



岐阜大学機関リポジトリ

Gifu University Institutional Repository

コンクリート構造物の強度ならびに変形性状の寸法依存性とそのメカニズムに関する研究

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2008-03-12 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 六郷, 恵哲 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12099/151

6. 研究成果

6.1 研究の背景と目的

コンクリート構造物や部材の耐力は、寸法が大きくなっても寸法に比例して増加するとは限らず、むしろ強度（単位面積当たりの力等、耐力を寸法で規準化した値）が低下する場合がある。例えば、無筋コンクリートの曲げ強度や引張強度は寸法依存性（寸法効果ともいう）が大きいことが知られている。せん断補強筋のないRCはりのせん断強度のように、強度が主にコンクリートに支配される場合には、寸法依存性が存在する。一般に、曲げを受ける通常のRCはりでは、鉄筋に支配される降伏強度には寸法依存性は見られないが、破壊時の変形性状（変形量を寸法で規準化したもの）はコンクリートに影響され寸法依存性が認められる可能性が大きい。

また、従来のコンクリート構造物の設計式には実験や経験に基づくものが多いが、大型構造物や高強度コンクリートを用いた構造物等では、実験で確認できる範囲をはるかに越える寸法のもものが少なくなく、こうしたコンクリート構造物の強度や変形性状の寸法依存性についても適切な把握が必要とされている。

本研究においては、無筋および鉄筋コンクリート部材を対象として、各種強度ならびに破壊時の変形性状の寸法依存性とそのメカニズムについて、実験ならびに数値解析を通じて検討することを目的としている。本研究において取り上げた主な項目は次のとおりである。

- (1) コンクリート強度の寸法依存性のメカニズム
- (2) RCはりの強度ならびに変形性状の寸法依存性
- (3) 各種コンクリートの曲げ破壊性状の寸法依存性
- (4) ひび割れ性状の寸法依存性とフラクタル性
- (5) ひび割れの数値解析と引張軟化特性

6.2 研究成果の概要

本研究で得られた研究成果の概要を、以下に述べる。前章に挙げた学会誌等に発表論文のうち、関連するものの番号を[]内に示す。学会誌等に発表した論文から12編を選んで付録として次章に載せる。

(1) コンクリート強度の寸法依存性のメカニズム [1][2]

部分要素の荷重変位関係を軟化域を含め種々に変化させた場合に、これらの部分要素を組み合わせた系全体の荷重変位関係がどのようになるかについて数値解析により検討した。その結果、強度の寸法依存性のメカニズムとして、弱い部分が形成されることによる強度低下と、ひずみが不均一になることによる強度低下の2つの可能性があることを示した。

強度の寸法依存性を説明するモデルとして、Griffith理論に代表される「エネルギーの変換機構」に基礎をおくものと、Weibull理論に代表される「材料欠陥の存在確率の増大」に基礎をおくものを取上げて述べた。さらに、寸法依存性の原因として、乾燥収縮、引張軟化の寄与、材料（水や骨材）の偏り、施工条件等のコンクリート特有のものを取り上げ、各種強度との関係を述べた。

(2) RCはりの強度ならびに変形性状の寸法依存性 [3][4][5]

RCはり部材の降伏荷重や最大荷重には寸法依存性が認められなかった。一方、部材変形能は、複鉄筋はり($p'/p=0.56\%$)の場合にはほぼ一定となり寸法依存性が認められないが、単鉄筋はりの場合にははり高さが大きいほど小さくなり、寸法依存性が認められた。モーメントスパンのたわみ分布から曲率を求める方法により、変形の局所化の様子を検出した結果、変形の局所化は最大荷重点以降に顕著になる傾向が認められた。

圧縮強度が $300\sim 1300\text{kgf/cm}^2$ の範囲のコンクリートを用いたせん断補強筋のないRCはり部材のせん断強度について、実験ならびに数値解析を行った。圧縮強度が 1000kgf/cm^2 以上の超高強度コンクリートを用いた場合には、RCはりのせん断強度の寸法依存性が大きいこと、ならびに土木学会の算定式によるとせん断耐力を過大評価する危険性があることを明らかにした。

(3) 各種コンクリートの曲げ破壊性状の寸法依存性 [6][7][8][9][10][11][12]

鋼短繊維補強コンクリート、アラミド短繊維補強高強度モルタル、ポーラスコンクリート等の特殊なコンクリートについて、荷重変位曲線で表される曲げ破壊性状の寸法依存性を実験的に明らかにするとともに、引張軟化曲線をもとにした寸法依存性についての検討が有効なことを示した。また、供試体の曲げ荷重変位曲線から逆解析により引張軟化曲線を精度良く求める方法を確立した。

鋼短繊維補強コンクリート（鋼短繊維を容積比で1%混入）の曲げ強度にも寸法依存性が認められるものの、大きな供試体（はり高さが20cm、40cm）では鋼短繊維の補強効果が現れ、曲げ強度の寸法依存性は小さくなった。アラミド短繊維補強高強度モルタル（アラミド短繊維を容積比で1%、2%、4%混入）の曲げ強度の寸法依存性は僅かであった。アラミド短繊維を4%混入した高強度モルタルの曲げ強度は 200kgf/cm^2 以上（通常の3～6倍程度）と極めて大きくなり、靱性（破壊時のエネルギー吸収能）も著しく大きくなった。

ポーラスコンクリート（細骨材を用いずに作製したコンクリートであり、連続空隙を有する）の引張軟化曲線を、曲げ試験で得られた荷重変位曲線から逆解析によって精度良く求めた結果、引張軟化曲線の形状は、はり高さが20cmと30cmの場合に比べ、はり高さが10cmの場合には少し異なっていた。

(4) ひび割れ性状の寸法依存性とフラクタル性 [13][14][15][16]

はり高さが異なる無筋コンクリートはりが曲げを受ける場合について、引張縁のひび割れ分布（ひずみ分布）性状をひずみゲージにより検出した結果、最終的な破断面以外にも複数の微細なひび割れが離散的に生じていることや、微細ひび割れの影響域は10mm程度以下であること等を明らかにした。

また、観測されるひび割れ分布性状がひずみゲージの大きさ（観測スケール）に大きく依存する現象を、マルチフラクタル理論（フラクタル理論は複雑さを定量化する手法であり、マルチフラクタル理論は場所や観測スケールにより複雑さが異なる場合へ拡張したものである）によりうまく説明できることを示した。ひずみゲージの検長が短いほど観測されるひずみ分布の形状は複雑となるが、極端に検長が短いひずみゲージを用いた場合のひずみ分布のおよその形状を、マルチフラクタル理論をもとに容易に推定しうることを示した。

(5) ひび割れの数値解析と引張軟化特性 [17][18][19][20][21][22]

コンクリートの引張軟化曲線を分布ひび割れモデルに組込んだ有限要素解析により、アンカーボルトの引抜き破壊や切欠きのあるコンクリートはりの破壊について解析を行い、解析結果の要素分割依存性や、ひび割れ方向と要素分割との関係で生じるストレスロッキング等の解析上の問題点について検討した。

日本コンクリート工学協会の破壊力学の応用研究委員会が行った各種の破壊に関する共通解析の結果をもとに、コンクリートの破壊の数値解析の現状と課題について述べた。さらに、コンクリートの引張軟化特性と強度の寸法依存性についてまとめた。