

V-187

アルカリ骨材反応を促進させたP C梁の海洋暴露実験
(その2) P C梁の曲げ試験結果

住友建設(株)技術研究所 正会員 中井裕司
 東京大学生産技術研究所 正会員 魚本健人
 同上 正会員 星野富夫
 千葉工業大学土木工学科 正会員 小林一輔

1. はじめに

海洋環境下における飛来塩分からのアルカリ成分の浸透・濃縮や十分な水分の補給が、アルカリ骨材反応を促進するならば、材令の経過に伴ってプレストレストコンクリート部材の拘束方向に沿ったひび割れが発生し、そこからの塩化物の浸透によって、緊張状態のPC鋼材の腐食劣下が促進されることが考えられる。そこで、長期の海洋暴露により促進されたアルカリ骨材反応が曲げ性状に与える影響を把握することを目的として、海洋環境下に7年7ヵ月間に渡り暴露した供試体6体について曲げ疲労試験を行った。

2. 試験概要

試験のパラメータと結果を表-1に示す。パラメータは、骨材の種類、アルカリ量、プレストレスの量および緊張材の種類である。用いたコンクリートの配合詳細については別報[1]に記す。供試体の断面を図-1に示す。緊張材は旧JIS規格のB種2号 ϕ 26mm鋼棒と異形化されていないアラミド緊張材8 ϕ 6.0mm（引張耐力40.8tf）を、補強用軸方向筋はSD30のエポキシ樹脂塗装鉄筋D10を用いた。全ての供試体の緊張力の有効係数を0.85と仮定し、緊張力を初期導入した。なお、緊張材としてアラミド緊張材を使用した理由は、軸剛性が低いために、アルカリ骨材反応による膨張が生じてもひび割れを引き起こすような過剰な圧縮応力を生じないことが期待されたためである。

載荷方法と計測項目を図-2に示す。載荷方法は対象4点載荷とし、コンクリート打設時の側面を梁の上下縁とした。静的載荷と動的載荷は荷重制御で交互におこなった。載荷荷重は、処女載荷時にコンクリートの

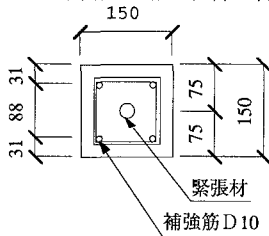


図-1 供試体の断面図

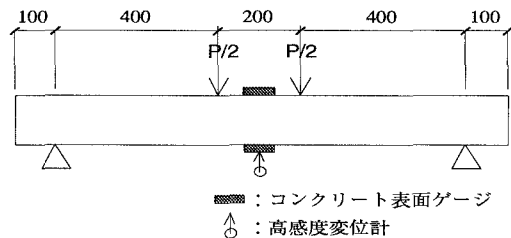


図-2 供試体の載荷方法

表-1 試験パラメータと試験結果

試験パラメータ					処女曲げ載荷試験時			曲げ疲労試験			
記号	緊張材	骨材	アルカリ量 (%)	目標有効プレストレス (kg/cm ²)	曲げひび割れ荷重 (tf) (計算値比)	曲げひび割れ時のたわみ (mm)	曲げひび割れ時のEc (kg/cm ²)	上縁2000 μ 時の処女荷重 (tf) (P/Pu)	同左たわみ (mm)	疲労破壊回数 (回)	破壊直前の上縁歪 (μ)
S-R05-50	PC鋼棒	反応性	0.5	50	3.1 (1.3)	0.34	4.3 E5	9.4 (0.87)	5.2	1650	2300
S-R15-50	PC鋼棒	反応性	1.5	50	3.4 (1.4)	0.42	3.8 E5	8.2 (0.76)	3.7	2000	2230
S-R15-100	PC鋼棒	反応性	1.5	100	4.0 (1.0)	0.46	4.1 E5	10.7 (0.92)	4.0	1000	2760
S-N05-50	PC鋼棒	非反応性	0.5	50	2.7 (1.1)	0.34	3.7 E5	9.4 (0.87)	5.3	2600	2500
A-R15-50	AFRP緊張材	反応性	1.5	50	2.8 (1.2)	0.33	4.0 E5	7.2 (0.95)	4.9	2560	2320
A-N05-50	AFRP緊張材	非反応性	0.5	50	2.2 (0.9)	0.25	4.1 E5	6.5 (0.86)	5.2	4420	2330

上縁圧縮歪が $2000\ \mu$ に到る荷重を上限荷重とし、 $P=1\text{tf}$ を下限荷重とした。この荷重では緊張材の降伏は生じない。静的載荷時の計測項目は、スパン中央の上下縁のコンクリート表面歪、たわみ量とした。計測ピッチは、載荷回数が初回、100、500、1000回目、以後1000回毎とした。供試体のアルカリ骨材反応による軸方向のひび割れは、供試体 S-R15-50, S-R15-100, A-R15-50 に生じていた [1]。

3. 結果と考察

処女載荷時の曲げひび割れの分散性は良好であった。曲げひび割れ荷重は、下縁のコンクリート歪により判断した。計算値はコンクリート下縁の引張応力が 40kgf/cm^2 になる荷重とし、有効プレストレスが 50kgf/cm^2 の場合が 2.4tf 、 100kgf/cm^2 の場合が 3.9tf である。有効プレストレスが 50kgf/cm^2 で反応性骨材を用いた供試体は、非反応性骨材を用いた供試体に比し曲げひび割れ荷重が大きく、さらにアルカリ量の増加に伴い、その傾向が増している。曲げ応力度は、非反応性骨材を用いた供試体に比し、S-R15-50で約 25kgf/cm^2 、A-R15-50で約 21kgf/cm^2 増加しており、アルカリ骨材反応によりプレストレスが導入されたことが理解できる。アラミド緊張材の軸方向剛性はPC鋼棒の11%であるが、同一のプレストレスによりほぼ同等の軸方向の拘束効果が生じている。PC鋼棒を用い有効プレストレスが 100kgf/cm^2 の場合にはその傾向は認められず、S-R15-50より太い軸方向ひび割れが曲げひび割れ応力度を減少させていると推定できる。

曲げひび割れ時の荷重とたわみを用いて算出した部材の弾性係数を図-3に示す。各供試体とも著しい弾性係数の低下は認められない。しかし、アルカリ量を1.5%とした供試体の弾性係数は、同様に海洋暴露したテストピースに比して、1.3倍程度あり高い傾向にある。この原因は、プレストレスの拘束により梁の軸方向の膨張が抑制され、コンクリートが梁の軸方向に損傷を生じていないためと考えられる。アルカリ量を0.5%とした供試体は、テストピースにおいても顕著な弾性係数の低下は認められおらず、著しいアルカリ骨材反応が抑制されている。

動的載荷により曲げ圧縮破壊した疲労回数と、上限荷重とコンクリート標準示方書に従い求めた梁の終局耐力との比を図-4に示す。処女載荷時の梁のコンクリート上縁の圧縮歪が $2000\ \mu$ になる上限荷重で曲げ疲労載荷すると、アルカリ量の増加とプレストレスの増加により疲労回数は減少している。また、アラミド緊張材を用いた供試体は、他に比較して疲労回数が増加している。アルカリ骨材反応の生じた梁は、反応の進行が進むほど、また、大きな圧縮ブロックを有するほど梁の曲げ疲労耐力が低下する傾向を有している。これは、損傷が大きいほど、かつ、対象損傷領域が広いほどコンクリートの疲労強度が低下することを意味する。

4. まとめ

海洋環境下で7.5年間暴露した反応性骨材を用いた6体のPC梁の曲げ載荷試験を行い、次の知見を得た。コンクリート中に反応性骨材と十分なアルカリ量を有するPC梁は、損傷の少ない場合には、曲げひび割れ応力度が増加し、曲げ部材の剛性は低下しにくい、コンクリートの曲げ疲労強度が低下する。さらにアルカリ骨材反応が進行した場合、プレストレスの減少などが予想され検討が必要である。

参考文献

[1] 星野富夫ほか：アルカリ骨材反応を促進させたPC梁の海洋暴露実験（その1）暴露コンクリートの概要とひび割れの経時変化、土木学会第51回年次講演会、第5部門、（投稿中）

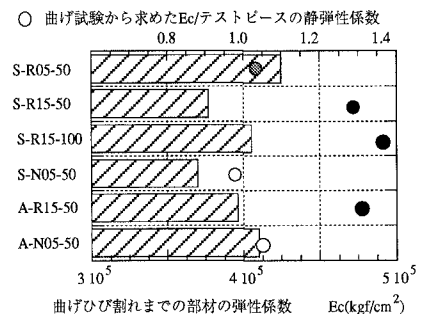


図-3 曲げ試験より得られた部材のEc

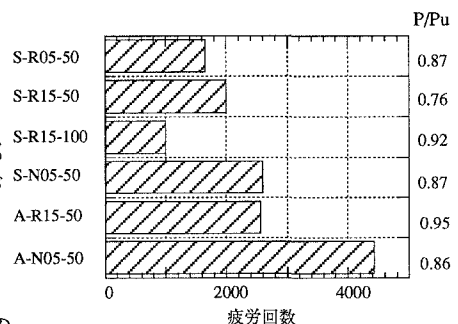


図-4 曲げ疲労破壊までの疲労回数