

論文

[2062] RBSM 法による鉄筋コンクリート壁の耐力評価

正会員 ○毛井 崇博 (竹中工務店技術研究所)
 正会員 上田 真穂 (竹中工務店技術研究所)
 正会員 谷口 元 (竹中工務店技術研究所)

1. まえがき

近年、下界定理を用いて、鉄筋コンクリート壁の最大強度を求めようとする研究が盛んに行われ、強度推定のための各種マクロモデルが提案されているが、上界定理に基づく強度推定の提案はほとんどみあたらない¹⁾。一方、ミクロモデルである有限要素法による解析も、ひびわれ発生後の構成則がかなり解明され、鉄筋コンクリート耐震壁の強度や変形状についてかなり良好な結果が得られているが、かなりの計算時間と費用を要し、まだ確立されるに至っていない²⁾。

本研究は、上界定理に基づく極限解析法としてのRBSM法を用いて、できるだけ簡単に鉄筋コンクリートの耐力を評価するとともに変形状等についても把握することを目的としている。従って、本論では最初に曲げ支配型の鉄筋コンクリート壁(柱型無、 $M/QL=2.0$)、次に一般的なせん断支配型の壁(柱型有無、 $M/QL=0.62$)について普通の要素分割法(標準モデル)から、ひびわれ進展状況を考慮した実用的なより簡単なモデル(簡易モデル)について、耐力や変形状の違い等を述べる。

2. 解析仮定と降伏条件

本論で用いた解析仮定およびコンクリートの降伏条件は既に発表した仮定・条件と同じである。即ち、コンクリートは引張を考慮したモール・クーロンの降伏条件(図-1)とし、テンションステイフネス効果およびせん断剛性をひずみの減少関数としている。鉄筋は完全弾塑性とし、ダボ効果を考慮している^{3) 4) 5)}。

3. 曲げ支配型の鉄筋コンクリート壁

解析対象とした試験体の断面性状を図-2に示す。柱型があって、せん断スパン比が2以上の曲げが支配的な試験体の実験がないために、矩形断面の試験体のみをとりあげた。なお、この試験体は、広沢等が行った試験体名B212aで、平均軸方向応力として 20kg/cm^2 作用している⁶⁾。

せん断破壊メカニズムライン角度を変えた簡易モデルの荷重-変形曲線を図-3に示す。最終的に、曲げ破壊であるためにせん断破壊ライン角度に関係なく、最大強度は実験結果($Q_{\max}=33t$)にほぼ等しく、荷重-変形曲線もほぼ

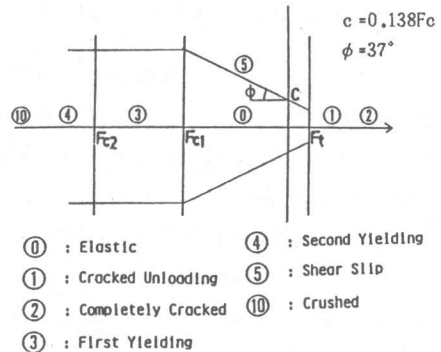


図-1 コンクリートの降伏条件

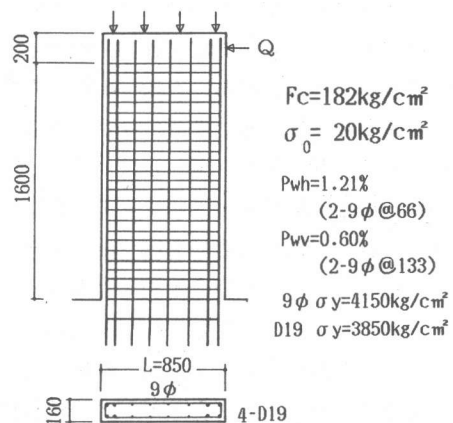


図-2 試験体断面形状 (B212a)

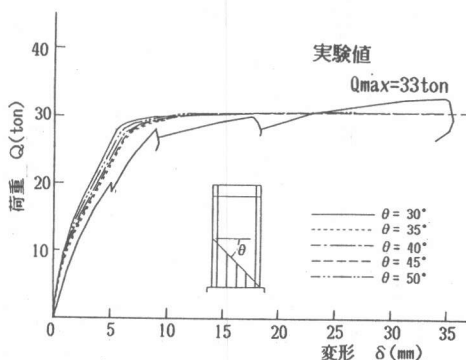


図-3 せん断ひびわれ角度による荷重-変形曲線 (B212a)

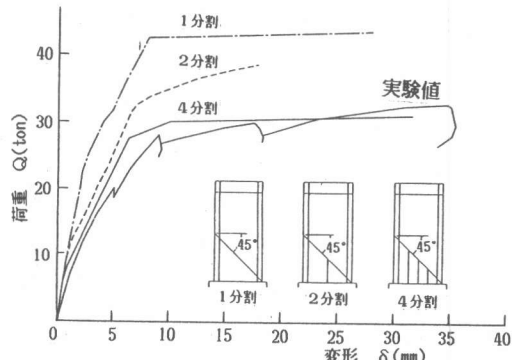


図-4 要素分割法による荷重-変形曲線 (B212a)

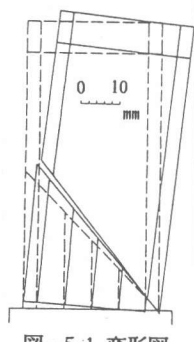


図-5.1 変形図

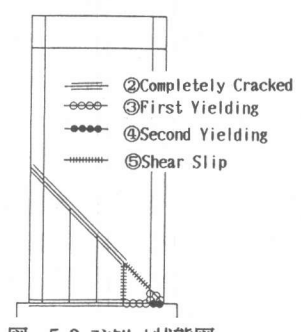


図-5.2 コンクリート状態図

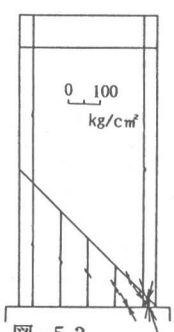


図-5.3 コンクリート主応力図

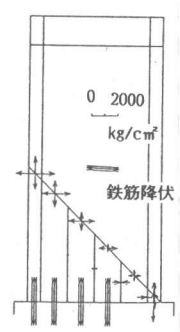


図-5.4 鉄筋応力

近似している。次に、せん断破壊ライン角度を 45° として要素分割数を変化させた場合の荷重-変形曲線を図-4に示す。要素分割数が大きくなるにつれ剛性が低下するとともに、最大強度も低下している。図-3と図-4より、鉄筋コンクリート壁の耐力や変形性状を把握するためには、壁脚部の中立軸および破壊メカニズムラインを形成するひびわれの進展状況をとらえることのできる要素分割方法を採用する必要があると思われる。要素分割数4の場合の最大強度時の変形、コンクリートの状態と主応力、鉄筋応力を図-5.1～図-5.2に示す。壁脚部において、鉄筋のほぼ75%が引張降伏し、圧縮端のコンクリートが2次圧縮降伏(F_c2)して最大強度(曲げ破壊)に達している。

4. せん断支配型の鉄筋コンクリート壁

解析対象とした試験体は文献3)4)5)と同様の試験体である。即ち、吉崎等の行った矩形断面壁M-4と柱付き耐震壁C-2である。それらの試験体断面性状を図-6に示す⁷⁾。

曲げ支配型の解析および今までの解析結果によれば、ひびわれの角度や進展状況を考慮しないと鉄筋コンクリート壁の耐力・変形性状を適確に評価することが難しいことが明らかになってきた³⁾。極限解析モデルによる解析(引張破壊面を考慮したモール・クーロンの降伏条件のみを破壊条件とした解析)によれば、柱型のあ

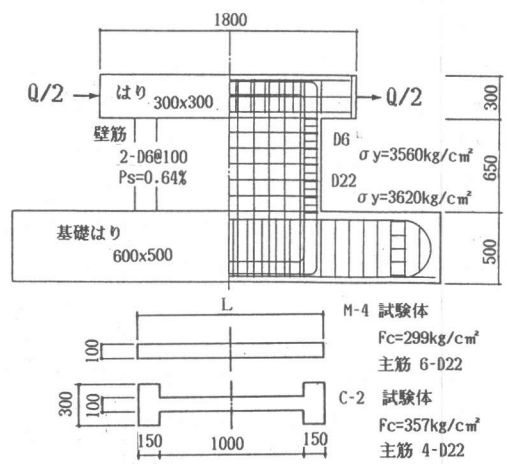


図-6 試験体断面性状 (M-4,C-2)

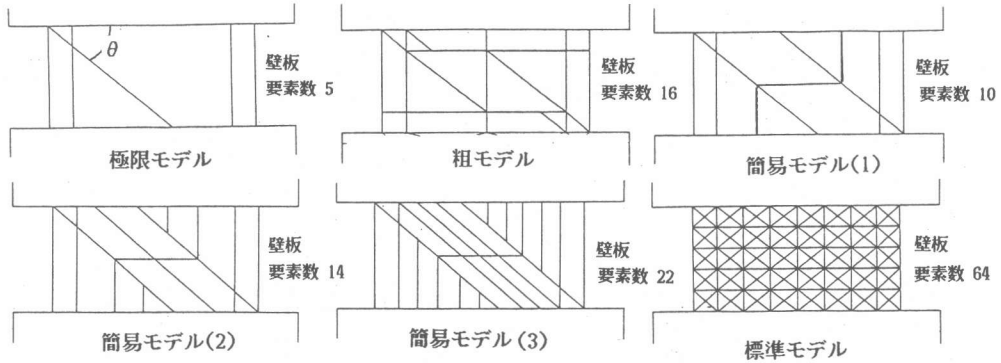


図-7 解析で用いた各種モデル

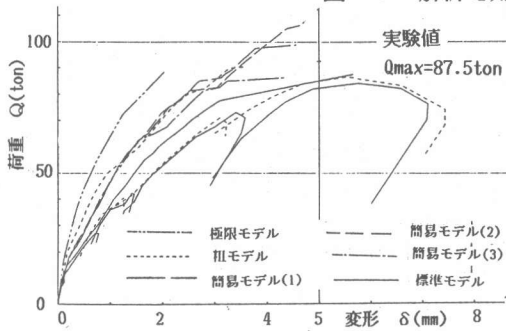


図-8 各解析モデルによる荷重-変形曲線 (M-4)

る試験体の場合、柱型のない壁に比べてせん断破壊ライン角度がやや大きくなる傾向があるがそれほど顕著でないことと、実験結果（せん断ひびわれ角度約 40° ）を考慮して、柱型有無に関わらずせん断破壊ラインを 40° とした。さらに、鉄筋コンクリート壁の破壊メカニズムを形成する上で重要なせん断ひびわれと曲げひびわれの進展を考慮したできるだけ簡単なモデルで耐力や力学性状を把握するために図-7に示すようなモデルで検討を進めた。なお、粗モデルは文献 4) 5)で報告したモデルである。

柱型のない試験体M-4の各モデルによる荷重-変形曲線を図-8に示す。曲げひびわれとせん断ひびわれ進展状況を良くとらえることのできる簡易モデル(3)の最大強度は、ほぼ実験値 $Q_{max}=87.5t$ に等しい。

実験結果をある程度近似しうる実用的なモデルとして簡易モデル(3)の最大強度時の変形、コンクリートの状態と主応力、鉄筋の応力を図-9に示す。壁板のコンクリートが圧縮2次降伏して最大強度に達している。

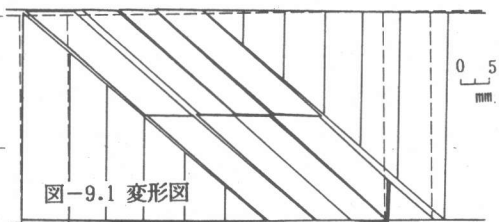


図-9.1 変形図

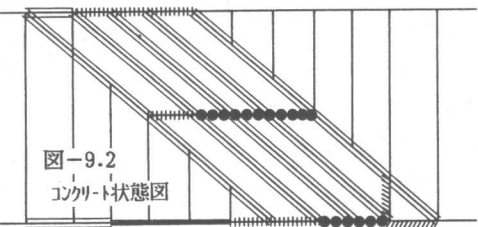


図-9.2
コンクリート状態図

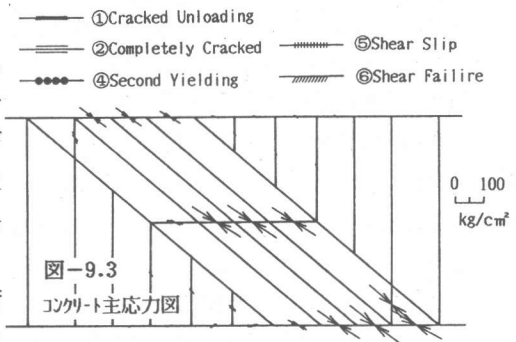


図-9.3
コンクリート主応力図

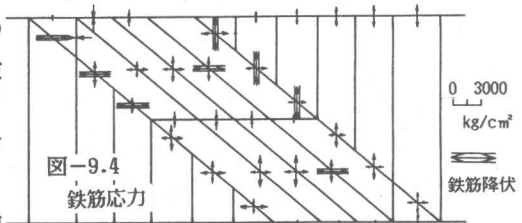


図-9.4
鉄筋応力

図-9 最大強度時の変形、
コンクリートと鉄筋の応力状況

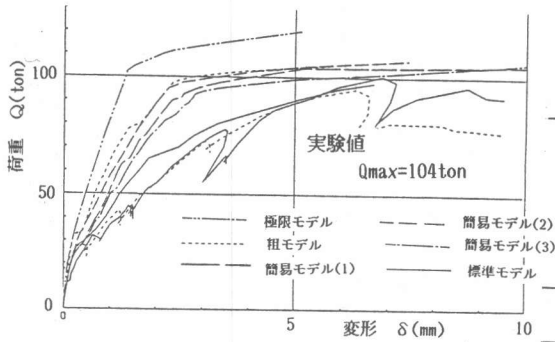


図-10 各解析モデルによる荷重-変形曲線 (C-2)

柱型のある試験体C-2の各モデルによる荷重-変形曲線を図-10に示す。いずれのモデルでも最大強度は、柱型のない試験体と異なりほぼ実験結果 $Q_{max}=104t$ に等しいが、簡易モデル(1)(2)は粗モデルよりも要素数が少ないにもかかわらず、粗モデルより実験結果により近い解を得ることができる。同じく、実用的なモデルとして簡易モデル(3)の最大強度時の変形、コンクリートの状態と主応力、鉄筋の応力を図-11に示す。壁板の脚部のコンクリートが圧縮2次降伏する共にせん断すべりで破壊に至っている。

C-2試験体は、M-4試験体に比して、主筋量が2/3と少ないために曲げせん断的な破壊モードとなっている。M-4試験体は、コンクリートの応力がストラットに集中しほぼ均等に対角方向に向かってのに対して、C-2試験体はストラットの上半分に大きな応力が発生している。この傾向は標準モデルでの解析結果と同じである⁵⁾。C-2、M-4試験体共に壁横筋よりも縦筋のほうが応力は高いが、C-2試験体の壁筋のほうがより有効に耐力に寄与している。

5. まとめ

せん断破壊メカニズムライン角度およびせん断ひびわれや曲げひびわれの進展状況を考慮した簡易モデルによって、鉄筋コンクリート壁の最大強度や力学性状を把握できることがわかった。

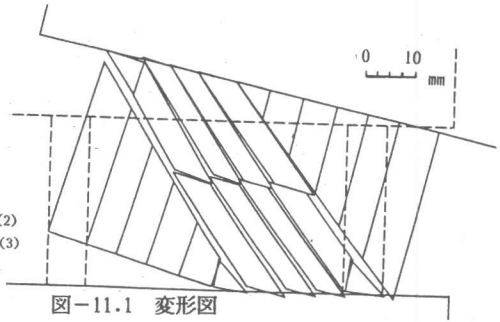


図-11.1 変形図

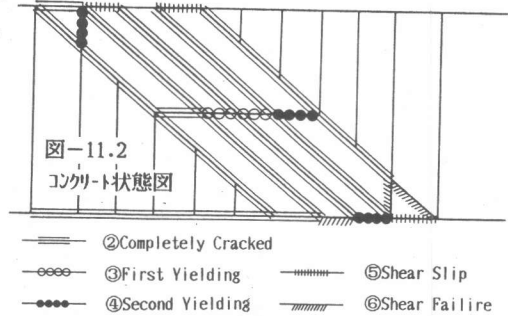


図-11.2 コンクリート状態図

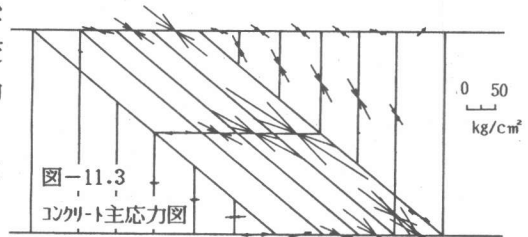


図-11.3 コンクリート主応力図

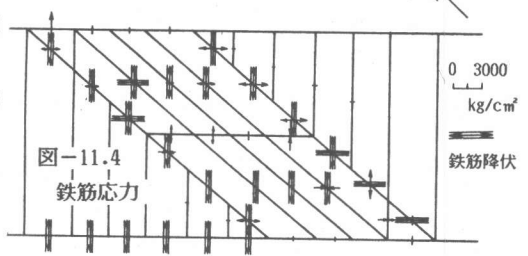


図-11.4 鉄筋応力

図-11 最大強度時の変形、コンクリートと鉄筋の応力状況

参考文献

- 1) 鉄筋コンクリート構造の有限要素解析と設計法研究委員会 「RC耐震壁のマクロモデルとFEMミクロモデルに関するパネルディスカッション 一研究の現状と問題点」 JCI-C11 1988年1月
- 2) 上田・瀬谷・毛井 「鉄筋コンクリートシェル構造物の弾塑性解析」 竹中技術研究報告 第31号 1984年5月
- 3) 毛井・上田・川井 「RBSM法による鉄筋コンクリート壁の非線形解析」 JCI1年次講演会 1985年6月
- 4) 上田・毛井・谷口 「RBSM法による鉄筋コンクリート耐震壁の解析 その1 解析法と矩形断面壁の解析」 日本建築学会大会 1986年8月
- 5) 毛井・上田・谷口 「RBSM法による鉄筋コンクリート耐震壁の解析 その2 柱型付き耐震壁の解析」 日本建築学会大会 1986年8月
- 6) 広沢・後藤 「現場打ち壁式構造の高層化のための部材実験」 建築研究所年報 昭和45年度
- 7) 吉崎・外村他 「多数の小開口を持つ鉄筋コンクリート耐震壁の強度と変形(その2)」 日本建築学会大会 1983年9月