

弾性解析によるPC外ケーブル定着部の性能評価

九州大学 学生会員 ○西中間 敬一 九州大学 正会員 黄 玲
 オリエンタル建設(株) 正会員 小嶺 啓蔵 九州大学 フェロー会員 彦坂 熙

1.目的

近年、橋梁の軽量化を図るため、外ケーブル構造のPC橋梁が増加している。この外ケーブル構造では、主桁が軽量化され経済性が向上し、コンクリート打設における施工性の向上、PC鋼材の点検・交換等の維持管理が容易になる、という利点がある。しかしPC鋼材の定着部においては、定着されたPC鋼材の緊張力は永久に定着部で固定支持され、すべての固定荷重や変動荷重をその部分で受け持つことになる。そのため定着体には大きな応力が生じ、定着体の破損が構造物全体の破損につながる可能性が高い。したがって定着体の性能を把握することは非常に重要であるが、定着体の一般的な性能を記述するのは困難であり、現状では実験による確認が必要である。そこで、本研究ではFEM解析により定着体の性能を表現し、実験値と比較することで解析の整合性を確認するとともに、定着体内部に配置した補強筋の拘束効果、支圧板厚さによる応力の分散効果を検討した。また本研究での解析は弾性解析であり、簡便な弾性解析によっても定着体の性能を把握できるか、また、弾性解析でも補強筋の違いによる影響等は確認できるのかを検討した。

2-1 解析対象

図-1 に定着部供試体形状および配筋を、表-1 に各供試体条件を、表-2、3 に供試体の材料特性をそれぞれ示す。また、PC定着工法としては、OBC (Oriental Bearing Cone)工法を選定した。供試体は、No.1 が標準形であり No.2、No.3 は支圧板の厚さによる影響を、No.4、No.5 はスパイラル筋の変化（スパイラル筋無し、螺旋外形変更）による影響、No.6 は横拘束筋の径を小さくして本数を増やした影響を確認するためのものである。また載荷試験は、土木学会基準に従って行われた（図-2）。定着具の最小配置間隔の規定により、 $a=160\text{mm}$ 、 $b=200\text{mm}$ 、 $l=400\text{mm}$ を採用している。また、定着部供試体で想定する緊張材の規格引張荷重は $P_u=733\text{ kN}$ である。

表-1 各供試体条件

供試体名	横拘束筋	軸方向筋	スパイラル筋	支圧板厚さ(mm)
No.1	7D10	D10	Φ 13(外径140mm)	19
No.2	7D10	D10	Φ 13(外径140mm)	25
No.3	7D10	D10	Φ 13(外径140mm)	30
No.4	7D10	D10	無し	19
No.5	7D10	D10	Φ 13(外径110mm)	19
No.6	16D6	D10	Φ 13(外径110mm)	19

表-2 コンクリートの材料特性

弾性係数(kN/mm ²)	ポアソン比	圧縮強度(N/mm ²)	引張強度(N/mm ²)
29.8	0.17	37.8	3.03

表-3 鋼材の材料特性

	弾性係数(kN/mm ²)	ポアソン比	降伏強度(N/mm ²)
スパイラル筋	206	0.3	235
その他補強筋			295
支圧板			235

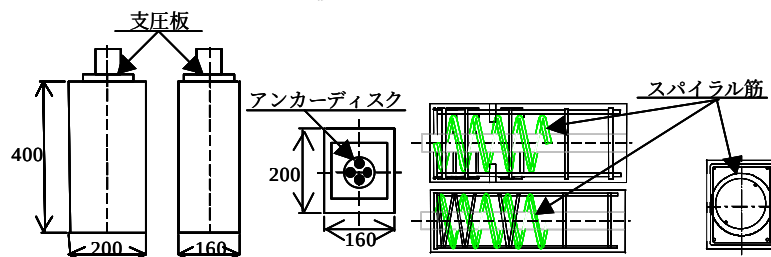


図-1 定着部供試体形状および配筋

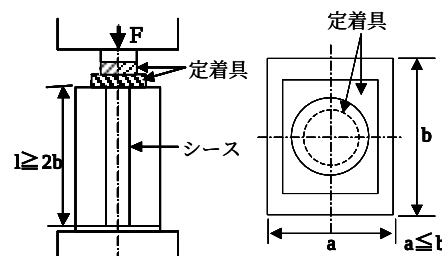


図-2 載荷試験方法

2-2 弾性FEM解析モデル

FEM要素分割を図-3に示す。本解析では支圧板に載荷する方法で解析を行い、アンカーディスクの支圧を受ける部分に等分布載荷を行った。コンクリートと支圧板には8節点ソリッド要素、鉄筋には2節点トラス要素を用いた。スパイラル筋は、同心円筒状に分割したコンクリート要素に沿う多角形螺旋でモデル化した。解析には汎用プログラム Marc2001 を使用した。

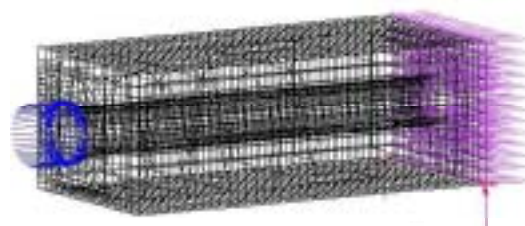


図-3 要素分割モデル

3.実験結果

表-3 に各供試体のひび割れ発生荷重を、図-4 にコンクリート表面（縁端 30mm）の荷重-引張ひずみ曲線を示す。また実測ひずみから計算した最大主応力がコンクリートの引張強度に達した荷重をひび割れ発生荷重とした。ひび割れ発生荷重の最大値が 190.5kN であったので、図-4 では荷重 200kN までの比較とした。表-3、図-4 より、スパイラル筋による拘束効果は非常に大きく、また螺旋外径にあまり影響を受けない、横拘束筋は同鉄筋量なら細い鉄筋を配置間隔を短くして配筋した方がひび割れ発生荷重が大きいことが確認される。支圧板増厚による荷重の分散効果も大きい。

表-3 ひび割れ発生荷重（実験値）

供試体名	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
ひび割れ発生荷重 (kN)	155.2	146.5	190.5	114.9	155.0	176.6

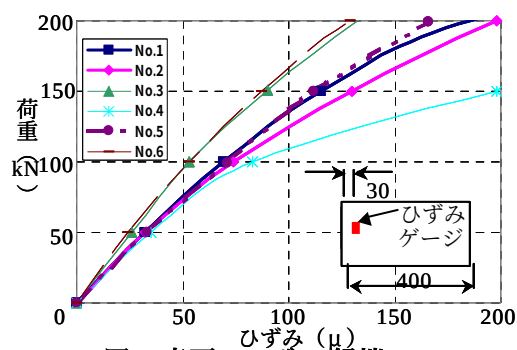


図-4 表面のひずみ(縁端30mm)

4-1 解析値と実験値の比較

実験では No.1 供試体を 4 体作成し、実験を行っている。従ってそれぞれの平均値と解析値を比較した。図-5 にコンクリート表面の引張ひずみ（縁端 30mm）の比較を示す。弾性解析でもひび割れ発生荷重（平均値 170kN）付近までは実験値とほぼ同じ値をとることが分かる。縁端から 30mm 付近まではひずみの変動が非常に激しいが、それより深くなるとほぼ一様に引張ひずみは減少していた。縁端 60mm、90mm の節点では解析値と実験値はほぼ一致していた。

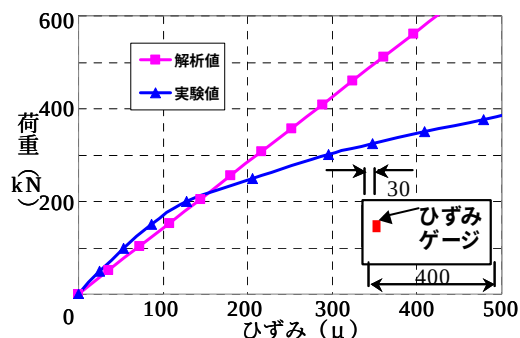


図-5 荷重-ひずみ関係 (No.1)

4-2 解析値の比較

図-6 に、コンクリート表面の引張ひずみ（縁端 30mm）の解析値を、表-4 に解析値によるひび割れ発生荷重を示す。ひび割れ発生荷重は、縁端 30mm の最大主応力が引張強度に達した荷重とした。また、弾性解析における鉄筋モデル化の影響を確認するため、無筋モデルについても解析した。無筋モデルの解析値と No.1 の解析値の比較より、弾性解析においても鉄筋のモデル化が重要であることが確認できる。

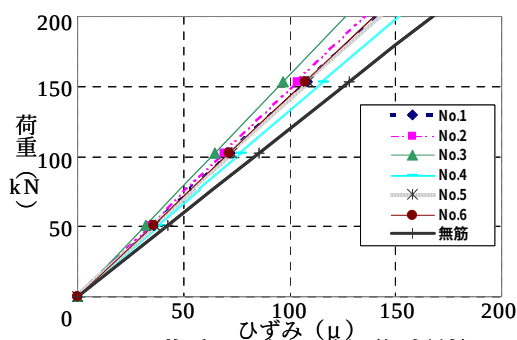


図-6 荷重-ひずみ関係(解析値)

表-4 ひび割れ発生荷重（解析値）

供試体名	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	無筋モデル
ひび割れ発生荷重(kN)	144.3	150.6	160.9	134.6	143.1	145.5	121.5

5.結論

外ケーブル定着部のひび割れ発生荷重には、支圧板の厚さとスパイラル筋の拘束効果が非常に大きく影響し、スパイラル筋の螺旋外径にあまり左右されない。また 4-2 より弾性解析における鉄筋モデル化の必要性が確認できた。実験値と解析値の傾向が同じであることから、弾性解析でもひび割れ発生を抑えるために適した補強方法の決定に有用であると考えられる。