

# 車両衝突荷重を受ける門型 RC 造骨組の動的応答性状に関する詳細応答解析

室蘭工業大学大学院 学生会員 ○武田 雅弘  
室蘭工業大学大学院 正会員 小室 雅人

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、門型 RC 造骨組を対象に柱高さの 1/2 点に自動車が発生した場合の耐衝撃性を把握することを目的に、衝突体の衝突速度を 80 km/hr と設定する場合の有限要素法による三次元弾塑性衝撃応答解析を実施した。なお、ここでは、骨組の動的応答性状に及ぼす衝突体のモデル化による影響を明らかにするために、自動車モデルを直接衝突させる場合（自動車モデル）、自動車モデルを剛壁に衝突させた場合に得られる衝撃荷重を载荷する場合（フルラップモデル）、質量が等しい弾性棒を衝突させる場合（弾性体モデル）について、比較検討を行うこととする。

## 2. 数値解析概要

図 1 には、本数値解析で対象とした門型 RC 造骨組の形状寸法および配筋状況を示している。本モデルは、標準的な 3 階建事務所建築設計例の 1 階部分を取り出したものであり、柱中心間隔は 5,500 mm、柱長が 2,950 mm、内空幅が 4,900 mm である。柱と梁の断面寸法はそれぞれ 600×600 mm、350×650 mm である。梁部は上下端鉄筋にそれぞれ D19、D16、基礎梁部には上下端鉄筋に D19 が配筋されており、両梁部とも帯筋には D10 が配筋されている。柱部は軸方向鉄筋に D22、帯筋には D13 が配筋されている。また、基礎スラブには短辺方向、長辺方向ともに D13 が配筋されている。梁部および柱部の軸方向鉄筋の芯かぶりは、それぞれ 60 mm、50 mm としている。

図 2 (a) には、門型 RC 造骨組の要素分割状況を示している。RC 造骨組は、鉄筋には 2 節点梁要素を、他の要素には 8 節点固体要素を用いてモデル化している。なお、鉄筋とコンクリートは完全付着とした。常時荷重を再現するために、柱頭部には単位体積重量が 1,167 kN/m<sup>3</sup> となるシェル要素を、梁上面には単位体積重量を 580 kN/m<sup>3</sup> とする厚さ 100 mm の固体要素を配置している。本モデルの総要素数および総節点数は、それぞれ約 260,000 および 275,000 である。境界条件は基礎スラブ底面を完全固定とし、衝突体一柱間には面と面との接触・剥離を伴うすべりを考慮した接触面を定義している。

図 2 (b) には、本研究で使用した自動車の要素分割状況を示している。本研究では、NCAC (National Crash Analysis Center) で公開されている自動車モデルを採用し、総重量は 1,350 kg と設定した。図 2 (c) には、弾性円柱体の要

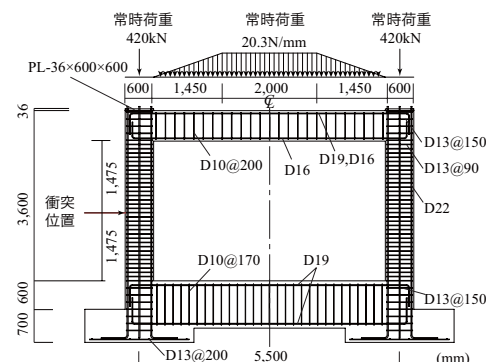


図 1 試験体の形状寸法、配筋状況

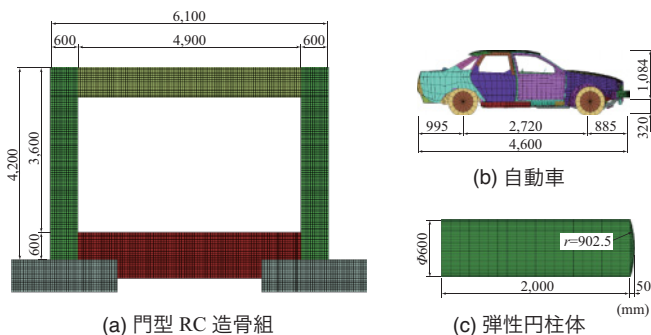


図 2 要素分割状況

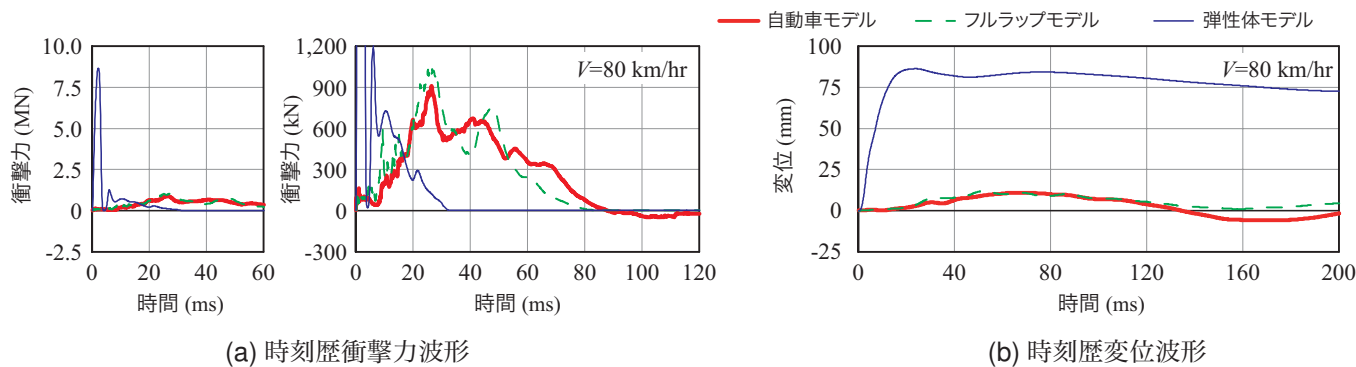
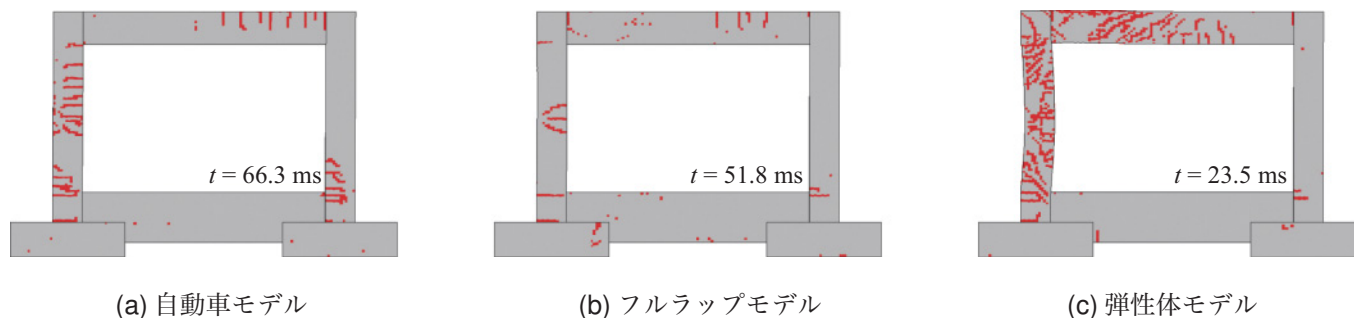
素分割状況を示している。形状寸法は一義的に直径 600 mm、全長 2,050 mm と設定し、全質量は自動車モデルと等しく 1,350 kg である。

コンクリート要素の応力-ひずみ関係は、圧縮側に関しては、相当ひずみが 0.15 % に達した時点でコンクリートが降伏するものと仮定し、完全弾塑性体のバイリニア型にモデル化した。圧縮強度は 21 MPa とし、引張強度は圧縮強度の 1/10 と仮定している。なお、降伏の判定には Drucker-Prager の降伏条件式を採用している。鉄筋要素に用いた応力-ひずみ関係は、塑性硬化係数 ( $H' = 0.01E_s$ ,  $E_s = 206$  GPa) を考慮した等方弾塑性体モデルとし、降伏応力は D10 および D13 の場合で 295 MPa、D16、D19、D22 の場合で 345 MPa としている。なお、降伏の判定には von Mises の降伏条件式を採用している。

数値解析は、あらかじめ決定された衝突速度  $V$  を衝突体の各節点に与えることによって実施している。なお、フルラップモデルの場合には、高さ 250 mm、幅 600 mm の領域に等分布荷重となるように衝撃力を作用させている。また、その作用中心位置は柱の高さ方向の 1/2 点であり、衝撃荷重は水平方向に与えることとした。

キーワード：門型 RC 造骨組、自動車衝突、動的応答性状、数値シミュレーション

連絡先：〒 050-8585 室蘭工業大学大学院 くらし環境系領域 社会基盤ユニット TEL/FAX:0143-46-5228

図3 各種応答波形 ( $V = 80 \text{ km/hr}$ )図4 ひび割れ分布および変形状況 ( $V = 80 \text{ km/hr}$ , 変形倍率: 等倍)

### 3. 数値解析結果および考察

図3(a)には、各入力モデルにおける衝撃力の時刻歴波形を比較して示している。自動車モデルの場合に着目すると、衝撃力は緩やかに励起していることが分かる。これは、バンパーの緩衝効果や柱材の局所的な変形による効果であるものと推察される。弾性体モデルの場合には、衝突初期に非常に大きな衝撃力が発生している。その後、数波の振幅の小さい高周波成分が励起し、緩やかに減少している。衝突初期における大きな衝撃力の発生の要因は、自動車モデルのようなバンパー等の緩衝材が設置されていないことによるものと判断される。なお、フルラップモデルの場合には、載荷初期に自動車モデルよりも大きな衝撃力が励起しているものの、ある程度の時間経過後には自動車モデルの場合と類似の波形性状を示していることが分かる。

図3(b)には、各入力モデルの自動車衝突側柱の高さ方向中央点における水平方向変位に関する時刻歴応答波形を示している。図より弾性体モデルの場合が最も大きな値を示していることが分かる。これは衝撃力波形の場合と同様にバンパー等の緩衝材が設置されていないことによるものと考えられる。一方、自動車モデルの場合には、変位の増加勾配が小さくほぼ線形に増加し、約66 msで最大値を示した後、減衰自由振動状態へ移行していることが分かる。なお、最大変位は、弾性体モデルの1/8程度となっている。また、フルラップモデルの場合には、自動車モデルと大略一致した波形性状を示しているが、減衰

自由振動における周期が若干異なっていることが分かる。

図4には、衝突側柱の最大水平変位発生時刻における骨組正面のひび割れ分布および変形状況を各解析モデルで比較して示している。(a)図の自動車モデルと(b)図のフルラップモデルのひび割れ分布を比較すると、衝撃荷重作用域や梁材および非衝突柱材におけるひび割れ分布に若干の差異が見られるものの、両者は比較的一致していることが分かる。これは、フルラップモデルの場合には、載荷面積が常に一定であるのに対して、自動車モデルの場合は衝突初期にはバンパー部が作用するものの、時間の経過と共に載荷面積が徐々に変化することにより、衝撃荷重作用域の損傷に差が出たものと推察される。一方、(c)図に示す弾性体モデルの場合には、衝突柱材および梁材の損傷が大きく、せん断破壊の傾向を示している。また、梁材上面のかぶりコンクリートに剥離の傾向が見られる。以上より、弾性体モデルの場合には、自動車モデルやフルラップモデルよりも損傷を過大に評価する傾向にあることが明らかになった。

### 4. まとめ

- (1) 弾性体モデルを使用する場合、自動車モデルやフルラップモデルを用いる場合と比較して、最大衝撃力、最大変位およびひび割れ分布を過大に評価する傾向にある。
- (2) フルラップモデルを入力する場合、ひび割れ分布に若干の差異が見られるものの、衝撃力波形および変位波形は自動車モデルを用いる場合と概ね一致する。