

I - B 217 衝撃解析を用いた巨大地震時の鋼桁損傷メカニズムの考察

住友重機械工業（株） 正会員 山平喜一郎
九州大学 フェロー 大塚久哲

1. はじめに

兵庫県南部地震によって大きな被害を受けた都市高架橋では、鋼桁の支承付近での損傷が多く見られた。これらを詳細に検討すると、まず支承の取付ボルトが引張力によって破断し（写真-1）、一旦鋼桁が支承から離れた後、再度衝突して、鋼桁と支承それぞれが損傷したと推定できる。（写真-2、写真-3）



写真-1 破断した取付ボルト

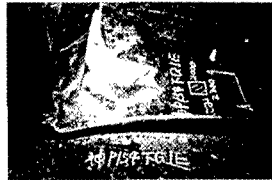


写真-2 支承の下フランジ貫通例



写真-3 支承割れ

筆者らは兵庫県南部地震で損傷した都市高架橋全体システムの非線形地震応答解析により、主として橋軸直角方向の地震入力により、支承取付ボルトに過大な引張軸力が作用し、これにより取付ボルトの引張切断が生じる可能性が大きいことを明らかにしてきた^{1), 2), 3)}。本研究では、地震応答解析により得られた速度と加速度を用いて衝撃解析を行い、鋼桁と支承に実際の被害と類似の損傷が生じることを確認した。

2. 解析対象橋梁と解析モデル

図1、図2の全体一般図に示す都市高架橋（鋼橋）の一部を取り出して、モデル1（図-3）、モデル2（図-4）、モデル3（図-5）の3モデルについて衝撃解析を実施した。

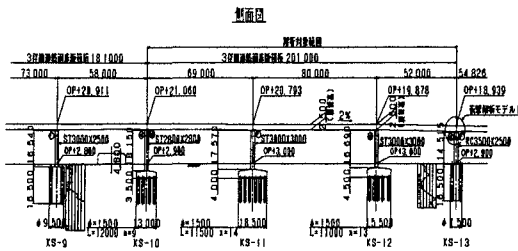


図-1 K橋一般図

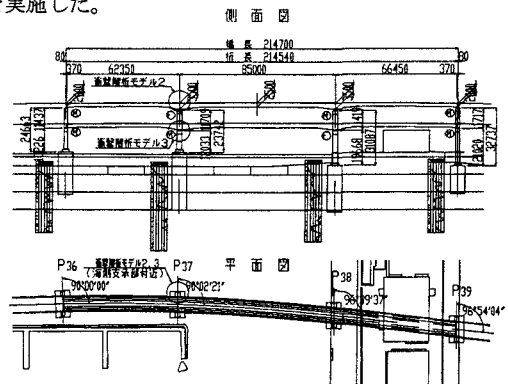


図-2 H橋一般図

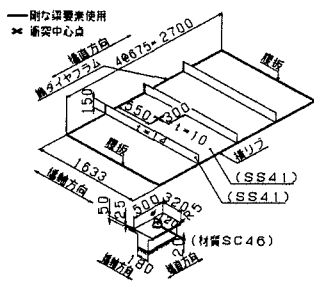


図-3 解析モデル1

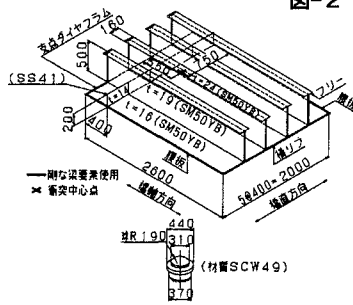


図-4 解析モデル2

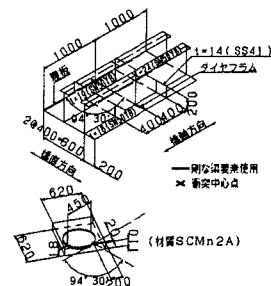


図-5 解析モデル3

キーワード：鋼橋、耐震設計、支承、衝撃解析、損傷メカニズム

連絡先：〒541-0041 大阪市中央区北浜4-5-33（住友ビル） TEL 06-6223-7491, FAX 06-6223-7495

衝撃解析に用いる速度と加速度は全体系骨組みモデルの非線形地震応答解析結果により得られた値を用いた。取付ボルトは破断しているため、衝突前の鋼桁と支承の相対距離は、全体系での変形量またはローラー等散逸部の高さとした。これらを表-1に示す。衝突する桁の質量は支承の死荷重反力を重力加速度で除した値とした。

鋼桁及び支承の物性値はJIS規格の値を基に、バイリニア型でモデル化した。(図-6)また降伏応力 σ_y 及び破壊応力 σ_u のひずみ速度依存性は以下の式⁹⁾によった。ここに $\dot{\epsilon}$ はひずみ速度、 σ_0 は静的応力である。

$$\sigma_y = (1.202 + 0.040 \times \log \dot{\epsilon}) \cdot \sigma_{y0} \quad (1)$$

$$\sigma_u = (1.172 + 0.037 \times \log \dot{\epsilon}) \cdot \sigma_{u0} \quad (2)$$

表-1 解析条件

	橋桁と支承との 初期距離h(mm)	初期速度 v0(mm/sec)	衝突時速度 v(mm/sec)	衝突時加速度 a(mm/sec ²)	桁の質量 (kg)
モデル1	200	1300	3407	24800	8667
モデル2	110	25	1446	10610	27530
モデル3	130	10	1852	12970	35380

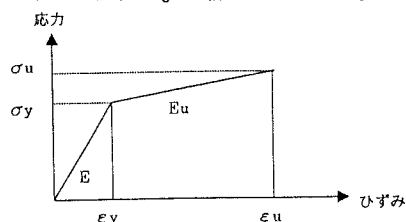


図-6 鋼材物性値モデル

3. 解析結果と考察

モデル1, 2, 3を用いた衝撃解析の結果を図-7, 図-8, 図-9に示す。

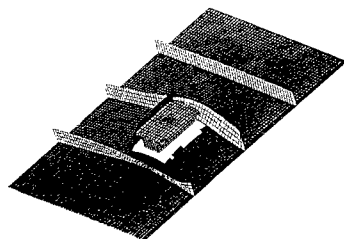


図-7 モデル1の解析結果

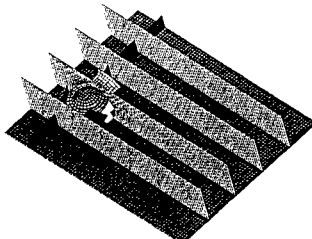


図-8 モデル2の解析結果

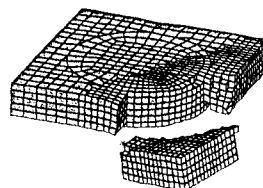


図-9 モデル3の解析結果

モデル1, モデル2においては、支承が下フランジを貫通しており、実際の被害と同じような結果となった。一方、モデル3においては、隣のP36支承が健全であるとして、P37支承だけの死荷重を用いて解析した場合は支承は部分的な損傷にとどまった。実際の被災状況はP36支承は散逸してしまっており、鋼桁が直接橋脚に載っている状態であった。本橋は連続鋼床版箱桁で、主桁が大きな曲げ剛性を有しており、P36の支承が無くなった場合、その反力の大部分は隣のP37支承で負担していると考えられる。このように考えて、P36とP37の合計死荷重に相当する質量を用いて解析した場合には割れが見られた。

これらの解析結果より、兵庫県南部地震クラスの巨大地震において、支承の取付ボルトが破断すれば、支承と下フランジの衝突により、板厚の薄い下フランジの損傷は免れない。腹板、ダイヤフラム、及びそれらの交差部直下に支承が衝突した場合は、支承本体が損傷する場合がある。今回の衝撃解析では、支承全体が散逸してしまった隣のP36支承の死荷重も考慮して始めて割れがみられた。このことは、一箇所の支承の損傷・散逸が構造系の変更を招き、他の支承に想定していなかった過大な荷重を作用せしめることを示唆している。

4. まとめ

本研究により、支承取付けボルト等の支承の局所的な損傷が鋼桁本体の損傷に至ることが解析的にも明らかになった。したがって、鋼橋の耐震性向上には、橋梁全体系の地震応答解析に基づいて、支承各部に十分な耐力を保有させるように設計する必要がある。

参考文献

- 山平喜一郎、他：橋梁全体系の非線形地震応答解析と免震支承の機能評価、土木学会第52回年次学術講演会概要集、pp244-255, 1997.9
- 山平喜一郎、他：3次元非線形地震応答解析による都市高架橋の支承の損傷要因分析、土木学会第53回年次学術講演会概要集、pp294-295, 1998.10
- 土木学会関西支部：大震災に学ぶ-阪神・淡路大震災調査研究報告書一、pp113-121, 1998.6
- 高橋芳彦、他：衝撃荷重を受ける鉄筋コンクリートはりの弾塑性挙動に及ぼす材料のひずみ速度効果、構造工学論文集、Vol.37A, pp1567-1580, 1991.3