸は、桁端から支間中央までの範囲を示している。図中には、頭付きスタッドの終局ずれ変位を示した。Case1 では、ずれ変位がほぼ生じていないため常に 0 の値をとっている。これに対して、Case2 では、各荷重倍率で連続的なずれ変位分布を示しており、荷重倍率 3.0 倍程度の $L=3,000$ mm 付近で頭付きスタッドの終局ずれ変位に達する。

ずれ止めの部材軸方向のせん断力分布を図-6 に示す。荷重倍率 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 倍の 4 段階の分布を示した。図中には、ずれ止めのせん断耐力を示した。図から、ずれ止めの非線形性を考慮した Case2 では、ずれ止めの配置量が変化する $L=2,600, 7,400, 14,900$ mm の付近でせん断力が急増している。これは、ずれ止めの配置量の変化により、せん断剛性が変化する影響と考えられる。一方、Case1 においても、同様の位置でせん断力に変化が見られるが、ばねの配置間隔の変化による影響が表れたものと考えられる。

ずれ止めに作用するせん断力のピークを見ると、Case1 と Case2 のいずれにおいても、 $L=2,600$ の付近であった。ただし、荷重倍率 3.0 倍以降、Case2 ではほとんどの区間でせん断耐力に漸近している。一方、Case1 では、ずれ止めの耐力を超えたせん断力が作用している。桁端付近のずれ止めに於いて、Case1 では、せん断力が 0 に収束するのに対して、Case2 では、せ

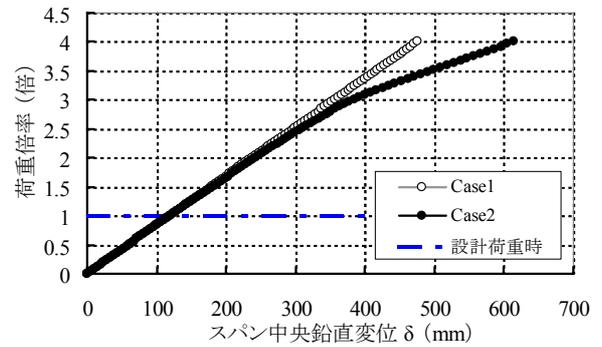


図-4 支点反力ー支間中央鉛直変位関係

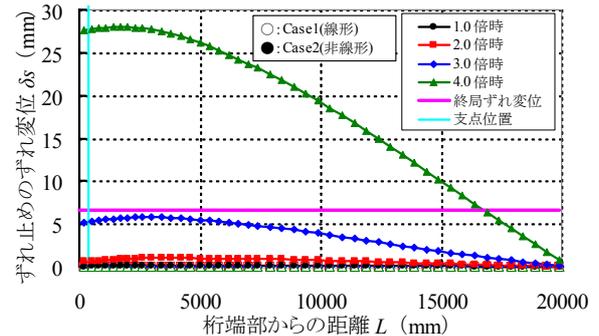


図-5 ずれ止めの部材軸方向のずれ変位分布

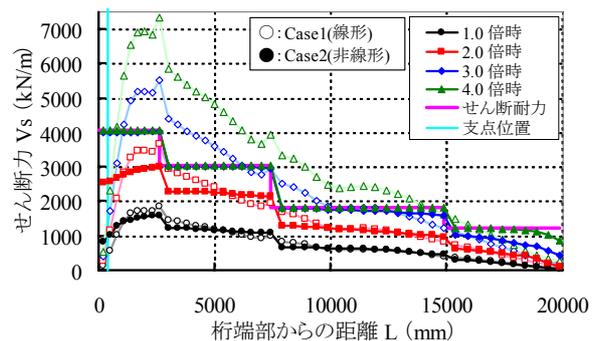


図-6 ずれ止めの部材軸方向のせん断力分布

ん断力がやや低下する傾向に留まっている。

4. まとめ

本検討では、ずれ止めに非線形のせん断力ーずれ変位関係を考慮した 2 次元の有限要素解析を実施した。その結果から、ずれ止めに非線形性を考慮した場合の部材および接合面の応答として、ずれ止めの剛性低下に伴う合成部材の剛性の低下や、ずれ止めに配置した接合面のずれ変位分布およびせん断力分布等を確認した。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：限界状態設計法による設計計算例 合成桁，1992。
- 2) 土木学会 複合構造委員会：2009 年制定 複合構造標準示方書，2009。