

衝突による残留水平変位が鋼桁の力学的挙動に及ぼす影響

九州工業大学大学院 学生会員 ○天本拓也, Lotay Gyeltshen

九州工業大学大学院 正会員 山口栄輝

1. はじめに

跨道橋は、下を走行する車両の積み荷が衝突し、損傷することがある。損傷は橋梁の安全性に影響を及ぼすと考えられるが、影響度合いはあまり研究されていない。衝突された桁の調査報告は、特に鉄道橋に関して多く発表されているものの、損傷の影響を定量的に示すものは、中山らの研究程度である¹⁾。著者の一人は、衝突により変状をきたした道路橋の安全性評価に関与した経験を有する。その橋梁の鋼桁の水平方向変位は、中山らが検討した鉄道橋の桁よりかなり大きい。ここでは、この道路橋を対象に、衝突による残留水平変位が及ぼす影響を、3次元有限要素解析で検討する。すべての解析において、ABAQUS²⁾を用いる。

2. 対象橋梁概要

対象とするのは、スパン 29.0 m の単径間跨道橋である。鋼床版 2 主鈑桁橋で、鋼床版は縦リブ (バルブリブ)、横リブ、主桁は垂直補剛材に加え、2 本のパイプを渡すための横支材が桁下部に設置されている。

3. 損傷状況

衝突により損傷したのは G2 桁のみである。桁下の路面は G1 桁から G2 桁に向かって若干上り坂となっており、車両は G1 桁を通過した後、G2 桁に衝突し、主桁下端部を変形させたと推察される。図-1 に、G2 桁下フランジの残留水平変位の計測結果を示す。なお、図の丸囲いの番号は垂直補剛材設置断面を示している。断面 9 の水平変位がもっとも大きく、また断面 9 付近の下フランジ下面に塗膜がこすり取られたような跡があったため、衝突は断面 9 付近で生じたと判断される。衝突による損傷はウェブの曲げ変形に留まらず、垂直補剛材の変形や、横支材と垂直補剛材連結部の損傷が認められたが、支承部の損傷や主桁の亀裂は生じていなかった。

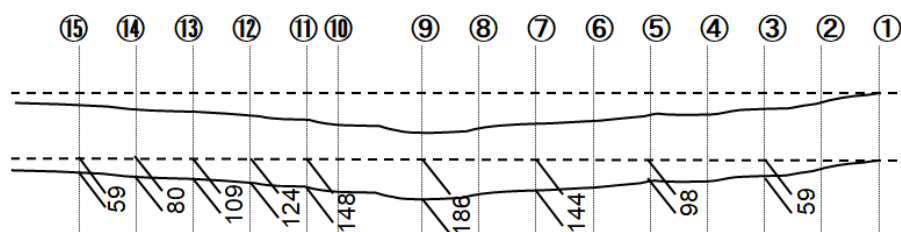


図-1 G2 桁下フランジの残留水平変位 (計測値: mm)

4. 残留変形の再現

複合非線形解析で、残留変形を再現する。鋼材は SM490Y であり、ヤング率は 205 GPa、ポアソン比は 0.3、応力-ひずみ関係の 2 次勾配はヤング率の 1/100 とする。

断面 9 付近の下フランジ下面の塗膜損傷が概ね 400 mm の範囲であることから、衝突による外力は、断面 9 を挟む 400 mm 区間の水平方向等分布荷重とする。

断面 11 において、横支材と垂直補剛材の連結部が破損し、横支材が主桁下フランジに挟まれて偏心軸圧縮力を受け、8 mm のたわみが生じていた。横支材をシェル要素でモデル化し、複合非線形解析でこのたわみを生じさせる軸圧縮力を求めると、45.0 kN が得られた。

キーワード 鋼桁, 衝突, 損傷, 耐荷力, 鋼床版

連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学 TEL 093-884-3110 FAX 093-884-3100

以上を踏まえ、横支材に梁要素、それ以外にはシェル要素を用いて橋梁をモデル化し、複合非線形解析を行う。上述の衝突による水平外力、断面 11 の下フランジに横支材からの反力 45.0 kN を与えて解析したところ、水平外力を 1888 N/mm まで作用させて除荷すれば、断面 11 の下フランジ残留水平変位が 148 mm になるとの結果が得られた。この解析による G2 桁下フランジの残留水平変位を、図-2 に示している。この図には計測結果も示しているが、両者は概ね合致している。

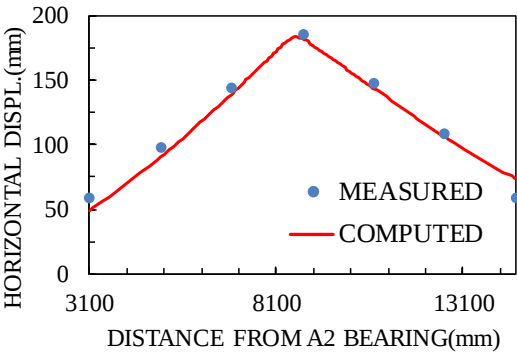


図-2 G2 桁下フランジの残留水平変位

5. 損傷桁の耐荷力

衝突による変形が及ぼす影響を検討するため、損傷桁の耐荷力を複合非線形解析で求める。解析対象の損傷桁は、上記の橋梁解析結果から取り出した G2 桁と有効幅分の鋼床版からなる。桁上端の面外方向水平変位、桁軸と鉛直軸まわりの回転を拘束し、残留水平変位が大きい領域を挟む断面 8 と断面 10 の上縁に、鉛直荷重 P/2 を作用させた。衝突による変形の影響を見るため、無損傷桁、さらに残留変位を 1.4 倍にした桁の解析も行う。中山らは調査した範囲での最大値をもとに、残留水平変位をスパンの約 1/200 で検討している¹⁾。これに対し、ここで検討する鋼桁の残留水平変位は、スパンの 1/151 と 1/108 であり、かなり大きな値となっている。

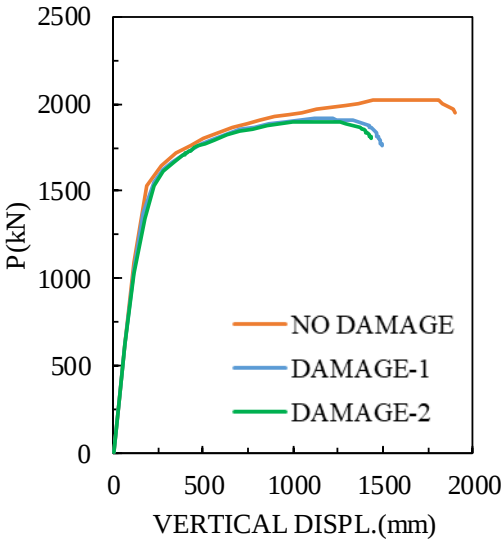


図-3 荷重 P と点 C の鉛直変位の関係

解析結果として、荷重 P と点 C（断面 8 と 10 の中間断面ウェブ下端）の鉛直変位の関係を図-3、耐荷力を表-1 に示している。NO DAMAGE、DAMAGE-1、DAMAGE-2 は、それぞれ無損傷桁、衝突により損傷した桁、残留変位を 1.4 倍にした桁の結果である。衝突により、剛性は 2.9%、耐荷力は 5.2%低下している。残留変位を 1.4 倍すると、低下率は剛性で 4.9%、耐荷力で 5.9%、に増加している。

表-1 鋼桁の耐荷力

鋼桁	耐荷力(kN)
NO DAMAGE	2020
DAMAGE-1	1914
DAMAGE-2	1900

6. まとめ

衝突により主桁下フランジが変形した道路橋を対象に、損傷の影響を検討した。その結果、衝突による水平変位はかなり大きくても、桁の曲げ変形挙動への影響は限定的であるとの結論を得た。なお、本研究は、主たる損傷が主桁の水平変位のみを対象としている。支承部の損傷や主桁に亀裂がある場合は、別途、慎重な検討が必要である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP15K06184 の助成を受けたものである。ここに記して深謝します。

参考文献

1) 中山太士ら：衝突変形を受けた鋼 I 形リベット桁の残存耐荷力の評価，構造工学論文集，Vol.54A，pp. 68-79，2008。
2) ABAQUS：User’s Manual，ABAQUS Ver. 6. 8，Dassault Systemes Simulia Corp.，2008。