

外ケーブルPC橋定着部の長期耐久性に関する実験的研究

オリエンタル建設(株) 正会員 ○小嶺啓蔵
 九州大学大学院 非会員 工博 彦坂 照
 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 工修 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 解析あるいは模型試験が行われ、その検討結果も報告されている。ところが、耐久性能に着目した試験事例は少なく、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している場合が多い。本研究では、定着体の耐久性に着目し、初期ひび割れの発生を抑制できるような定着部の改善を図るために、定着部の構造を変えて疲労試験を実施した。本稿では、全9体行った疲労試験について報告する。

2. 試験概要

表-1に、本試験で実施した供試体の諸条件一覧表を示す。また、図-1に標準形タイプ (No.1) の供試体形状および配筋要領を示す。コンクリートの基準強度は、 36N/mm^2 とした。PC定着工法は、静的載荷試験で実証されており、かつ定着体に関する豊富な試験データの入手が可能なことから、OBC工法4S12.7を選定した。支圧板厚さは標準形19mmに対し、25mmと30mmの合計3種類設定した。鉄筋径は、スパイラル筋を $\phi 13$ 、その他はD6およびD10を使用した。供試体No.7~No.9は、写真-1に示すようなリブ付きの支圧板にすることで剛性を高めた構造としている。

疲労試験の上限荷重・下限荷重はそれぞれ 0.7 Pu (511kN)、 0.65 Pu (472kN)

表-1 供試体の諸条件一覧表

供試体 No.	タイプ	支圧板厚 (mm)	補強筋 径	スパイラル筋 ($\phi 13$)の直径
1	標準形	19	D10	$\phi 140$
2	支圧板厚変更	25	D10	$\phi 140$
3	〃	30	D10	$\phi 140$
4	スパイラル筋なし	19	D10	—
5	スパイラル筋変更	19	D10	$\phi 110$
6	補強筋+スパイラル筋変更	19	D6	$\phi 110$
7	支圧板変更(埋込式・リブ付)	19	D10	$\phi 140$
8	支圧板変更(埋込式・開孔リブ付)	19	D10	$\phi 140$
9	支圧板変更(埋込式・囲みリブ付)	19	D10	$\phi 140$

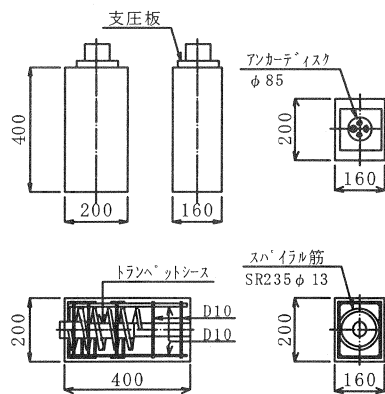


図-1 供試体形状および配筋要領

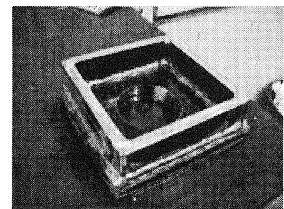
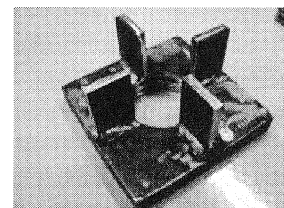


写真-1 リブ付き供試体 (上 No. 7, 下 No. 9)

とし、荷重振動数は10Hzに設定した。荷重繰返し回数は200万回とし、200万回終了後、静的荷重試験によって供試体の破壊耐力を測定した。写真-2に、疲労試験状況を示す。

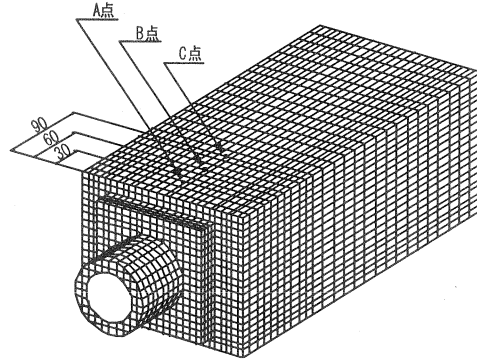


図-2 FEM解析モデル

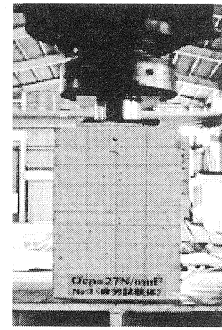


写真-2 疲労試験状況

3. FEM解析

疲労試験時の最大荷重

511kNを荷重したときの供試体表面に発生するコンクリート引張応力度を算出するために、弾性FEM解析を実施した。図-2にFEM解析モデルを示す。標準形の供試体(支圧板厚19mm)における解析結果では、図のA点(縁端より30mmの位置)で9.19 N/mm²、B点(縁端より60mmの位置)で7.25 N/mm²、C点(縁端より90mmの位置)で4.65 N/mm²である。これに対し、支圧板厚さを25mmにした場合では、A点で8.14 N/mm²、B点で6.37 N/mm²、C点で4.15 N/mm²であった。支圧板を厚くして剛性を高めた場合、コンクリート表面の引張応力度が低減されることが解析的に確認できた。この結果を踏まえて、本試験では支圧板の厚さを19mm、25mm、30mmの3種類に設定した。

4. 試験結果

4.1 鉄筋ひずみ

図-3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解析の結果等を踏まえて選定している。

図-4に補強筋ひずみ、図-5にスパイラル筋ひずみの試験結果をそれぞれ示す。図-4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 程度の増加幅を示しているが、D6の補強筋を使用したNo.6供試体では400 μ 程度の増加幅を示している。図-5より、初期荷重によって発生した200 μ ~350 μ 程度のスパイラル筋の引張ひずみは、試験終了までほぼ変化しない挙動を示した。

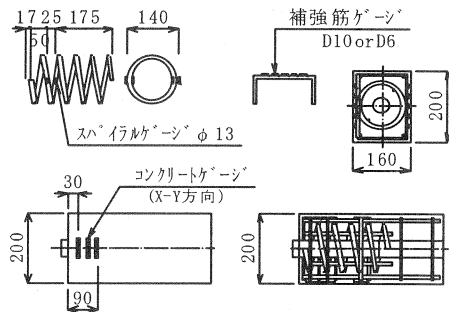


図-3 ゲージ位置図

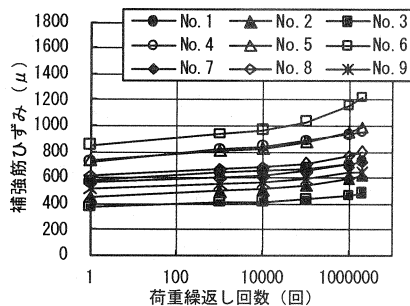


図-4 補強筋ひずみ

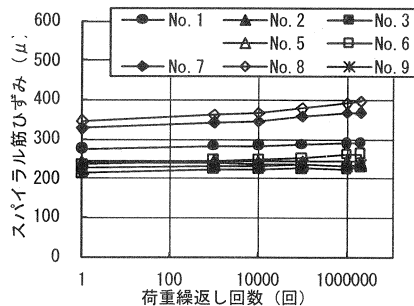


図-5 スパイラル筋ひずみ

4.2 ひび割れ観測について

本試験では、初期ひび割れの発生を抑制できるような定着部の改善を図るために、支圧板を増厚したタイプやリブを取り付けた支圧板を考案し、疲労試験時のひび割れ挙動を観察・検証した。また、スパイラル筋の効果がひび割れ発生におよぼす影響が大きいと考えたため、No. 4, No. 5 を追加し、スパイラル筋の効果を検証した。

表-2に、各供試体のひび割れ発生荷重一覧表を示す。表中の「目視」とは、荷重を載荷していく段階で目視観察できるひび割れを確認した時点の荷重値である。目視で確認したひび割れ幅は、0.04mm相当である。「ゲージ値」とは、コンクリートの引張応力度が引張強度の3.16 N/mm² (材料試験結果)に相当するコンクリートひずみに達した時の載荷荷重である。引張応力度を算出する際に用いた弾性係数は材料試験結果 (Ec=2.97 N/mm²)を適用し、ポアソン比は1/6 (ν=0.167)とした。目視による荷重値とゲージ値による荷重値が一致しない理由としては、本試験で得られた荷重ひずみ曲線が初期剛性低下後もある程度の勾配を保ちながらだらかに増加し続ける曲線を描くため、供試体にマイクロクラックが発生し(ゲージ値に相当)、そのクラックが目視で確認できる程のひび割れに進展するまでに、曲線に沿って載荷荷重が上がり続けたためと考えられる。

また、スパイラル筋を配置しないNo. 4のひび割れ発生荷重(ゲージ値)が大きく低下していることから、スパイラル筋がひび割れに対して高い効果をおよぼすことが確認できる。また、後述する静的破壊試験結果からもスパイラル筋の効果は確認されている(表-3参照)。

試験では、処女載荷時および疲労載荷途中において、ひび割れ観測を実施した。図-7に、No. 1およびNo. 3におけるひび割れ観察図を示す。図中の数値は、処女載荷時の荷重および疲労載荷回数を示している。No. 1では処女載荷350kNでひび割れが発生しているのに対し、No. 3では処女載荷時の最大荷重511 kNで初めてひび割れが発生している。疲労載荷回数に着目し、ひび割れの進行度を比較しても、No. 3の方が明らかに良好な結果となっていることが考察できる。

表-2 各供試体のひび割れ発生荷重

No.	タイプ	ひび割れ発生荷重 (kN)	
		目視	ゲージ値
1	標準形	350	155
2	支圧板厚 t=25mm	425	147
3	支圧板厚 t=30mm	511	191
4	スパイラル筋なし	325	115
5	スパイラル筋変更 (φ110)	375	155
6	補強筋+スパイラル筋変更	300	177
7	支圧板変更(リブ付)	425	151
8	支圧板変更(開孔リブ付)	400	156
9	支圧板変更(囲みリブ付)	511	197

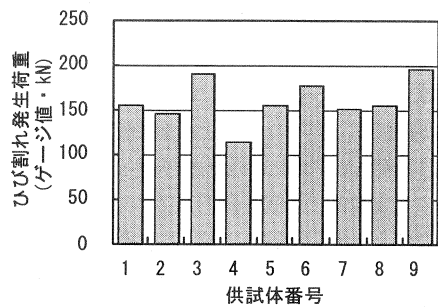
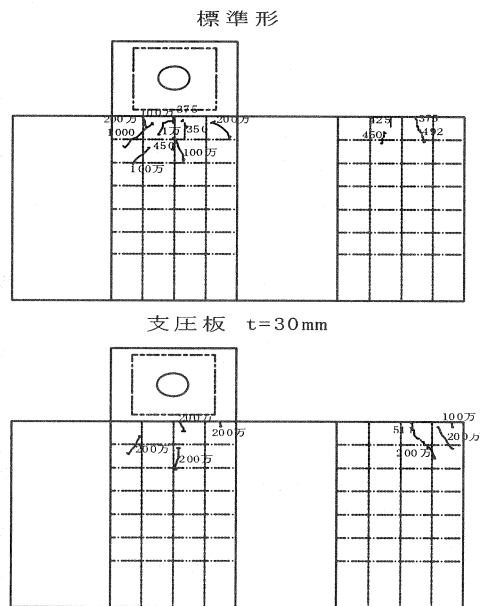


図-6 ひび割れ発生荷重 (ゲージ値)



数値の説明：点線(51以下)は、処女載荷時の荷重 (kN) 実線(1000以上)は、疲労載荷回数

図-7 ひび割れ観察図

4.3 静的破壊試験結果

表-3に各供試体の静的破壊試験結果、写真-3に破壊試験後の各供試体の状況を示す。

標準形を1として各供試体の最大荷重を比較すると、表-3よりNo.7が最も高い耐力比を示し、続いてNo.8、No.3の順になっている。また、スパイラル筋を配置しなかったNo.4では、ひび割れ発生荷重も最大荷重も最小値を示す結果となった。写真-3を考察すると、No.3、No.7 およびNo.8では破壊形態が全体的に広がっており、破壊に至るまでのねばり強さの面から有利であると考えられる。以上より、静的破壊試験では、No.3、No.7 およびNo.8の優位性が確認できた。

表-3 静的破壊試験結果

No.	タイプ	最大荷重 (kN)	最大荷重 (標準形に対する比)
1	標準形	881	1.00
2	支圧板厚 t=25mm	963	1.09
3	支圧板厚 t=30mm	1076	1.22
4	スパイラル筋なし	795	0.90
5	スパイラル筋変更 (φ110)	866	0.98
6	補強筋+スパイラル筋変更	895	1.02
7	支圧板変更(リブ付)	1139	1.29
8	支圧板変更(開孔リブ付)	1085	1.23
9	支圧板変更(囲みリブ付)	972	1.10

5. まとめ

本試験では、外ケーブルPC橋の定着体の耐久性に着目し、初期ひび割れの発生を抑制できるような定着部の改善を図るために、定着部の構造を変えて疲労試験を実施した。試験の結果、支圧板を増厚して剛性を高める構造は、実施手法が簡便でひび割れ抑制効果も高いことが確認できた。また、支圧板に形状の異なるリブを取り付け試験した結果、最大耐力は写真-1上側に示すリブ構造が最も高く、初期ひび割れの発生の抑制に対しては写真-1下側に示す囲みリブ構造が最も高い効果を示した。また、スパイラル筋を配置しない供試体のひび割れ発生荷重（ゲージ値）が大きく低下したことから、スパイラル筋の効果についても確認できた。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 小嶺・彦坂・江口・吉村：外ケーブルPC橋の定着部の耐久性能に関する実験，プレストレストコンクリート技術協会，第12シンポジウム論文集，2003. 10.

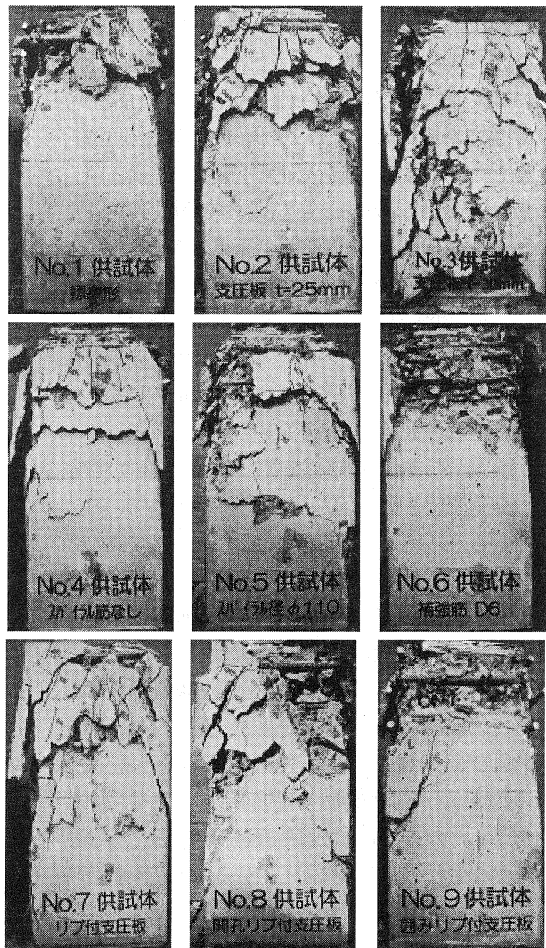


写真-3 各供試体の破壊試験後の状況