

合成桁橋におけるスタッドの疲労安全性に関する検証

酒井鉄工所 正員 前田泰秀
 摂南大学工学部 正員 平城弘一 近代設計事務所 正員 ト部伸一
 大阪大学工学部 正員 文 兌景 大阪大学工学部 正員 松井繁之

1. まえがき 合成桁橋における疲労安全性の検証に関する研究は、スタッドに着目したものが少なく、鋼桁フランジ、溶接箇所などの鋼桁に着目したものがほとんどであった¹⁾。そこで、本研究では合成桁橋におけるスタッドの疲労設計法を確立することを目的として、合成桁橋におけるスタッドの疲労安全性を検証した。

2. 解析モデル 今回対象とした活荷重合成桁は、建設省標準設計によるものである（幅員構成は図-1）。

3. 影響面解析 水平せん断力を求めるための影響面は、完全合成理論と、鋼桁と床版間のずれを考慮した不完全合成理論に基づいて解析した（3ヶ-ス）。なお、不完全合成理論に用いるバネ係数は、残留ずれが0.05mmおよび0.075mmに相当する2種類を用いた²⁾。一例として、完全合成および不完全合成のスタッド1本に作用する水平せん断力に対する影響面を図-3に示す（支間長33m（中桁L/2））。この図より、完全合成桁より不完全合成桁に対する影響面の方が滑らかな曲線で描かれていることが分かる。

4. 等価せん断力の算定 3.の影響面と活荷重シュミレーションを用いて水平せん断力に対する時系列応答解析を行い、さらにレインフロー法による応力頻度解析結果から等価水平せん断力を求めた（図-2）。なお、活荷重モデルは、8車種による混入状態³⁾を考慮し、走行条件は、600台/h/レーンおよび500台/h/レーンの24時間自由走行と600台/h/レーンの100時間自由走行および渋滞走行とした（4ヶ-ス）。図-4は、完全合成理論より求めた等価水平せん断力の橋軸方向の変化を示したものである。この図から明らかなように、いずれも等価水平せん断力は、スパン中央に近づくほど大きくなっていることが分かる。これはスタッドが桁端では温度応力・乾燥収縮による応力を考慮し、密に配置され、スタッド1本当たりの作用力が低減されるためである。図-5は、不完全合成理論（残留ずれ0.075mm）より求めた等価水平せん断力の橋軸方向の変化を示したものである。この図から明らかなように、不完全合成理論より求めた水平せん断力は、応力の再

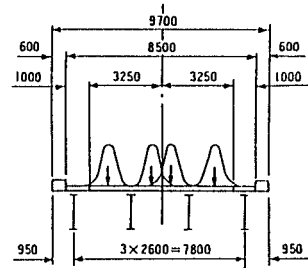


図-1 幅員構成と主桁配置

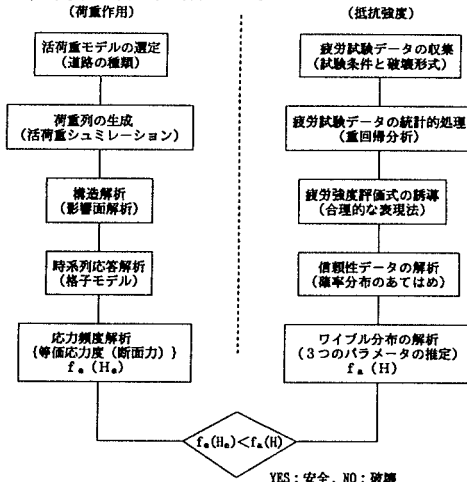


図-2 疲労照査検討のためのフローチャート

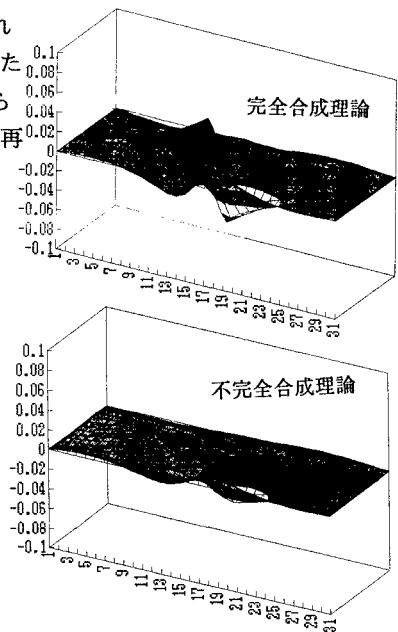


図-3 影響面（中桁：スパン中央）

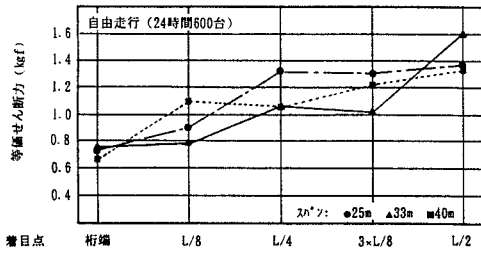


図-4 等価せん断力（完全合成，支間長による比較）

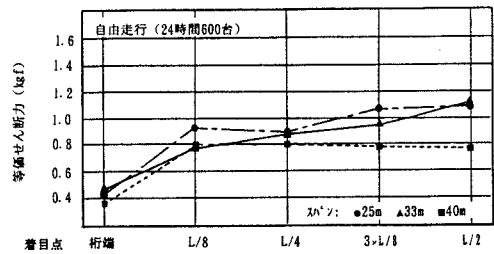


図-5 等価せん断力（不完全合成，支間長による比較）

分布が起こり、完全合成理論に比べて若干低いものとなっている。図-6は、完全合成理論と不完全合成理論の等価水平せん断力を比較したものである。この図から明らかなように、桁端とスパン中央では完全合成理論で求めた値の方が大きいことが分かる。なお、不完全合成理論のバネ係数を変化させた結果については差異がほとんど見られなかった。

5. スタッドの疲労照査 スタッドの疲労安全性照査は、4. より得られた全解析結果の等価水平せん断力の最大値と最小値より、等価せん断力比を求め、スタッドの H/Q_u - N 関係図にプロットした（図-7参照）。なお、許容せん断力比は、13.825(%)とする。ここで、 Q_u はスタッドの静的強度、 H は等価水平せん断力を示す。等価せん断力比の最大値は、完全合成33m、24時間600台/h：自由走行、中桁 $L/2$ で、8.830(%)となった。最小値は、不完全合成40m、残留ずれ0.075mm、100時間600台/h：渋滞走行、中桁 $L/4$ で、4.089(%)となった。ここで、着目桁（中桁・外桁）2本、着目点（桁端 $L/8$ ・ $L/4$ ・ $3L/8$ ・ $L/2$ ）5箇所、荷重4ケース、スパン（25m・30m・33m・35m・40m・44m）6ケース、理論3ケース、合計720ケースの解析結果は、2本の水平線の間に入っているため、実験データによる水平せん断力比に比べて極めて低いことが分かる。このことより、今回の一連の解析で算出したせん断力比では、疲労に対して十分安全であることが分かる。ここで、スタッドの疲労安全性を調査するために、既往の疲労試験データが超高サイクル領域においても同じ傾きで同じばらつきを持つと仮定して、 P - H/Q_u - N 関係から疲労破壊確率を計算し、安全性照査を検証することにした。そして、破壊確率1.0%を目安にして、それに相当する疲労寿命を算定すると、 $N=10^9 \sim 10^{11}$ となった。ここで、橋梁の設計寿命を50年と仮定した場合、車両の通過回数は、 5.0×10^8 となる（ $=1200 \times 24 \times 365 \times 50$ ）。以上より、標準合成桁橋におけるスタッドは、疲労に対して十分安全であると判断できる。

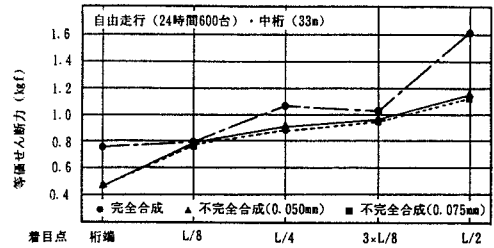


図-6 等価せん断力（完全合成・不完全合成の比較）

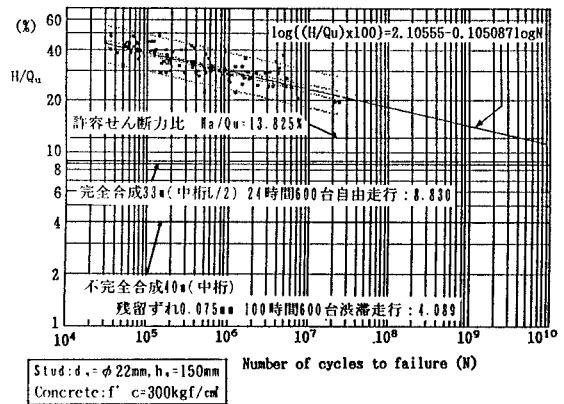


図-7 H/Q_u 関係を用いたスタッドの疲労安全性評価

〔参考文献〕 1) 土木学会関西支部：鋼橋の設計と限界状態—活荷重と終局・疲労限界—、1991年6月

2) 平城弘一：頭付スタッドの静的および疲労強度と設計法に関する研究、1990年2月

3) 橋の疲労設計に関する研究：（社）土木学会関西支部共同研究グループ報告書、1993年5月