

神戸大学大学院 学生員 ○北山 篤 神戸大学工学部 正会員 宮本文穂
大阪ガス 正会員 岡田慎一郎 鴻池 組 正会員 小野紘一

1. 目的 本研究は、炭素繊維を斜交メッシュ状に組み合わせたCFメッシュの鉄筋代用品としての適用性について検討するために実施された実物大高欄供試体に対する衝撃実験結果を検証するため、実験の諸条件に適合させた3次元有限要素モデル¹⁾による破壊挙動解析を行い、この結果を基に耐衝撃性の評価を試みたものである。

2. 高欄実験の概要と主な結果

2. 1 実験に用いた高欄供試体の諸元：図-1に実験を行った各タイプの高欄供試体の形状・寸法を示すと共に以下にその特徴を述べ、表-1に今回使用したCFメッシュの特性を鉄筋と比較して示す。

- ①高欄タイプAは高架高速道路での標準的な鉄筋コンクリート製高欄(補強方法:鉄筋,補強材間隔:250mm)
②高欄タイプBは,CFメッシュで補強し,CFの有する高強度と高耐食性を考慮してかぶり厚を高欄タイプAに比べて減少させた高欄(補強方法:CFメッシュ,補強材間隔:275mm)
- 表-1 CFメッシュ筋の特性比較

表-1 CFメッシュ筋の特性比較

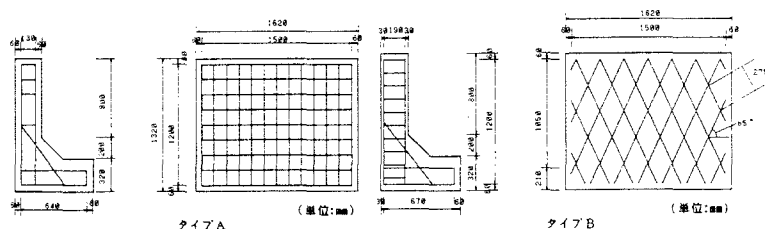


図-1 高欄供試体の形状・寸法

	CF メッシュ	鉄筋 (D13)
引張強度 (kgf/cm ²)	9200	5100 ~7140
ヤング係数 (kgf/cm ²)	710000	2040000
破断ひずみ (%)	1.2	3.5

2. 2 衝撃実験と実験結果：衝撃力は、重量2.48tfの球形重錘を2点吊りした振り子式試験装置により、振り子半径3mで所定の落下高さより载荷した。衝撃力作用位置は、大型車のバンパー高さを考慮して路面より65cm（高欄上縁より35cm）の位置とした。次に高欄供試体の衝撃実験で得られた主な結果をまとめると以下のようになる。

- ①各高欄とも、落下高さ106cm(原位置エネルギー2.63tf・m)で高欄の内外面に多数の水平ひび割れが発生し、高欄外面にコンクリートの剥離が生じた。また、エネルギーの吸収率もほぼ100%となっており、この時の落下エネルギー(2.63tf・m)が高欄を1回の衝撃で破壊するのに必要なエネルギーであると考えられる。
- ②破壊時最大衝撃荷重は、タイプA(RC)で218tf、タイプB(CF)で124tfと、かなり差異がみられる。
- ③破壊形式は、タイプA(RC)では高欄が押し抜けるせん断型の破壊を示したのに対して、タイプB(CF)ではひび割れが高欄全体にわたって広がる曲げ型の破壊であった。

3. 解析モデルと解析結果

3. 1 解析モデルと解析に用いた高欄の種類：解析モデルとしては、高欄1/2分割での要素分割(幅方向15分割×高さ方向20分割×厚さ方向5分割)を設定し、解析は補強筋配置タイプAとタイプBの2種類の場合について3次元有限要素法を用いて行った。また、実験に用いられた供試体について載荷速度の変化による比較、材料の効果、配筋形状の効果を考察するため6通りの高欄に対して解析を行った。今回の解析対象とした高欄の種類と記号などを表-2にまとめて示す。なお、表-2のBSN2は、図-1のタイプAとタイプBのように鉄筋を配置すると、同じ鉄筋を用いた場合、両者間に鉄筋比の差が生じるためBSN2はASNとの鉄筋量が同じになるように鉄筋量を増加(鉄筋の半径、周長を増加)させ、配筋の効果の比較が可能となるようにしたものである。

3. 2 解析結果と考察：図-2は実物大供試体による破壊時衝撃荷重の実験結果と解析結果の比較を示したものである。この場合の解析に限っては、実験で得られた、衝撃荷重～時間関係を入力し、解析上での破壊が

Atushi KITAYAMA, Ayaho MIYAMOTO, Shin-ichirou OKADA, Kouichi ONO

じた衝撃力を破壊時衝撃荷重として比較している。なお、実験結果の破壊時衝撃荷重は、衝撃荷重～時間関係のピーク時の値を取っている。この実験結果と解析結果の比較をみると、破壊時衝撃荷重に関して言えば非常に良く一致した解析結果が得られていることが明らかであり、本解析手法が高欄構造物に十

表-2 解析に用いた高欄の種類と記号一覧

目的	高欄種類	補強筋配置	使用補強筋	せん断補強筋
実験結果との比較	ASY	タイプA	鉄筋(S)	有り(Y)
載荷速度の影響	BCY	タイプB	C F(C)	有り(Y)
材料の効果	BSN	タイプB	鉄筋(S)	無し(N)
	BCN	タイプB	C F(C)	無し(N)
配筋形状の効果	ASN	タイプA	鉄筋(S)	無し(N)
	BSN2	タイプB	鉄筋(S)	無し(N)

分適用可能と考えられる。図-3は実験に用いた供試体に近似させた解析モデルを用いて、載荷速度50,100tf/msecの2種類の三角形荷重波形を入力した場合の、載荷速度の変化による破壊時挙動の比較の内、破壊時衝撃荷重の比較を行ったものである。これより、載荷速度50tf/msecの場合、高欄ASYおよび高欄BCYの両者は同様の耐荷力を有するが、100tf/msecになると、高欄BCYは高欄ASYに比べ約30tfの耐荷力の減少が見られるようになる。この原因として載荷速度50tf/msecでは高欄ASY、高欄BCYとも載荷面に対して裏面の支点で破壊する曲げ破壊を示したのに対し、100tf/msecでは載荷部近傍で圧壊する押し抜きせん断破壊であったことから考えると、高欄ASYに比べて高欄BCYの方がかぶり厚が30mmと薄いため、解析モデルの1要素の強度が小さいことによって早い段階で破壊したと思われる。次に図-4は補強筋配置タイプBの場合でせん断補強筋を考慮しない解析を行い、補強筋として鉄筋とCFの2種類の材料を用いて材料特性を変化させた場合の破壊時衝撃荷重(三角形荷重波形を入力)の解析結果を比較したものである。この図よりヤング係数の小さなCFを用いた場合でも鉄筋を用いたモデルと同程度の耐荷力が載荷速度に関係なく得られていることがわかる。このことから、材料の効果としてCFを鉄筋の代わりに用いても十分耐荷力が確保され、衝撃荷重に有効に抵抗するものと考えられる。図-5は補強筋配置形状の効果を検討するため、実験で用いた直交配置と斜交配置の破壊時衝撃荷重に及ぼす差異を、補強筋として鉄筋を用いて比較したものである。これより載荷速度が50tf/msecの曲げ破壊形式を示すような場合は、斜交配置の方が直交配置よりも約5tfの破壊時衝撃荷重の増加がみられ、斜交配置の有効性が明かである。しかし、載荷速度100tf/msecのように載荷部近傍でコンクリートが圧壊するような場合では高欄ASN、高欄BSN2とも同程度の耐荷力を示す結果となり、斜交配置は版構造が曲げ破壊を示すような場合に効果を示すものと思われる。

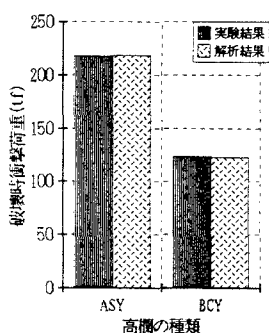


図-2 実験結果と解析結果の比較

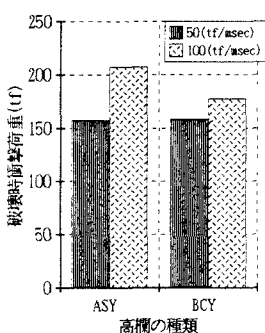


図-3 実験供試体での載荷速度の影響

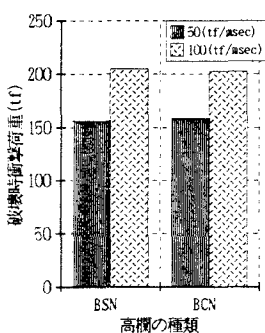


図-4 材料の効果

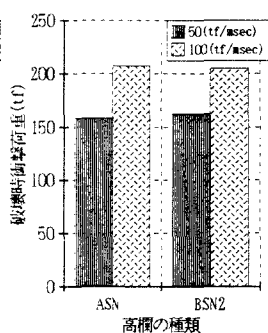


図-5 配筋形状の効果

4. 結論 以上より、①本解析手法が高欄構造物にも適用可能であり、実際の構造物の諸条件を与えることにより高い精度で解析を行える。②CFは鉄筋と同程度の耐荷力を有し、鉄筋の代用品としての利用を期待できる。③斜交配置は直交配置に比べ版構造物が曲げ破壊を起こすような版全体で衝撃力に抵抗する場合、耐衝撃性を向上することができる。

参考文献 1)三戸雅文：3次元有限要素解析によるコンクリート版の衝撃破壊挙動解析と耐衝撃性評価，神戸大学，修士論文，1994.3