

ラーメン構造物における最適形状設計の適用性

千葉工業大学大学院 学生会員 鈴木 元敏
 東京大学大学院 学生会員 許 鑑麟
 千葉工業大学土木工学科 F 会員 足立 一郎
 東京大学生産技術研究所 F 会員 魚本 健人

1. はじめに

従来のコンクリート構造物の設計においては、コンクリートの引張強度は無視されている。しかし、わずかでも引張強度がある以上、その特性を生かし材料に無駄がない構造物を設計するのが望ましい。そこで、それぞれの持つ材料の特性を十分に引き出すことができる設計方法として最適形状設計による設計方法を考えた⁽¹⁾。

本研究は、一例として圧縮に強く、引張りに弱い材料を用いたラーメン構造物における最適形状設計の適用性の評価を行うものであり、形状を最適化することにより構造物の強度特性や必要材料量にどのような影響が表れるかを明らかにするものである。

2. 最適化手法

本研究では、図-1に示す荷重条件及び固定条件のラーメン構造物を用い、内側部(図-1太線)に発生する応力集中の低減を目的とする最適形状設計を行う。本研究における最適化手法は、体積一定の条件で、形状を変化させることにより応力の均一化を図るものである。図-2より解析回数が増すごとに応力が均一化することがわかる。応力が最も均一に近く

なるときの形状となる構造物を最適形状構造物とする(図-3)。図-1 原形状ラーメン構造物及び荷重条件

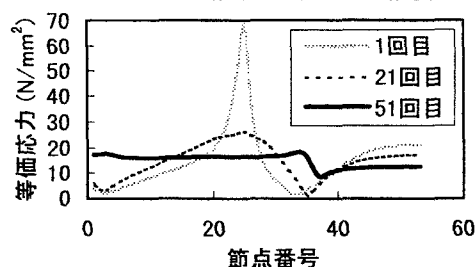


図-2 各節点における等価応力の変化

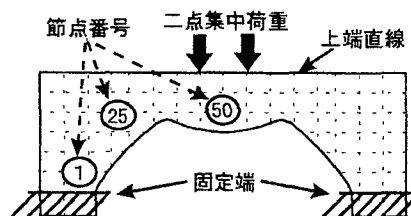
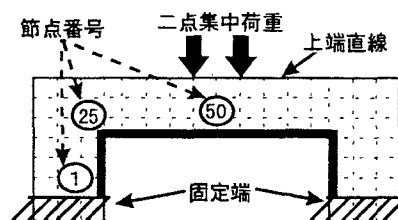


図-3 最適形状ラーメン構造物

3. 実験概要

3-1 石膏を用いたラーメン構造物の載荷試験

比較的均一材料である石膏を用いて、解析時と同じ荷重条件(図-1)で載荷試験を行い、実験結果と有限要素法による解析結果を比較することにより本研究で用いた設計の良否を判定する。さらに測定したひずみから構造物の圧縮部と引張り部の関係を調べ、ひびわれ発生後における設計方法の適否を認識する。

3-2 プレーンコンクリートと鋼繊維補強コンクリートを用いたラーメン構造物の載荷試験

原形・最適形状ラーメン構造物に3-1と同様な設計及び実験を行い、実験結果を原形状と最適形状と

キーワード：最適形状設計、応力集中、脆性材料、タフネス

連絡先：〒106 東京都港区六本木7-22-1 TEL03-3402-6231 FAX03-3470-0759

で比較することにより、形状が構造物の強度特性に大きな影響を与えることを立証する。また各形状における鋼繊維による影響を明らかにし、形状と必要材料量の関係を明確にする。

4. 実験結果

4-1 最適形状の良否

図-4は石膏ラーメン構造物における解析値と実験値の比較を示したものである。解析値、実験値ともに最適化することにより最大荷重は向上する。また、ひびわれ発生前においては、解析値と実験値はほぼ等しく、さらに、解析より推定された最大荷重と実験から得られた最大荷重はほとんど同じ値である。測定したひずみと荷重の関係から、最適化を行うことにより、最大荷重到達後に荷重の急激な低下が起こらず、ひびわれ発生前はもとよりひびわれ発生後においても形状による効果があると思われる。

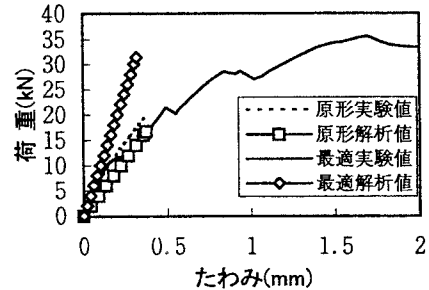


図-4 石膏構造物における解析値と実験値との比較

4-2 形状と構造物の強度特性との関係

図-5はプレーンコンクリートラーメン構造物における原形形状と最適形状の内側ひずみの標準偏差を示したものである。原形形状は弾性限界荷重到達後に応力が集中し破壊に至るのに対し、最適形状は応力集中が低減され標準偏差に急激な変化がなく、結果的にひびわれ発生時期が遅くなり最大荷重が向上されると判断できる。最適化による形状の影響は、ひずみの他にたわみにも生じており、最適形状設計による形状により構造物の強度特性に大きな変化が生じることがわかる。

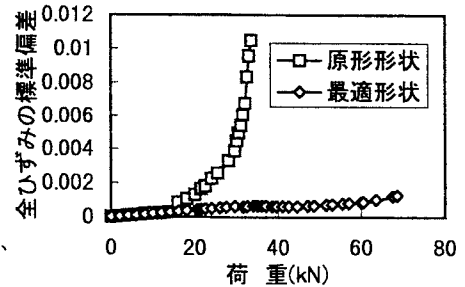


図-5 荷重と全ひずみの標準偏差との関係

4-3 形状と繊維混入率との関係

図-6はSFRCの各混入率における荷重とたわみとの関係を示したものである。同じ混入率で原形形状と最適形状のタフネスを比較した場合、最適化することにより約2倍に増加する。また、混入率2.0%の原形形状で得られた最大荷重は、最適化することにより推定ではあるが混入率0.75%で補うことができると考えられる。以上のことから、形状と混入量には密接な関係があると判断でき、最適化することにより鋼繊維の必要材料量を節約できる。

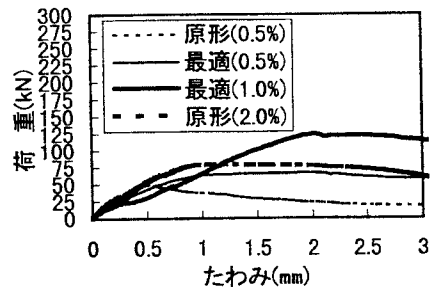


図-6 各混入率における荷重—たわみ曲線

5. まとめ

脆性材料を用いたラーメン構造物に最適化を行うことにより、次のような変化が生じると考えられる。

- ①ひびわれ発生後において、ひびわれの進展が遅く、急激な破壊に至らないことから、応力再分布が起きている。
- ②応力の均一化による応力集中の低減を図ることにより、最大荷重を向上させることができる。
- ③最適化を行うことにより、所要の強度、タフネスを得るための繊維混入率を低減できる。

以上のことから、脆性材料を用いたラーメン構造物への最適形状設計の適用は、最適形状の良否及び形状が及ぼす影響から考察すると、十分有効であると考えられる。

参考文献

- (1) 許 鎧麟・魚本 健人: Application of Biological-Growth Strain Method on Optimal Shape Design of Mechanical Components、コンクリート工学年次論文報告集、JCI、1997、投稿中