

明星大学 正 竹内 則雄
 竹中工務店 上田 眞稔
 渡辺組 泉田 利信

1. はじめに

コンクリート標準示方書の大幅な改定にともない、コンクリート構造物の設計において従来から用いられてきた許容応力度設計法に対し、限界状態設計法が取り入れられた。このような現状において、RC構造物の極限状態（破壊形状や崩壊荷重等）を理解しておくことは重要なことであると思われる。

ところで、一般にRC構造は複合材料と考えられ、数値解析を行う場合、鉄筋の取り扱いが問題となる。鉄筋はコンクリート内部に埋め込まれており、これを忠実に解析しようとすれば当然三次元化されたモデルを考えなければならないが、これは非現実的であり、何らかのモデル化を行い、近似的に解く必要がある。

そこで、本論では鉄筋を異方性体と考え、コンクリート層と鉄筋層の多層からなる積層板としてRC構造物をとらえ、ダボ効果を取り入れた川井モデルによる離散化極限解析を試みた。

2. 鉄筋要素のモデル化

鉄筋コンクリート構造物をモデル化する場合、鉄筋を梁要素に置換する場合と直交異方性板とする場合の二通りが考えられる。図1はそれらの関係を示したものである。図からも理解できるように、構造物に多数の鉄筋が配置されている場合、梁要素を利用してそれを表現すれば自由度数が莫大なものとなり、非現実的である。ここでは、後者の直交異方性板を利用してこの欠点をさけることにした。ただし、この場合鉄筋の付着効果を表現しにくくなるが、これに対してはひび割れ発生後コンクリートにテンション・スティフネス効果をもたせた。鉄筋方向が幾つかある場合は鉄筋を表現するための直交異方性板が幾つか重なることになる。

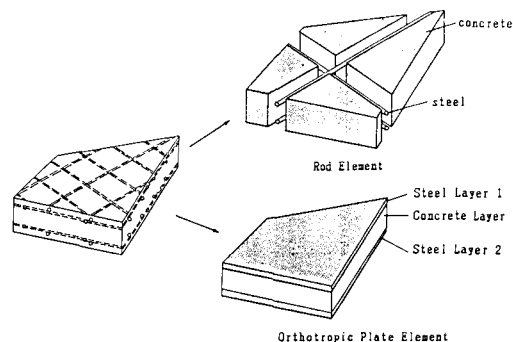


図1. 鉄筋コンクリート要素のモデル化

以上のような概念に基づき、川井モデルによる定式化を行う。詳細は紙面の関係上文献[1]にゆずる。

さて、積層板のような概念で定式化を行った場合、確かに鉄筋が幾層にも重なりまんべんなく配置されていればかなり良い近似を与えるものと思われるが[2]、主筋のうちある種のみは部分的に配置されることも度々ある。このような場合、単純な積層板による表現では現実と大きく掛け離れてしまう。そこで、配置がまばらで、鉄筋としての働きが構造物に対して顕著なものについては、図2に示すように、できるだけ現実に近い状態に配置する。

このように考えた場合、まんべんなく鉄筋を配置した場合とダボ効果の係数が異なる可能性もある。しかし、本論では、同じ値を用いて計算した。

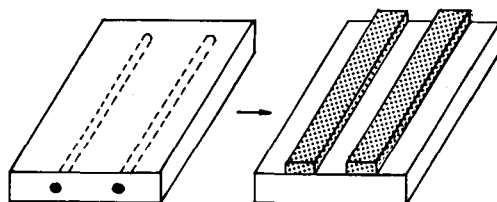


図2. 直交異方性板の配置方法

3. 数値計算例

数値計算例として電力中央研究所で行われたPush-Off型せん断試験[3]を取り上げ、Jansen[4]による解析解と比較検討した。図3は解析に用いたモデル図である。表1は材料定数を示している。図4はメッシュ分割図で●部に鉄筋を集中させた場合と全体に分布させた場合の二通りの計算を行った。図5は計算による崩壊荷重とJansenによる解を比較したものである。鉄筋部を集中させた方が分布状態のものより低めの崩壊荷重を与えており、よりJansenの解に近いことがわかる。鉄筋比が小さい場合は両者とも顕著な差はない。

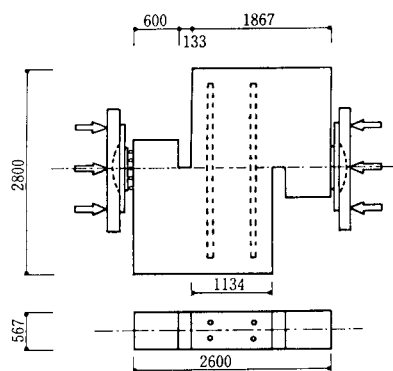


図3. 解析に用いたモデル

コンクリート				鉄筋	
F_c	F_t	E_c	ϕ 度	F_y	E_s
308	26.5	2606×10^5	37	4500	2.1×10^6

表1. 材料定数

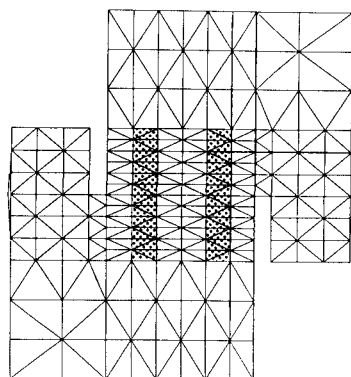


図4. メッシュ分割

4. むすび

本計算によれば鉄筋を異方性板と考えた場合においても、その配置をできるだけ現実に近い状態に設置した方がより良い解が得ることが理解できる。

しかし、このよきな考えに基づき解析ではコンクリートのローカル破壊が生じ、数値計算上好ましくない現象も生じる。近似的には、スクリーニング等を行って避けることもできるが、本質的ではなく再考の余地がある。また、本方法では、鉄筋の付着効果をテンション・ステイフニングにより表現しているが、問題によっては（ディープ・ビーム問題等）鉄筋を梁要素として取り扱うことも必要であろう。

本解析を行うにあたり、著者らと樋口氏（阿部工業所）によって開発したプログラムを用いた。計算に際し数多くの御助言を頂いた樋口氏に記して感謝の意を表します。

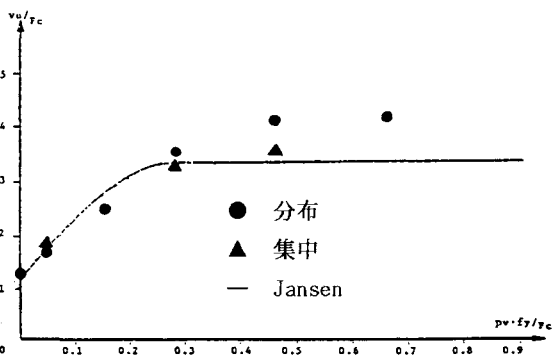


図5. 計算結果と耐力式との比較

【参考文献】

- [1] 川井他：「鉄筋コンクリート構造物の離散化極限解析（その1）」、生産研究、Vol.38, No.4, pp19-22
- [2] 川井他：「鉄筋コンクリート構造物の離散化極限解析（その2）」、生産研究、Vol.38, No.5, pp4-7
- [3] Aoyagi, Y et al.: "Full Scale Model Push-Off Test of Reinforced Concrete Block with 51mm Dia. Deformed Steel Bares", 6-th SMIRT, J417, 1981
- [4] Jansen, B.C.: "Lines of Discontinuity for Displacements in The Theory of Plain and Reinforced Concrete", Magazine of Concrete Research, Vol.27, No.92, pp143-150