

I - 29

合成桁の垂直補剛材間隔の拡大可能性に関する研究

東北学院大学工学部 学生員 ○小貫善一
東北学院大学工学部 正会員 中沢正利

1 まえがき

従来、プレートガーダーに関する日本の設計規準では、垂直補剛材間隔の縦横比を 1.5 以内に設置することと定められてきたが、一般的な実績としてこの縦横比を 1.0 以下とする場合が多いようである。しかし、諸外国の中には 1.5 を越える縦横比をとる事例も多い。

垂直補剛材間隔の拡大により問題となるのは、腹板での座屈を起こしやすくなるということである。しかし、近年の研究結果より、最大曲げモーメント位置で曲げ降伏が生じ、その付近で垂直補剛材の局部変形は生じるものの、桁全体の挙動は安定し、縦横比の拡大を行っても強度的な問題は少ないと報告されている。また、せん断応力の集中する端支点および中間支点近傍でも桁が不安定挙動に至ることはないという結果を得ている。

そこで本研究では、鉄筋コンクリート床版と鋼桁との合成面に作用するずれの力（せん断力）を直接受け持つずれ止めについて着目する。せん断力の分布は、支点上で大きく、支間中央で減少する。したがって、ずれ止めの配置は、支点に近いほど密で支間中央付近に至っては粗にすることが一般的である。

本研究では、せん断力が大きく作用する端部でのせん断強度やずれ止めの抵抗力を確かめるために、有限要素解析ソフト (MARC) を利用してシミュレーションを行う。合成桁の弾塑性非線形解析により、合成桁の垂直補剛材間隔（縦横比）の拡大をすることによって問題となることが懸念される端部パネルおよび端補剛材のせん断強度とずれ止め部分の強度について着目した。

2 解析方法

コンクリート床版およびずれ止めを忠実にモデル化 (図-1参照) して解析を行うため、道路橋示方書を参考にして具体的な合成桁のモデルの試設計を行い、その後有限要素解析ソフトを使用して、合成桁立体モデル化を行った。境界条件、荷重条件、応力-ひずみ関係などの条件をモデルに与えることで非線形解析を行った。

与える荷重は簡便化のために等分布線荷重と仮定し、降伏モーメント M_Y と単純梁の最大曲げモーメント M_{max} が等しくなることから与える等分布荷重の概算値を算出した。弾塑性非線形解析のために増分解析を行ない、弾性域および塑性域の状態を観察できるようにした。解析モデルとして、

- (1) ウェブの高さ 2100mm, 板厚 18mm に対して要素の分割数は 10 分割、SM490Y を使用。
- (2) 上・下フランジの幅 600mm, 板厚 26mm に対して 8 分割、SM490Y を使用。

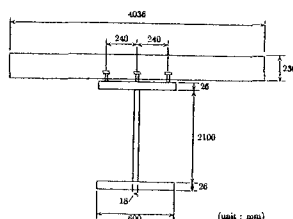
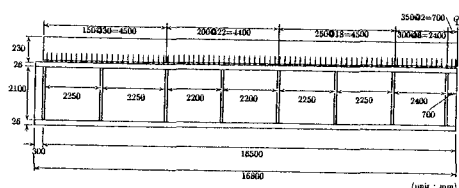
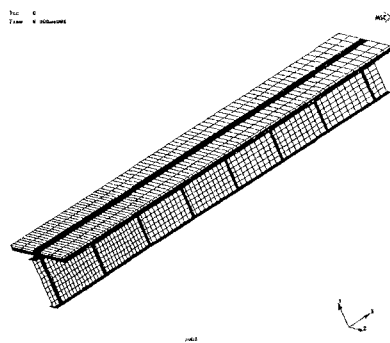


図-1 解析モデル

図-2 有限要素解析モデル ($\alpha = 1.0$)

- (3) 端補剛材、垂直補剛材の幅 240mm, 板厚 24mm に対して 3×10 分割、SM490Y を使用。
- (4) コンクリート床版の厚さ 230mm, 幅 4036mm を 60 分割、設計基準強度 $24(\text{N}/\text{mm}^2)$ とした。
- (5) ずれ止めの軸径は、22mm, 全高 150mm を 4 分割、SM400 を使用。
- (6) 余長として 300mm とった。

また、解析に用いたモデルは、対称性を利用してスパン長の半分のみを対象とする半解析を行った。合成桁の垂直補剛材間隔(縦横比)を順次拡大したモデルを構築し、パラメトリック解析を行うことで、主桁、端補剛材、垂直補剛材、コンクリート床版およびずれ止めの部分での応力状態および桁構造全体としての強度低下について、数値シミュレーションを実施した。

3 結果および考察

縦横比を 1.0 から 4.0 まで拡大しても、主桁、垂直補剛材、端補剛材、コンクリート床版において不安定な挙動は見られなかった。しかし、支間中央近傍では応力集中が生じ、その部分に設置したずれ止めが降伏を示した(図-3、4参照)。特に、支間中央から 1/4 部分にかけて応力集中が確認された。

また縦横比の拡大に伴って支間中央近傍に垂直補剛材の位置を変化させた結果、垂直補剛材直上に応力が集中し、補剛材直上に設置したずれ止めの降伏がより早くなるという結果を得た。

更に、縦横比の拡大につれて支間端部でも大きな応力(せん断応力)が発生して、ずれ止めへの応力集中が生じるが、支間中央近傍での降伏の方が先に生じるため、端部パネルのせん断強度はあまり問題とはならないことが分かる(図-5参照)。

加えて主桁、端補剛材やコンクリート床版の挙動は安定していた。また、縦横比 1.0 よりも 2.0 や 2.5 のときの方が、降伏までの荷重が大きいという結果を得た。

以上の結果より、合成桁の設計では支間中央部においてせん断応力が十分小さくなるという観点から、ずれ止めの配置間隔を広げたが、ずれ止め部分への応力集中によって局部的な降伏が見られ、これが合成桁の耐荷力を支配する主な要因になっている。よって、支間中央部近傍のずれ止めの強度および設置間隔を見直す必要があり、それがなされた場合には、垂直補剛材間隔は現行規定よりも拡大が可能であると言える。

4 結論

- (1) 数値解析を行ったすべてのケースを通して、支間中央近傍に応力集中が生じるため、その部分に設置したずれ止めが降伏することによって、数値解析は続行不能になった。すなわち、現行のずれ止め本数および配置に関する規定に従うならば、ずれ止めは合成桁の耐荷力を支配する主な要因になっている可能性が高い。
- (2) せん断応力の集中する支間端部では応力集中が見られるものの、支間中央部近傍のずれ止めの降伏が先に生じるので、端部パネルのせん断強度は合成桁全体の耐荷力を支配する主要因とはならない。
- (3) 主桁、補剛材およびコンクリート床版の挙動は安定しており、その意味では垂直補剛材間隔(縦横比)を現行規定より拡大することも可能であるが、ずれ止め自体のより合理的な配置が問題点となる

ことが明らかとなった。

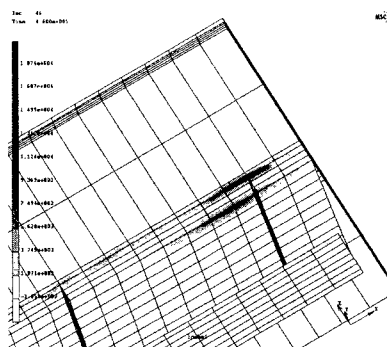


図-3 応力集中状況図(支間中央近傍) $\alpha = 1.0$

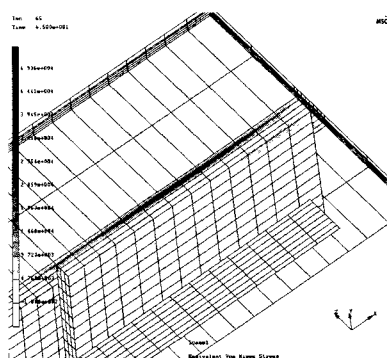


図-4 応力集中状況図(支間中央近傍) $\alpha = 3.0$

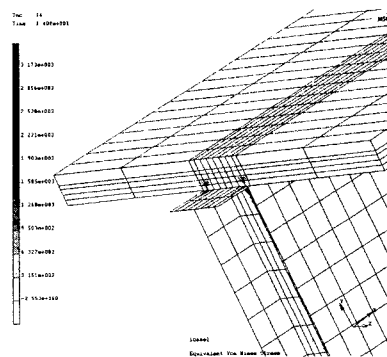


図-5 応力集中状況図(支間端部)