

突起付き H 形鋼の引抜き時に生じる割裂ひび割れの発生荷重

前田建設（前所属） 正会員 ○伊藤 始
 前田建設 正会員 白根 勇二
 J F E エンジニアリング 正会員 熊野 拓志、高須賀丈広

1. はじめに

開断面箱桁複合ラーメン橋の剛結部（図-1）は、鉄骨コンクリート複合構造橋脚から延長される突起付き H 形鋼（ストライプ H、以下 SH と記す）と、鋼上部工の主桁と横梁により構成される鋼殻を、充填コンクリートを介して接合する構造である。剛結部の設計にあたっては、SH が軸方向引張力に対して、設計上必要な荷重まで抵抗することが重要である。著者らは、これまで SH の引抜き実験や実験を模擬した FEM 解析を実施した²⁾。その結果から、損傷は初めに SH のフランジ先端からコンクリートの割裂ひび割れが発生し、次に SH とコンクリートの界面の付着損傷が生じることで進行することを確認した。SH の定着長は、損傷過程を考慮して安全側の設計とするために、この割裂ひび割れが発生する荷重を用いて設計することとした。

本研究は、引抜き実験および FEM 解析の結果から、この割裂ひび割れ発生荷重の算定方法を検討するものである。

2. 割裂ひび割れの発生状況

実験や解析において、割裂ひび割れは、図-2 のように SH のフランジ先端から発生して、フランジ面に平行方向に進展した。この割裂ひび割れは、ある一定長さまで急激に進展することが確認できた。また、割裂ひび割れの発生以降では、引抜き荷重に対する抜き変位が大きくなり、剛性が低下した。本研究では、このときの引抜き荷重を割裂ひび割れ発生荷重と定義する。

3. 割裂ひび割れ発生荷重の算定方法

割裂ひび割れの進展状況から、割裂ひび割れ算定のひび割れ発生領域を図-2 に示すような領域と設定した。ひび割れは SH のフランジ面に沿って一様に分布し、発生領域の面積を構成する二辺のうちの一辺は、SH の定着長 L' とする。もう一辺は、定着方向と直角方向の割裂ひび割れ抵抗長さ Wr とした。そして、割裂ひび割れ発生荷重は、この面積にコンクリートの引張強度を掛け合わせることで算定できると仮定した。

$$P_{cr} = A_{cr} \times f_t \quad (1)$$

ここに、 P_{cr} : 割裂ひび割れ発生荷重 (N)、 A_{cr} : 割裂ひび割れ発生面積 (mm^2)、 f_t : 引張強度 (N/mm^2)

4. 割裂ひび割れ抵抗長さ

割裂ひび割れが発生する荷重 P_{cr} は、引張強度 f_t 、定着長 L' 、および割裂ひび割れ抵抗長さ Wr を使って、式 (2) のように表される。式中の「4」は、SH 1 本に対して、SH にフランジ先端が 4 箇所あることを表す（図-3 参照）。

$$P_{cr} = A_{cr} \times f_t = L' \times 4Wr \times f_t \quad (2)$$

この式を Wr について解くと以下の式が得られる。

$$Wr = P_{cr} / (f_t \times L' \times 4) \quad (3)$$

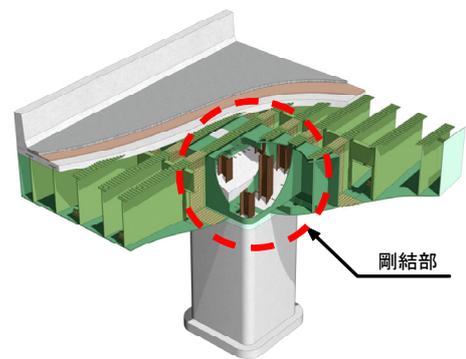


図-1 複合ラーメン橋の剛結部の概念図

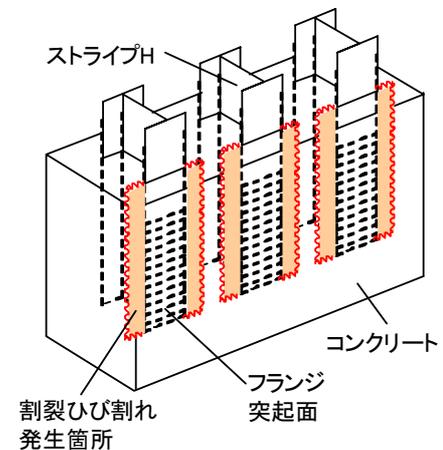


図-2 仮定した割裂ひび割れ発生領域

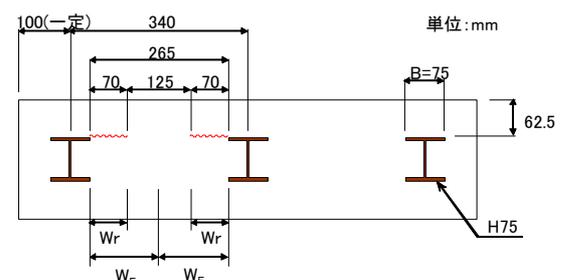


図-3 Wr と Wf の寸法の概念 (75H の場合)

キーワード：突起付き H 形鋼，コンクリート，割裂ひび割れ発生荷重，定着長，複合ラーメン橋
 連絡先：〒179-8914 東京都練馬区旭町 1-39-16 TEL：03-3977-2241 FAX：03-3977-2251

引抜き実験および FEM 解析の試験体の形状寸法と割裂ひび割れ発生荷重をこの式に代入し得られた W_r を図-4 に示す. ここで横軸の W_r は, SH のフランジ先端間距離の 1/2 の値と仮定した (図-3 参照).

SH のフランジ先端間に囲まれた全ての領域が引張応力を負担するとした場合, 図中の点は $W_F = W_r$ となる直線上にプロットされる. しかし, SH サイズが 75H の場合には, W_F の増加に対して, W_r は途中からほとんど増加していない. そこで, 割裂ひび割れを発生させる支配長さがあると考え, 図-5 (図-4 の破線) のように, 割裂ひび割れ抵抗長さ W_r を SH のフランジ幅 B との関係から設定すると, 割裂ひび割れ発生荷重は式 (4) になる.

$$P_{cr} = L' \times 4 W_r \times ft \quad (4)$$

ここに, L' : 定着長 (mm) (遷移域長さを含む), W_r : 割裂ひび割れ抵抗長さ (mm) ($W_r = 0.40 B + 40$, ただし, $0.84 B \leq W_r$), B : SH のフランジ幅 (mm) (1本あたり) (ただし, $150 \leq B$), ft : コンクリートの引張強度 (N/mm^2)
 なお, SH の中心間隔 ($2W_r + B$) の適用範囲は, 実験より $2.67B$ 以上としたため, 本式の W_r の適用範囲は $0.84 B$ 以上である.

5. 算定方法の検証

算定方法の検証を目的に, 算定式で得られた割裂ひび割れ発生荷重 (算定荷重) と実験および解析から得られた荷重 (実験・解析荷重) を比較した. 図-6 に算定荷重と実験・解析荷重の比較を示す. 結果のプロットはおおむね 1 対 1 の直線上に位置した.

図-7 に実験・解析荷重を算定荷重で除した値を示す. 横軸とした SH サイズの変化に対しても, 結果のプロットは, おおむね 1.0 の直線上に位置した. 他の影響因子である鋼殻構造の寸法やコンクリートの強度に対しても 1.0 の直線上に位置したことから, 算定式は実験および解析による割裂ひび割れ発生荷重をおおむね表現できることが確認できた.

6. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す.

- ・コンクリートに埋め込んだ SH を引抜くときの割裂ひび割れ発生荷重を, SH の定着長と割裂ひび割れ抵抗長さ, コンクリートの引張強度から算定することを提案した.
- ・算定方法の検証から, 算定式は実験および解析による割裂ひび割れ発生荷重をおおむね表現できることを確認した.

参考文献

- 1) (財) 先端建設技術センター: 先端建設技術・技術審査証明報告書, ハイパーH ジョイント, 2008
- 2) 熊野拓志, 上村明弘, 伊藤始, 白根勇二, 川口和広, 見原理一: コンクリートに埋設された突起付き H 形鋼の引抜耐力に関する検討, 第7回複合構造の活用に関するシンポジウム, 土木学会, pp. 43-1-43-8, 2007

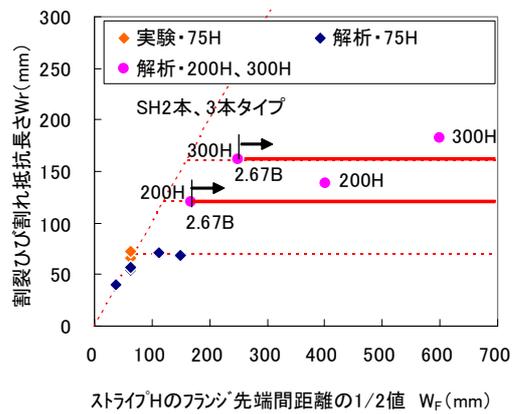


図-4 ストライプH寸法と割裂ひび割れ抵抗長さ

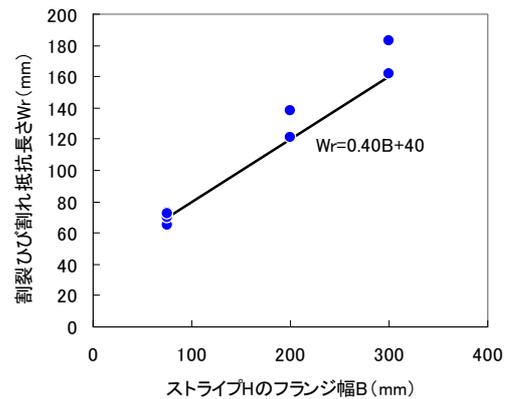


図-5 フランジ幅と割裂ひび割れ抵抗長さの関係

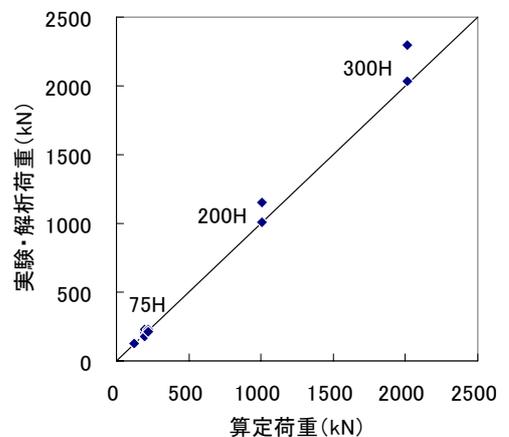


図-6 算定荷重と実験・解析荷重の比較

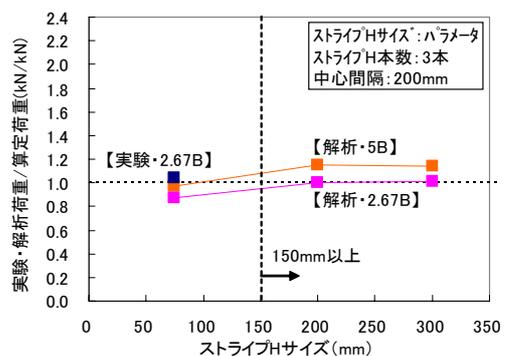


図-7 ストライプHサイズの影響