ファイバー要素を用いたH形鋼による門形梁に関する動的骨組解析

(株) 構研エンジニアリング 正会員 ○牛渡 裕二 室蘭工業大学 正会員 小室 雅人 (株) 構研エンジニアリング 正会員 保木 和弘 室蘭工業大学 正会員 栗橋 祐介 釧路工業高等専門学校 フェロー 岸 徳光

1. はじめに

本研究では鋼部材の耐衝撃挙動に関する基礎資料の収集を目的に、H形鋼を用いた門形骨組を対象に陽解法に基づく二次元動的骨組解析を実施した。また、得られた解析結果を別途実施した重錘落下衝撃実験結果と比較することにより、解析方法の妥当性を検討した。

2. 実験概要

2.1 試験体概要

図 1 には本実験で使用した剛接合骨組の形状寸法を示している。柱材および梁材の鋼種は SN400B としており、それぞれ $H200\times200\times8\times12-1650$ 、 $H200\times150\times6\times9-2000$ の H 形鋼を使用した。柱梁接合部にはパネルゾーンの変形を抑制するために、柱材に板厚 $12~\mathrm{mm}$ の補剛材および板厚 $6~\mathrm{mm}$ のダブラープレートを、梁材中央部には荷重による局部座屈を抑制するために、板厚 $12~\mathrm{mm}$ の補剛材を

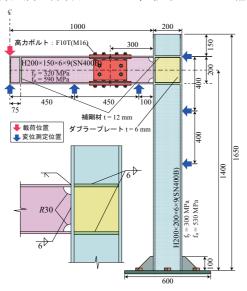


図1 試験体の概要



写真 1 実験状況

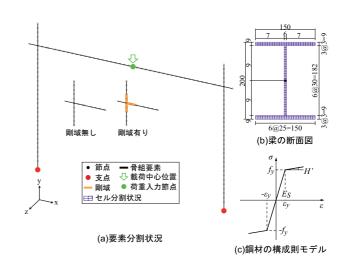


図2 骨組モデルおよび要素分割状況

溶接している. 柱下端部は板厚 22 mm のエンドプレート とリブを溶接し, 高力ボルトを用いてエンドプレートを 剛床に固定している.

2.2 実験方法および測定項目

写真 1 に、実験状況写真を示す。本実験では、前述の骨組に対して、重錘の初速度を V=1.0 m/s、増分速度を $\Delta V=1.0$ m/s とし、最大衝突速度が V=8.0 m/s まで繰返し衝撃荷重を与える漸増繰返し衝撃載荷実験を実施した。

実験は質量 500 kg の鋼製重錘を目標衝突速度に対応する所定の高さより、梁材中央部に自由落下させることにより行った。本実験の測定項目は、(1)重錘に組み込まれたロードセルによる重錘衝撃力、(2)非接触型レーザ式変位計による柱材および梁材の各点変位である。

3. 数值解析概要

図2には本数値解析に用いた骨組モデルおよび軸方向部材の要素分割状況,鋼材の構成則モデルを示している.数値解析では,柱梁接合部について剛域を考慮する場合と考慮しない場合の2種類について検討した.境界条件は柱基部を完全固定としている.衝撃荷重の入力方法は,実験結果より得られた重錘衝撃力をスパン中央の節点に作用させることによって再現した.減衰定数は,質量比例型減衰項のみ考慮することとし,鉛直方向最低次モードに対してh=1%と設定した.また,時間増分 Δt_{cr} は, Δt_{cr} =0.1 ms とした.数値解析に用いる鋼材の構成則は,塑性

キーワード: 鋼門形骨組,動的骨組解析,ファイバー要素,衝撃実験

連絡先:〒065-8510(株)構研エンジニアリング 防災施設部 TEL/FAX 011-780-2813/011-785-1501

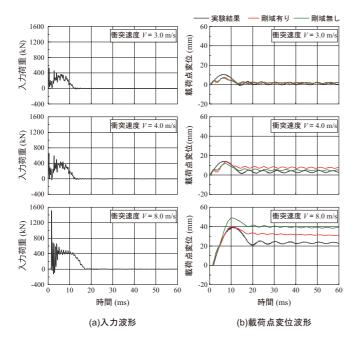


図3 時系列応答波形

硬化係数 H' を弾性係数 E_s の 1% とするバイリニア型の等方硬化則を適用し、降伏応力は 図 1 に示す値を用いた。

4. 数値解析結果および考案

図3 に、実験より得られた重錘衝撃力波形(解析に用いた入力荷重)と載荷点変位に関する時刻歴応答波形(実験結果および解析結果)を示す。ここでは、紙面の都合上 *V* = 3.0, 4.0, 8.0 m/s の結果のみを示す。

図3(b)より、実験結果ではいずれも重錘衝突後 $5 \sim 10$ ms で最大応答値に到達し、その後減衰自由振動に至っている。また、最大応答値および残留変位は衝突速度に対応して大きくなっていることが分かる。一方、解析結果はV=3.0、4.0 m/s では第 1 波目の継続時間が実験結果と同程度であるものの、立ち上がり初期に変位が若干低下する傾向が認められる。これは、(a)図の入力波形における衝突初期の立ち上がり波形による影響と推察される。また、この傾向は衝突速度 V=8.0 m/s では見られない。これは、立ち上がり波形後の入力荷重により発生する大変位と比較して、立ち上がり波形による変位の低下が小さいためと考えられる。

また,図4に載荷点鉛直変位-衝突速度関係を示す.なお,残留変位は $t=40\sim60ms$ における変位の平均値とした.最大変位に着目すると,剛域を考慮した場合には, $V\geq4.0$ m/s では誤差が 3 % 程度以内であり,再現性の高い結果が得られた.一方, $V\leq3.0$ m/s では剛域考慮の有無によらず,実験結果よりも小さい結果を示した.これは, $V\leq3.0$ m/s では衝撃荷重が比較的小さく,剛域の影響が生じないためと推察される. $V\geq4.0$ m/s で剛域を考慮した場合に実験結果を精度良く評価できたことは,剛域を設定することによって隅角部を介して梁から柱に断

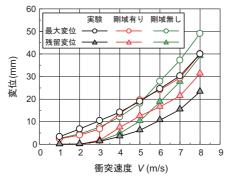


図 4 載荷点鉛直変位-衝突速度関係

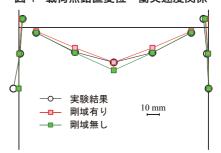


図 5 載荷点最大変位時の変位分布

面力が適切に伝わったためと考えられる. 一方, 剛域を 考慮しない場合は, 隅角部の剛性が不足し柱の分担が小 さくなったため, 梁の応答が大きくなったことによるも のと推察される.

残留変位に着目すると、 $V \leq 3.0$ m/s では実験結果とほぼ等しい値を示したものの、 $V \geq 4.0$ m/s では実験結果よりも大きく評価されている。また、2 (b) からも分かるように、減衰自由振動状態にある t = 60 ms 時点においても残留変位が徐々に低下する挙動を示していることが分かる。これについては今後の課題であり、検討を進める予定である。

図5には V = 8.0 m/s における最大応答時の変位分布を解析結果と比較している。柱の変位に着目すると剛域を考慮しない場合の方が内側への変位が大きいことが分かる。これは隅角部に剛域を考慮していないため隅角部の剛性が不足し、梁から柱に断面力が適切に伝達されないことを示唆している。このことからも隅角部を有する門型構造を対象に衝撃問題を骨組解析によって評価する場合には隅角部に剛域を考慮する必要がある。

5. **まとめ**

本論文で得られた結果を整理すると、以下のようになる.

- 1) 剛域を考慮した場合,最大変位値は精度よく再現可能であるものの,残留変位の再現性は低い.
- 2) 剛域を考慮しない場合においては、最大変位、残留変位ともに変形を過大評価する.

謝辞

本研究は日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究 (C) (課題番号 25420566) の助成を受けて実施したものである.