

鉄筋コンクリートディープビームの寸法効果に関するパラメトリック解析

清水建設技術研究所 正会員 吉武 謙二
清水建設技術研究所 正会員 長谷川俊昭

1. はじめに

近年のRC構造物の大型化に伴い、その破壊挙動に及ぼす寸法効果の影響を精度良く把握することが、安全かつ経済的な設計をする上で、とりわけ、その影響が無視できないせん断破壊強度に関しては重要視されている。本研究は、汎用有限要素プログラムDIANAを用いて、二羽¹⁾のRCディープビームの寸法効果に関する試験体SI0, SI1, LR0(有効高さ $d = 30, 60, 90\text{cm}$; せん断スパン比 $a/d = 0.5$)と試験体SI0の完全相似形試験体を対象として、コンクリートの弾塑性構成モデル、要素寸法を影響因子として解析を実施し、破壊挙動に及ぼす影響について考察を加えたものである。

2. 解析モデル

表 - 1 に解析ケースとパラメータを、図 - 1, 2, 3 に試験体SI0, SI1, LR0の寸法と有限要素メッシュを示す。解析ケースAに用いた要素メッシュ(図 - 2, 3 a))は、ウェブコンクリート部の要素寸法を試験体SI0と等しくしたもので、解析ケースB ~ Eに用いた要素メッシュ(図 - 2, 3 b))は、要素寸法を有効高さに合わせて相似的に拡大したものである。解析ケースF ~ Hでは、試験体SI0の完全相似形で曲げスパン比も等しく有効高さが60, 90cmとなるようにSI0の有限要素メッシュを拡大したものをを用いた。主鉄筋の上下50mmのコンクリートは付着による引張硬化を考慮してモデル化した。ひび割れ帯モデル及び局所圧縮軟化塑性モデルに用いたコンクリートの弾塑性軟化挙動は、CEB-FIP MODEL CODE 1990に基づいて設定した。コンクリートの破壊条件は圧縮状態でVon Misesを用い、引張 - 圧縮状態、2軸引張状態では、最大主応力 σ_1 が引張強度 f_t を越えるとひび割れが発生すると仮定した。

3. 解析結果

各解析ケースのせん断強度 $\tau_u / f'_c = V_u / bdf'_c$ (V_u : 最大せん断耐力, b : はり幅)と有効高さ d との関係を二羽の実験結果、土木学会コンクリート標準示方書によるディープビームのせん断耐力式より求めた計算値、及び $a/d = 1.0$ のWalravenらの実験結果とともに図 - 4 に示した。解析ケースA, Bより、解析は概ね実験のせん断強度を予測している。解析ケースEでは、圧縮側、引張側ともに完全塑性モデルで寸法効果が現れる要因がないにもかかわらず、寸法効果が顕著に現れている。これは二羽の試験体は、完全な相似形ではなく、せん断スパン部のみを相似形にしているためであると考えられる。この推論は、SI0の完全相似形試験体を用いた解析ケースHでは、寸法効果が現れていないことから明らかである。

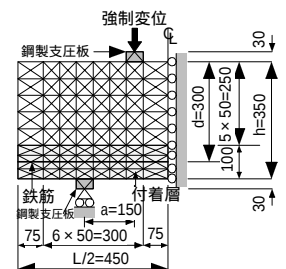
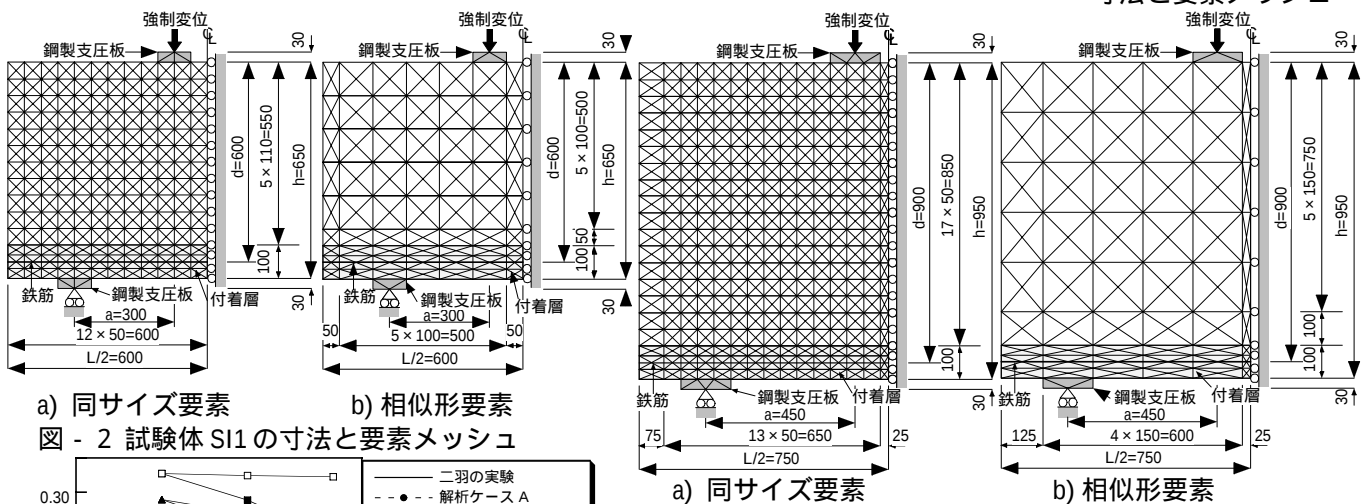


図 - 1 試験体 SI0 の寸法と要素メッシュ



a) 同サイズ要素

b) 相似形要素

図 - 2 試験体 SI1 の寸法と要素メッシュ

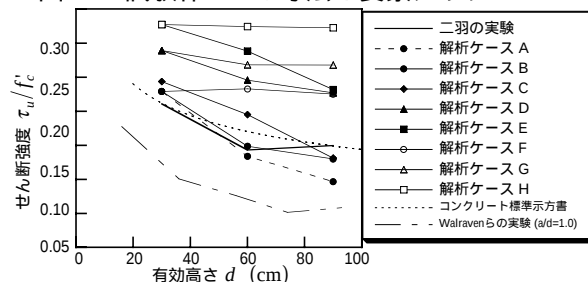


図 - 4 せん断強度の寸法効果

図 - 3 試験体 LR0 の寸法と要素メッシュ
表 - 1 解析ケースと解析パラメーター

解析ケース	引張側モデル	圧縮側モデル	備考
解析ケースA	ひび割れ帯モデル	局所圧縮軟化塑性モデル	同じ寸法の有限要素
解析ケースB	ひび割れ帯モデル	局所圧縮軟化塑性モデル	相似した寸法の有限要素
解析ケースC	局所引張完全塑性モデル	局所圧縮軟化塑性モデル	相似した寸法の有限要素
解析ケースD	ひび割れ帯モデル	局所圧縮完全塑性モデル	相似した寸法の有限要素
解析ケースE	局所引張完全塑性モデル	局所圧縮完全塑性モデル	相似した寸法の有限要素
解析ケースF	ひび割れ帯モデル	局所圧縮軟化塑性モデル	SI0の完全相似形試験体
解析ケースG	ひび割れ帯モデル	局所圧縮完全塑性モデル	SI0の完全相似形試験体
解析ケースH	局所引張完全塑性モデル	局所圧縮完全塑性モデル	SI0の完全相似形試験体

キーワード：鉄筋コンクリート、ディープビーム、寸法効果、有限要素破壊解析

〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 TEL 03-3820-5515 FAX 03-3820-5955

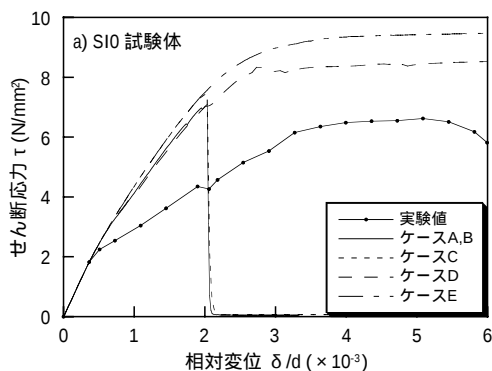


図 - 6 試験体 SI0 のひび割れ発生状況

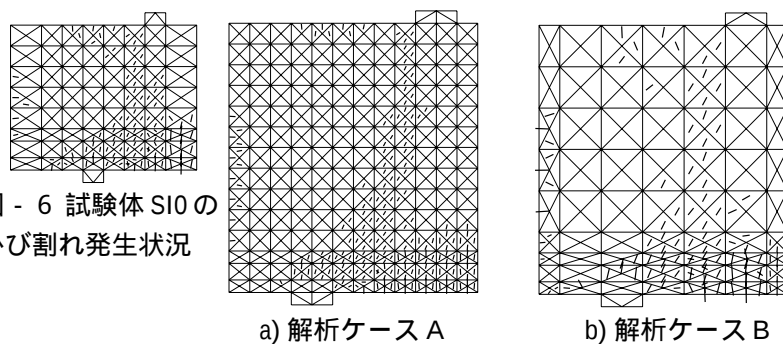


図 - 7 試験体 SI1 のひび割れ発生状況

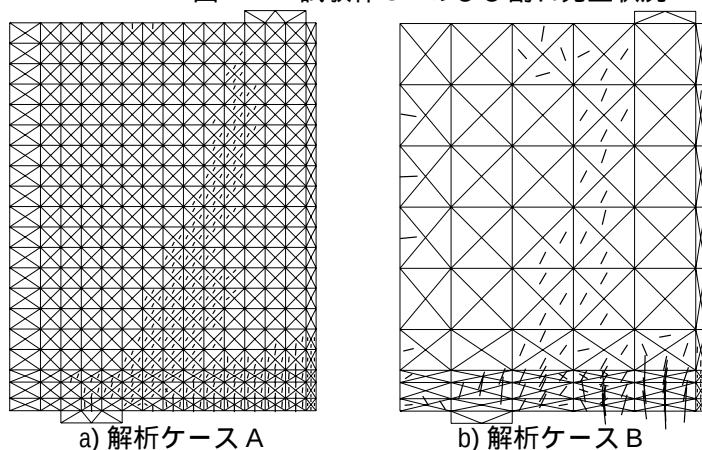
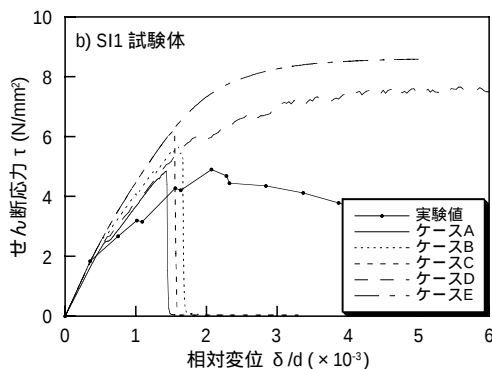


図 - 8 試験体 LR0 のひび割れ発生状況

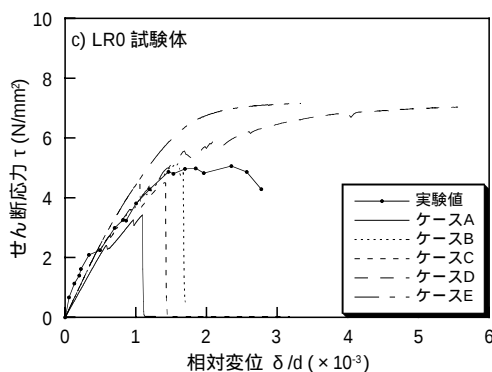


図 - 5 せん断応答

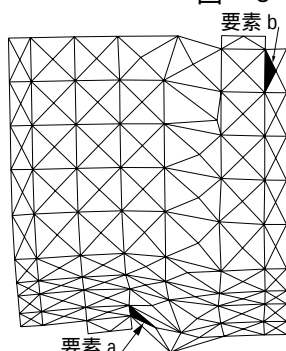


図 - 9 増分変形

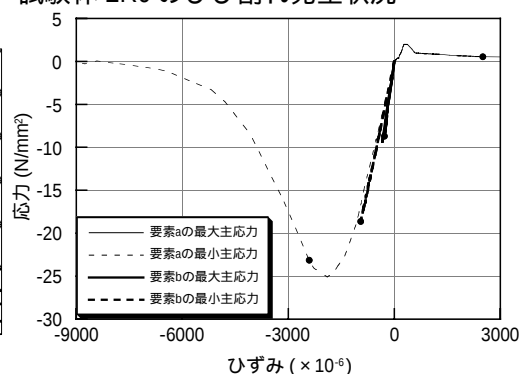


図 - 10 主応力履歴

また、ひび割れ帯モデルを用いた解析ケース F においても寸法効果は現れなかった。

図 - 5 に試験体 SI0, SI1, LR0 の実験と解析ケース A ~ E におけるせん断応力 τ と支圧板間の相対変位 δ/d の関係を、図 - 6, 7, 8 に試験体 SI0, SI1, LR0 の解析ケース A, B における最大せん断耐力時のひび割れ発生状況を示す。本解析のメッシュ分割の違いでは、ひび割れ発生状況に大きな差異は見られない。図 - 9 に試験体 SI1 の解析ケース B における最大せん断耐力時の増分変形図を示す。また、図 - 9 内の要素 a, b の最大主応力、最小主応力の履歴を図 - 10 に示す。図 - 10 の●印は最大耐力時を示したものである。要素 a は最大せん断耐力以前にひび割れが発生した後、ほぼ最大せん断耐力時に圧縮強度に達して、コンクリートが圧縮軟化破壊をした。一方、要素 b は最大せん断耐力時において除荷が生じている。この破壊モードは図 - 9 から確認できる。解析ケース F において、寸法効果が現れなかったのは、RC ディープビームは圧縮破壊により耐力が決定している為、引張側のひび割れ帯モデルのみでは寸法効果を十分に表現することができないためと考えられる。

3. まとめ

RC ディープビームのせん断強度に関する寸法効果は、引張側のひび割れ帯モデルのみでは十分に表現できず、圧縮側での寸法効果を考慮したモデル化が必要である。また、せん断強度の寸法効果は、せん断スパン比が一定であっても曲げスパン比の影響も受けることが確認できた。

参考文献 1) 二羽淳一郎：ディープビームの鉄筋コンクリート部材のせん断耐荷機構，東京大学 博士論文，1983 年

2) 長谷川俊昭：多等価直列相モデルによる RC ディープビームの寸法効果解析，土木学会第 54 回年次学術講演会講演概要集，第 5 部，pp588-589, 1999 年