ファイバー要素を用いた日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 H200×200×8×12-1650, H200×150×6×9-2000 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 mmの補剛材および 板厚 6 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 mmの補剛材を



図1 試験体の概要





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Δ*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5~10 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 $t = 40 \sim 60ms$ 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、 $V \ge 4.0$ 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、 $V \le 3.0$ 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、 $V \le 3.0$ 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. $V \ge 4.0$ 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、図3(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.
- 副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.