

V-29

ダウエル作用の力学モデルに関する研究

北海道大学工学部 学生員 小原 孝之
北海道大学大学院 学生員 兼松 秀行
北海道大学工学部 正員 古内 仁
北海道大学工学部 正員 佐藤 靖彦
北海道大学工学部 正員 上田 多門
北海道大学工学部 正員 角田與史雄

1 はじめに

鉄筋コンクリート構造物のせん断挙動は複雑であり、特に主筋のダウエル作用は局部的現象として発生し、厳密な解析は非常に困難である。また、実際のダウエルせん断抵抗の状態では主筋にかなりの引張力が作用しているため、引張力を考慮したダウエル作用の検討が必要とされている。

そこで、本研究では、軸引張力及びせん断力(ダウエル力)を加えた実験結果¹⁾を用いて、ダウエル作用の変形性状を解析的に評価することを目的として行った。

2 解析供試体

本研究における解析供試体の諸元を表-1に示す。この実験では、主筋に連続繊維補強材(以降、FRPロッド)を用いており、3つに分かれたコンクリートのブロックの中央にFRPロッドが1本配筋されていて、人工ひび割れとなるブロック間の界面はなめらかである(図-1)¹⁾。

引張力(P)を加えることによりひび割れ幅を与え、その幅を変えないように制御しながらせん断力(Q)を加えて実験を行った。3つの供試体全てがロッドの破断により終局を迎え、さらに人工ひび割れ界面のロッド近傍のコンクリートに円錐状の剥離が見られたが、その剥離深さも併せて表-1に示す。

表-1 解析供試体諸元

供試体	f_c'	P	W	ΔL	Q	δ
NO.2	34.1	29.4	3.00	10.0	37.2	6.04
NO.3	41.7	49.4	4.22	12.0	21.5	5.02
NO.4	34.5	22.5	1.00	4.0	28.4	3.09

f_c' :コンクリート圧縮強度(MPa)

P:軸引張力(kN) W:人工ひび割れ幅(mm)

ΔL :剥離深さ(mm) Q:せん断力(kN)

δ :せん断変位(mm)

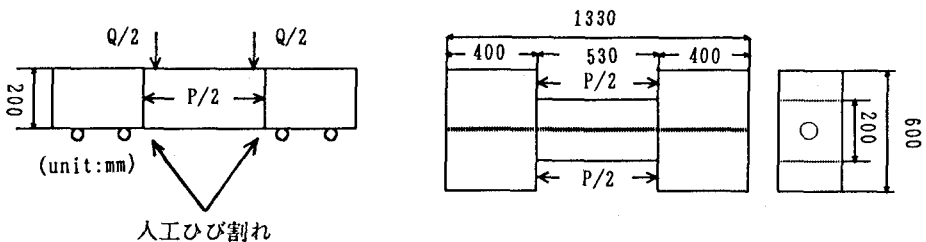


図-1 実験供試体概要

A Study of Mechanical Model of Dowel Action

by Takayuki OBARA, Yasuhiko SATOU, Tamon UEDA, yoshio KAKUTA

3 弾性床上梁理論による解析²⁾

3.1 弾性床上梁モデル

この理論では、ダウエル作用の変形に対して、補強材を弾性バネが支持している梁にモデル化している。補強材の近傍のコンクリートが一体となって変形するものと仮定し、補強材とその周辺の円形コンクリート断面からなる合成ばりが仮定の弾性バネによって支持されるものとしている(図-2)。

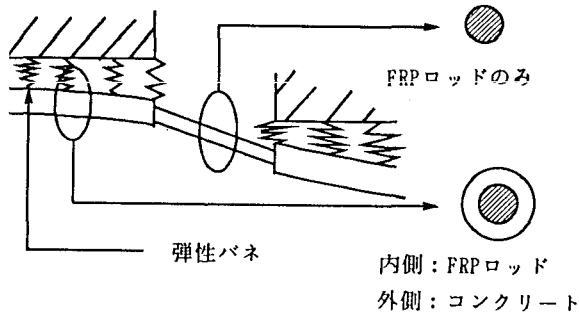
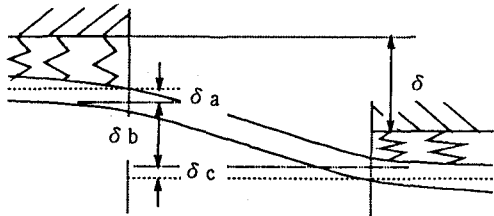


図-2 弾性床上はり理論

3.2 解析結果

図-3のように、ロッドの変形を3つの区間に分け、そのそれぞれの境界条件より解を求め、その総和がせん断変位に等しいとして、せん断力とせん断変位の関係(以降、 $Q-\delta$ 関係)を求めた。その際、ひび割れ幅として、所定のひび割れ幅のみを与えたものと、剥離を考慮してひび割れ幅と併せて与えたものの2つについて解析した。なお、剥離を考慮したものについては、ロッド破断時の剥離深さしか明らかでないので、終局時のみの解析となった。図-4に結果を示す。



$$\delta = \delta a + \delta b + \delta c$$

図-3 解析概念図

全ての供試体において、剥離を考慮していないものに比べて剥離を考慮したのは、実験値に近い値を示している。

これより、変形を支配する影響因子として、剥離が重要な位置を占めるといえる。しかし、まだ、変形を評価したとはいえない値である。

そこで、剥離深さをひびわれ幅に併せて与えた上で、ひび割れ幅内のロッドの変形にせん断変形を考慮して解析した。結果を図-5に示す。

この結果より、せん断変形を考慮した解析でかなり近い値を示していることが分かる。従って、ロッドのせん断変形も変形を評価する上で重要であると言える。

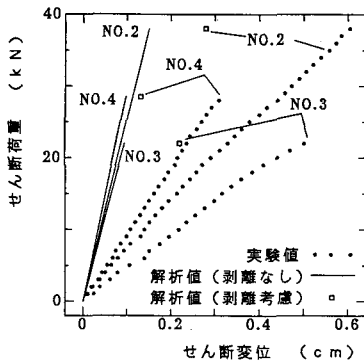


図-4 解析結果

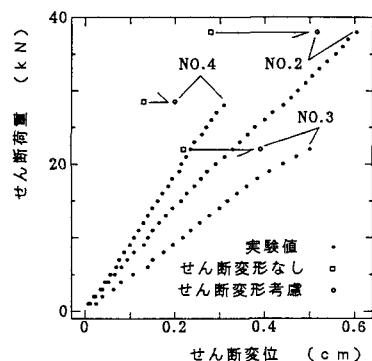


図-5 解析結果-せん断変形考慮

3. 3 まとめ

- 1) 軸力を有するダウエル作用による変形には、ロッド周辺のコンクリートの劣化が大きく関係し、特に剥離深さがその $Q-\delta$ 関係に大きな影響を及ぼす。
- 2) ひび割れ幅内のロッドのせん断変形は、変形を評価する上で重要な位置を占める。

4 有限要素解析

4. 1 解析プログラム

本研究では、非線形域でのコンクリートの性質、FRPロッドとコンクリートの付着滑り関係を詳細に追うために、2次元非線形の有限要素解析を行った。使用したプログラムは"COMM2"³⁾で、ロッドとコンクリートの付着滑り関係及びFRPロッドの直交異方性を考慮できるように修正してある。⁴⁾

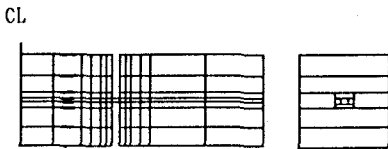


図-6 要素分割1

4. 2 軸引張力の影響

供試体N0.2に対して、ひび割れ幅とせん断変位を強制変位によって与えたものと、ひび割れ幅を予め与え(強制変位として与えない)、せん断変位のみを強制変位として与えたものの2つの解析を行った。但しどちらも剥離は考慮していない。要素分割を図-6に、結果を図-7に示す。

この結果より、軸方向の強制変位(以降、軸引張力)を与えずに解析した結果に比べ、軸引張力を与えた解析結果に、初期剛性の低下がみられる。この相違は、軸引張力によるロッド周辺のコンクリートの劣化によるものである。

4. 3 剥離を考慮した解析結果

そこで、軸引張力の影響をロッド周辺のコンクリートの破壊ととらえ、その破壊をひび割れ界面における剥離と考え、剥離深さをひびわれ幅として与え、せん断のみを強制変位で与え解析した。要素分割図を図-7に示す。また、ロッドにより圧縮され応力の集中する部分の3次元的な拘束効果を考えて、ロッド近傍のコンクリートの圧縮強度を上げて解析した(図-7の斜線の

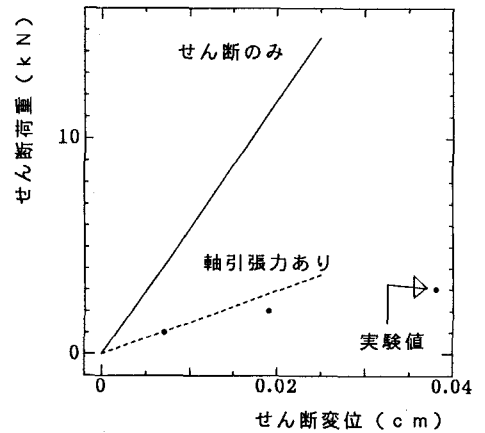


図-7 解析結果-軸力の影響⁴⁾

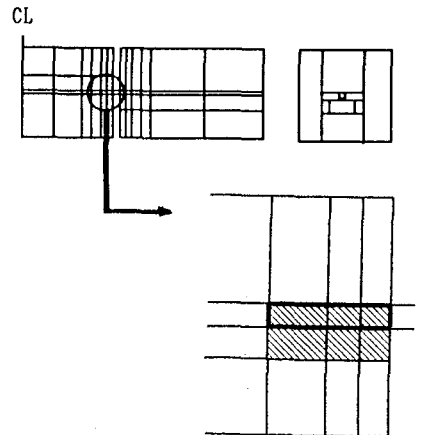


図-8 要素分割2

部分 $f_c' = 400 \text{ MPa}$)。さらに、この問題では局所的な3次元の変形性状を取り扱うため、2次元平面応力状態を対象としている本プログラムでは限界があり、とくに本解析では図-7の太線で囲まれた部分の要素にダウエル力による早い荷重レベルでの割裂型の破壊が起こる結果となる。しかし、実際には実験中にこのような割裂型のひび割れはみられず、ロッドの破断により終局を迎えている。そこで、この部分も強度を上げてこれを解消し解析を行う事とした。結果を図-8に示す。

以上より、 $Q-\delta$ 関係ではよい結果を得たといえる。しかし、本解析では、ダウエル力による3次元的に進行するコンクリートの劣化は表せていない。

前述の結果と併せて、以上より、軸引張力によるロッド周辺のコンクリートの劣化が初期剛性に大きな影響を与えていることが分かる。しかし、軸引張力による剥離やロッド周辺のコンクリートの劣化の状況を明らかにする有用な実験データはなく、今後の課題である。と同時に、その解析を可能にする3次元非線形の解析プログラムの開発も今後の課題である。

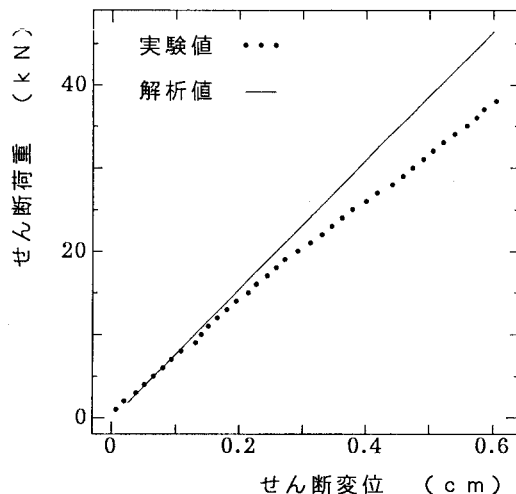


図-9 解析結果

4. 4 まとめ

- 1) 軸引張力の影響を示すパラメータとして剥離深さが重要である。
- 2) この問題では、3次元の局所的な変形の解明が重要であり、そのため、3次元での解析が必要不可欠であり、とくに3次元での非線形解析を必要とする。

参考文献

- 1) 佐藤靖彦, 平賀則勇, 上田多門, 角田與史雄: 引張力とせん断力を受けるFRPロッドの破壊基準に関する実験的研究、コンクリート年次論文報告集, 1992年
- 2) 古内仁, 角田與史雄: 鉄筋のダウエル作用の力学モデルに対する研究, 土木学会年次講演会講演概要集 第5部 V-52
- 3) K. Maekawa, J. Sima and H. Okamura: Computer Program "COMM2" for Analyzing Reinforced Concrete, Proceeding of JCI 2nd Colloquium on Shear Analysis of RC Structures, 1983.
- 4) H. Kanematu, Y. Sato, T. Ueda and Y. Kakuta: A Study on Failure Criteria of FRP Rods Subject to Tensile and Shear Force, FIP 93' Modern Prestressing Techniques and Their Applications