

外ケーブルPC橋の定着部の耐久性に関する実験

オリエンタル建設(株) 正会員 小嶺啓蔵
 九州大学大学院 彦坂 熙
 オリエンタル建設(株) 正会員 江口信三
 オリエンタル建設(株) 正会員 吉村 徹

1. はじめに

外ケーブルPC(プレストレストコンクリート)橋の定着体には、支持するプレストレス力に対する耐荷性能および耐久性能が十分に要求される。耐荷性能については、FEM解析あるいは模型実験が行われ、その検討結果も報告されている¹⁾。ところが、耐久性能に着目した実験事例は少なく、初期のひび割れ幅をある制限値に抑えることで検討結果の代用に行っている場合が多い。本研究では、定着体の耐久性に着目し、疲労試験および持続荷重試験を行った。実験では、供試体に発生するひび割れや補強筋のひずみの経時変化等を観察し、実験結果と解析結果を比較した。

2. 実験概要

表-1に試験供試体の諸条件を示す。また、図-1に供試体形状および配筋要領を示す²⁾。コンクリートの基準強度は、疲労試験および持続荷重試験のそれぞれについて、27N/mm²および36N/mm²とした。PC定着工法は、静的荷重実験で実証されており、かつ定着体に関する豊富な実験データの入手が可能なることから、OBC工法4S12.7を選定した。鉄筋径は、スパイラル筋をφ13、その他はD10を使用した。

疲労試験では、上限・下限荷重をそれぞれ0.7 Pu(511kN)・0.65 Pu(472kN)とし、荷重振動数は10Hzに設定した。荷重繰り返し回数は200万回を基本としたが、疲労試験体8体のうち2体(27-3, 36-1)については1000万回まで延長し、経時変化を観察した。また、200万回および1000万回終了後、静的荷重試験によって供試体の破壊耐力を確認した。写真-1に、疲労試験状況を示す。

持続荷重試験では、基準強度が同じ2体の供試体をアンカーディスクにはさんで対称に設置し、測定ひずみやひび割れに経時的変化がなくなる時期まで持続荷重を行うよう計画した。図-2に、持続荷重試験の概要を示す。

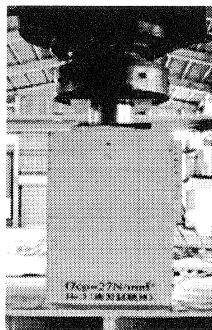


写真-1 疲労試験

表-1 試験供試体の諸条件

定着具の種類	実験種類	コンクリートの基準強度 (N/mm ²)	供試体数 (体)	供試体番号
4S12.7 (OBC工法)	疲労試験	27	3	27-1
				27-2
				27-3
	持続荷重試験	36	3	36-1
				36-2
				36-3
		27	2	27-4
				27-5
36	2	36-4		
		36-5		

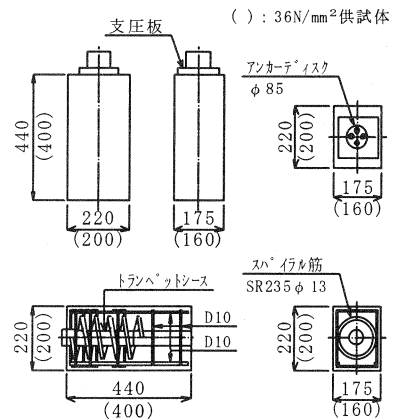


図-1 供試体形状および配筋要領

3. FEM解析

供試体の弾性域の挙動を把握するために、線形FEM解析により応力度を算出した。また、弾性挙動の把

握とあわせて、載荷荷重のモデル化の違いが解析結果に与える影響を調べるために、荷重モデルを変えて計算を実施した。27N/mm² 供試体に 0.7 Pu (511kN) の荷重を載荷した場合の直角方向 (X方向) の解析結果を図-3に示す。図-3①は、支圧板とアンカーディスクを両方ともモデル化し、アンカーディスク後方に荷重を載荷した結果である (以下、荷重モデルAと呼ぶ)。図-3②は、アンカーディスクをモデル化せず、支圧板全面に荷重を載荷した結果である (以下、荷重モデルBと呼ぶ)。図-3①では供試体縁端より 30mm 程度の位置で最大応力が 7.70N/mm² 発生しているが、図-3②では縁端より 90mm 程度の位置で最大応力が 3.31N/mm² 発生している。この結果より、荷重モデルの違いが解析結果に影響を与えることが確認できる。

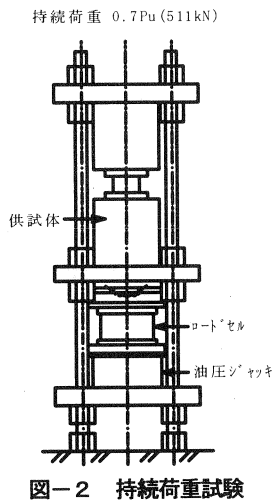


図-2 持続荷重試験

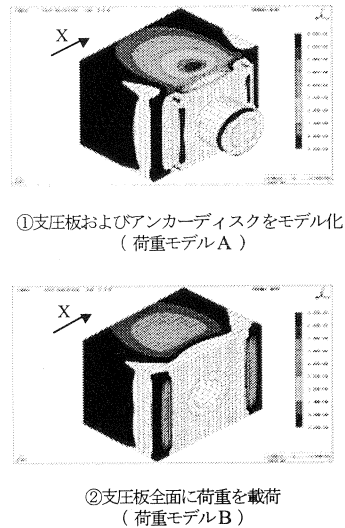


図-3 FEM 解析結果

4. 疲労試験結果

図-4に、コンクリート表面および鉄筋 (補強筋・スパイラル筋) のゲージ位置図を示す。ゲージ位置は、FEM解析結果より選定した。

図-5に補強筋ひずみ、図-6にスパイラル筋ひずみの試験結果をそれぞれ示す。図-5の結果より、補強筋の引張ひずみは経時的に増加しており、100~200 μ 程度の増加率となっている。図-6の結果より、初期載荷によって発生した 200 μ 程度の引張ひずみは試験終了までほぼ変化しない挙動を示した。

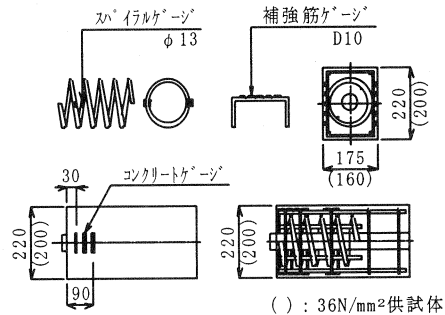


図-4 ゲージ位置図

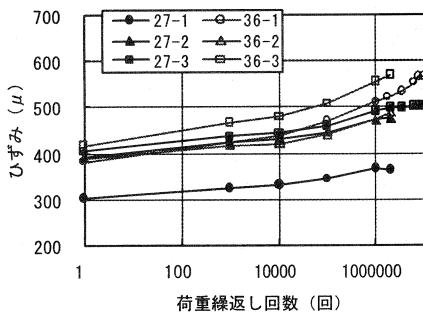


図-5 補強筋ひずみ (疲労)

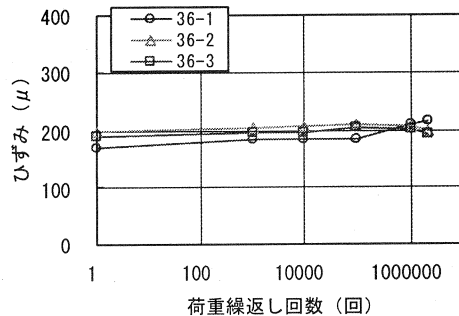


図-6 スパイラル筋ひずみ (疲労)

本実験では、疲労試験およびその後の静的破壊試験において、ひび割れ観測を実施した。図-7に、36N/mm² 供試体 (36-1) における静的破壊試験終了後のひび割れ観察図を示す。図中の数値は、破壊試験時の荷重値

(kN)を示す。静的破壊試験では、破壊荷重が 27N/mm^2 供試体で 1.3 Pu (978kN), 36N/mm^2 供試体で 1.2 Pu (893kN) となり、どちらも十分な破壊耐力を有していることが確認できた。

また、**図-8**に、 36N/mm^2 供試体 (36-3) におけるコンクリートの表面応力度の実験値を FEM 解析と比較した結果を示す。図に示す実測値とは、コンクリート縁端から 30mm および90mm の位置における X 方向 (**図-3** 参照) の表面応力度を表しており、試験体表面におけるコンクリートの実測ひずみより算出した。実測応力を算出する際に用いた弾性係数およびポアソン比は、テストピースの試験値を適用した ($E_c=2.41\text{N/mm}^2$, $\nu=0.177$)。また、FEM 解析では、テストピースの材料試験結果をもとに計算条件を変更して応力度を算出した。

5. 持続荷重試験結果

図-9 および **図-10** に、持続荷重 0.7Pu (511kN) を載荷し、129 日経過した時点での補強筋ひずみの実測結果およびひび割れ幅の実測結果をそれぞれ示す。**図-9** より、補強筋のひずみは 30 日を経過したあたりからほぼ一定値に収束しており、試験体 (27-5) については内部応力が分配されるためか逆に引張ひずみが減少する傾向にある。**図-10** より、129 日後にはひび割れ幅はほぼ収束に向かいつつあるが、初期ひび割れからの増加幅は 0.10mm (36-5) を最大としてまだ若干増加傾向であった。したがって、引続き荷重載荷を持続し、経時挙動の観察を続けた。

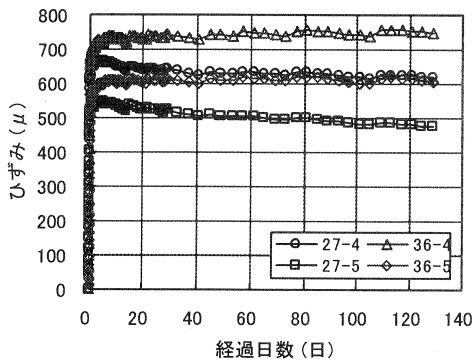


図-9 補強筋ひずみ (持続)

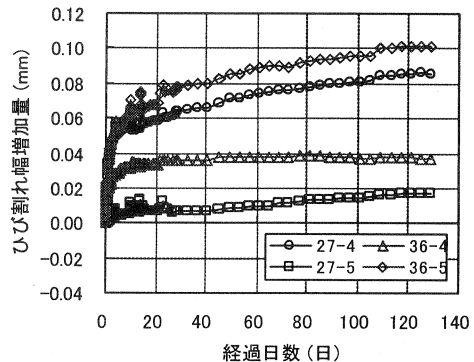


図-10 ひび割れ幅増加量 (持続)

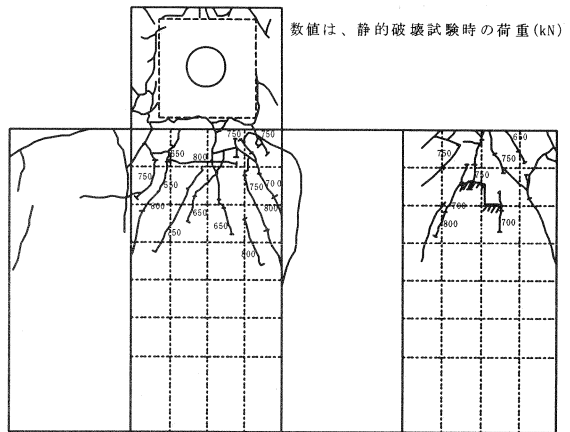


図-7 ひび割れ観察図 (36-1)

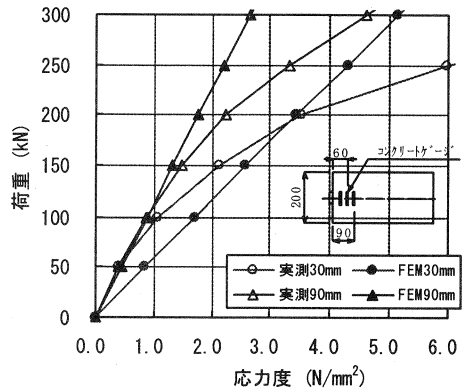


図-8 コンクリートの表面応力度 (36-3)

6. 実験値と解析結果の比較

図-11 および図-12 は、 27N/mm^2 供試体に $0.7P_u$ (511kN) の初期荷重をおこなった場合の供試体縁端から 30mm および 90mm の位置におけるコンクリートひずみの実験結果である。図-11 では、供試体の弾性域と考えられる 200kN 付近までは、荷重モデル A の解析結果と実験結果はよい一致がみられる。また、図-12 では荷重モデル A も B もほぼ同じ結果となり、解析結果は図-11 と同様に、 200kN 付近までは実験結果とほぼ一致している。以上より、荷重モデル A で解析することで、弾性域の実挙動をより忠実に再現できることが確認できた。

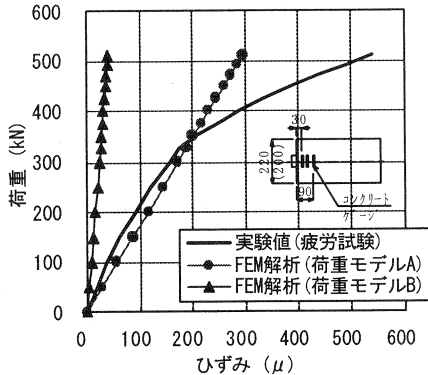


図-11 コンクリート表面ひずみ(縁端 30mm)

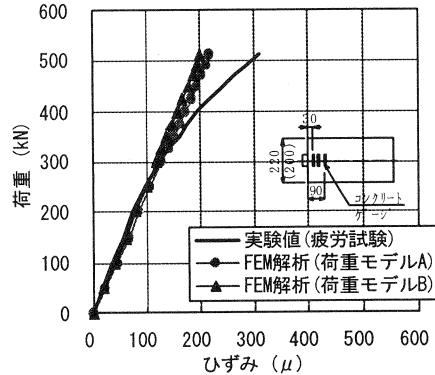


図-12 コンクリート表面ひずみ(縁端 90mm)

7. まとめ

本実験は現在進行中(平成15年6月)であり³⁾、現時点で確認できたことを以下に示す。

- (1) 支圧板を併用するタイプのPC定着構造において FEM 解析を実施する場合、荷重のモデル化の違いが応力度等の解析結果に影響を与えることが確認できた。
- (2) 200万回および1000万回の疲労試験終了後、静的載荷試験によって破壊耐力を確認した結果、供試体は十分な破壊耐力を有していることが確認できた。
- (3) ひび割れ幅は、110~120日を経過した当りからほぼ収束に向かいつつあるが、初期ひび割れからの増加幅はまだ若干増加傾向であった。

また、本実験では引き続き以下の項目について実験を進めていく予定である。

- (1) スパイラル筋の拘束効果等を把握するために、スパイラル筋を配置しない供試体による追加実験を実施する。
- (2) 表面ひび割れが発生するまでのコンクリート内部の応力の流れを実測し、非線形解析でその挙動を再現できるか検証を行う。
- (3) コンクリートの引張応力度に着目し、構造的なアプローチから応力度を最大限抑制できるような定着手法の開発を行う。

参考文献

- 1) EXPERIMENTS AND ANALYSIS OF CONCRETE ANCHORAGE FOR PRESTRESSING TENDONS IN THE KISO RIVER BRIDGE H.Abe,S.Eguchi,T.Yoshioka,K.Komine,J.Cervenka Proceedings of the first fib Congress 2002, Volume1,Session2,p131-132.
- 2) 土木学会：2002年制定コンクリート標準示方書〔標準編〕土木学会規準, pp.76-77, 2002.
- 3) 小嶺・彦坂・江口・吉村：外ケーブルPC橋の端部定着を想定した定着部の耐久性能に関する実験, 第58回土木学会年次学術講演会, 2003.9 (投稿中) .