

アルカリ骨材反応により劣化を生じたプレストレストコンクリート部材の耐荷特性

オリエンタル建設(株) 正会員 ○小野里 みどり
 オリエンタル建設(株) 正会員 小林 俊秋
 太平洋セメント(株) 非会員 小川 彰一
 太平洋マテリアル(株) 非会員 松林 裕二

1. はじめに

アルカリ骨材反応による劣化はコンクリート構造物の耐久性に大きな影響をもたらす要因の一つである。アルカリ骨材反応によってコンクリートにひび割れが発生している構造物の耐荷力については、既往の研究からは、構造物としての耐荷力は劣化していないものと比較して増加する、あまり変わらない、低下するといった種々の結果が得られている¹⁾。しかし、プレストレストコンクリート (以下PC) 部材に関しては報告が少なく、外観の変状と耐荷力の関係は未だ明らかになっていない。そこで、アルカリ骨材反応により劣化が生じたPC部材の外観の変状と耐荷力の関係を明らかにするため、反応性骨材を使用した供試体を製作し、促進養生を行った。本報告ではPC部材の耐荷力挙動について検討を行った。実験は劣化グレードを変えたPC部材について行い、その特性を比較検討した。

2. 実験概要

2.1 配合設計

コンクリートの配合にあたっては、プレストレスを導入するため、一軸圧縮強度を 35N/mm^2 確保すること、促進養生により短期間に膨張することに配慮し設計を行った。使用材料として、反応性骨材は安山岩系の粗骨材であり、非反応性骨材と1:1の割合で用いた。コンクリート中のアルカリは市販のNaOH 試薬を練混ぜ水に溶解して、添加した。供試体製作に先立ち、試薬使用による強度低下と膨張確認を行うため試験練りおよび促進養生を行った結果、コンクリートの配合は表-1に示す配合とした。

表-1 コンクリート配合

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)						
		水	セメント	細骨材	粗骨材		減水剤 ^{※1}	アルカリ量 ^{※2}
					反応性	非反応性		
45	47	174	388	841	487	478	6.2	8.0

※1 : 遅延型ナフタレン系高性能減水剤, ※2 : NaOH を使用し、アルカリ総量=8kg/m³となるよう添加

2.2 供試体の種類と養生方法

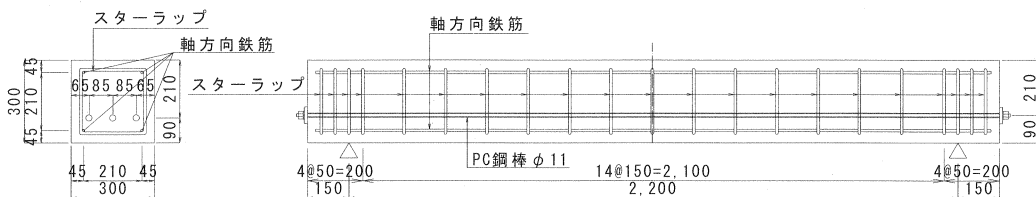


図-1 供試体配筋図

本実験では図-1に示すように、3本のPC鋼棒を配置した供試体を3体製作した。供試体打設後、現場でシート養生し、圧縮強度試験を行い、 $\sigma'_c=36.7\text{N/mm}^2$ と、所定の強度に達したのを確認してからプレストレスを導入した。その後、PCNo.1とNo.2は材齢3ヶ月で温度40℃、相対湿度98%以上の環境下の養生室にて促進養生を開始し、PCNo.0は屋内気中養生を行った。表-2に供試体の種類を示す。

表-2 供試体の種類

供試体名称	供試体寸法 (cm)	養生方法	載荷試験を行う劣化過程
PCNo.0	30×30×250	気中	潜伏期
PCNo.1		促進	劣化期
PCNo.2		促進	進展期

2.3 実験方法

(1) 劣化過程の定義

劣化レベルの設定は表-3に示すコンクリート標準示方書[維持管理編]に示される、潜伏期、進展期、劣化期を想定した。ただし、これらの劣化過程を明確に定量化し、区分する方法が規定されていない。よってここでは、実験に先立ち行った試験結果に基づき、土木学会の定義を参考に、独自に検討劣化レベルを設けた。表-4に劣化の状態とひずみの参考値を示す。ひずみの参考値は、供試体の支間中央鉛直方向のひずみとした。

表-3 劣化過程と定義

劣化過程	定義	外観上の劣化の状態
潜伏期	ASRそのものは進行するものの膨張およびそれに伴うひび割れがまだ発生しない。	ASRは発生しているが、外観上の変状が見られない。
進展期	水分とアルカリの供給下において膨張が継続的に進行し、ひび割れが発生する。	ASRによる膨張によってひび割れが発生し、変色、ゲルの析出が見られる。
加速期	ASRによる膨張が顕著に表れ、膨張速度が最大を示す段階で、ひび割れが進展する。	ASRによるひび割れが進展し、ひび割れの本数、幅、および密度が増大する。
劣化期	ひび割れの幅および密度が増大し、鋼材腐食が進行すると共に、過大な膨張が発生した時には、鋼材の降伏や破断が発生し、部材として耐荷力に影響を及ぼす。	ASRによるひび割れが多数発生し、構造物に段差、ずれなどが見られる。かぶりの部分的な剥離・剥落が発生する。鋼材腐食が進行し、錆び汁が見られる。変位・変形が大きい。

表-4 外観上のグレードによる劣化の状態とひずみの参考値

外観上のグレード	劣化の状態	ひずみの参考値
潜伏期	ASRは発生しているが、外観上の変状が見られない。	~1000 μ
進展期	ASRによる膨張によってひび割れが発生し、変色、ゲルの析出が見られる。	1000 μ ~ 2000 μ
加速期	ASRによるひび割れが進展し、ひび割れの本数、幅および密度が増大する。	2000 μ ~ 3000 μ
劣化期	ASRによるひび割れが多数発生し、構造物に段差、ずれなどが見られる。かぶりの部分的な剥離・はく落が発生する。鋼材腐食が進行し、錆汁が見られる。変位・変形が大きい。	3000 μ ~

(2) 供試体の経時変化測定

それぞれの供試体のコンクリート表面にコンタクトゲージ標点を設置し、計測した。促進養生開始時点を実験原点とした。計測については、自動計測ができないため、養生室の温度は40℃のまま湿度を50%程度に下げ、2週間に1回養生室に入り、計測を行った。その際、温度変化による誤差をできるだけ少なくするため、

計測器本体と計測値の基準値となる標準ゲージは計測の約2時間前から養生室内の供試体の近傍に置いておき、雰囲気温度になじませてから計測を行った。

(3) 静的荷重試験

静的荷重試験は図-2に示すようにスパン 2.2m の単純梁に対称2点集中荷重方式とし、破壊までの支間中央のたわみ、上下軸方向鉄筋とスターラップのひずみを測定した。

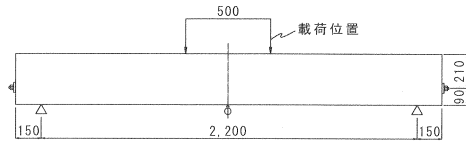


図-2 荷重位置概要図

3. 実験結果と考察

3.1 供試体の経時変化測定

PCNo.0, PCNo.1, PCNo.2 のコンクリート表面ひずみの経時変化を図-3に示す。促進養生開始から420日間の支間中央鉛直方向のひずみの変化である。PCNo.0は屋内気中養生で、計測開始が1月と、気温も湿度も低い時期であったので、ほとんど膨張はしないと予測していたが、ひずみは100μであった。PCNo.1, PCNo.2のひずみは両供試体ともに促進養生直後から膨張ははじめ、その後ひずみは材齢とともに増大している。

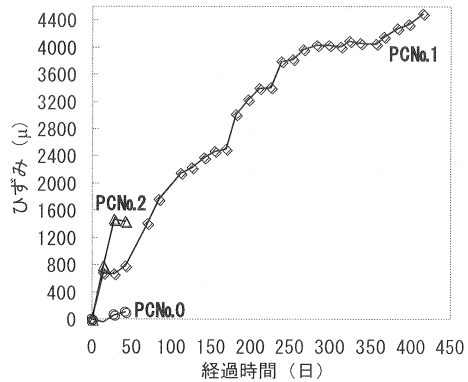


図-3 コンクリート表面ひずみ

表-5にPCNo.0, PCNo.1, PCNo.2の静的荷重試験直前のコンクリート表面ひずみ(最終コンクリート表面ひずみ)と静的荷重試験時のφ10×20のテストピースによるコンクリート強度と弾性係数を示す。圧縮強度はPCNo.0→PCNo.2→PCNo.1の順に大きくなっている。これに対して、弾性係数はPCNo.0→PCNo.2→PCNo.1の順で小さくなっている。

表-5 最終コンクリート表面ひずみおよびコンクリート強度

供試体名称	促進養生期間(日)	最終コンクリート表面ひずみ(μ)	静的荷重試験時コンクリート強度	
			圧縮強度(N/mm ²)	弾性係数(N/mm ²)
PCNo.0	52*	100	43.9	28500
PCNo.1	414	4497	50.5	17136
PCNo.2	35	1437	49.9	19448

※PCNo.0の値は気中養生期間を示す

3.2 静的荷重試験

表-6にPCNo.0, PCNo.1, PCNo.2の静的荷重試験直前の上下軸方向鉄筋とスターラップの膨張ひずみを、図-4にひずみゲージ貼付位置を示す。また、PCNo.0, PCNo.1, PCNo.2の荷重-変位曲線を図-5に、最大静的荷重試験荷重と最大荷重時のたわみを表-7に示す。

表-6 鉄筋の最終ひずみ

供試体名称	最終ひずみ		
	軸方向鉄筋(上)(μ)	軸方向鉄筋(下)(μ)	スターラップ(μ)
PCNo.0	-39	-116	-25
PCNo.1	1281	576	1742
PCNo.2	651	66	917

テストピースではPCNo.1の弾性係数はPCNo.0の60%程度、PCNo.2はPCNo.0の70%程度まで低下しているが、供試体の静的荷重試験の結果、たわみ性状に大きな変化はない。また、曲げ耐力は徐々に大きくなっている。これは、PC構造物ではプレストレスによるASR

の膨張拘束効果によって、拘束されていないテストピースのように弾性係数の減少が生じない可能性が高いことが考えられる。また、表-6より鉄筋には引張力が作用しており、コンクリートにはケミカルプレストレスが導入されていたと考えられる。それによって、弾性係数が小さくなっているにもかかわらず、耐力の低下がみられないという可能性がある。

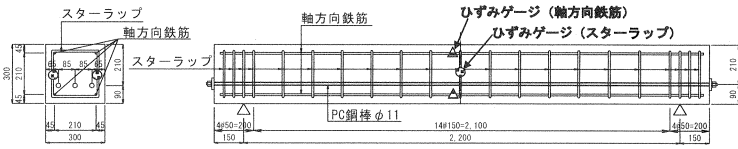


図-4 ひずみゲージ貼付位置

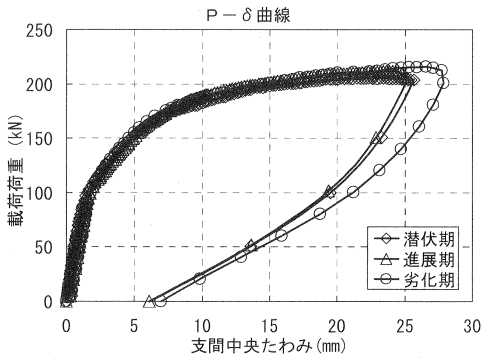


図-5 荷重—変位曲線

表-7 最大荷重とたわみ

供試体名称	最大荷重		最大荷重時のたわみ (mm)
	実験値 (kN)	計算値 (kN)	
PCNo.0	205.8	185.5	22.5
PCNo.1	211.6	186.1	24.1
PCNo.2	215.7	187.8	26.6

4. まとめ

本実験におけるこれまでに得られた結論は以下の通りである。

- (1) それぞれの供試体の静的載荷試験時に実施したテストピースによる材料試験において、弾性係数はPC No.1はPCNo.0の60%程度、PCNo.2はPCNo.0の70%程度まで低下する。
- (2) それぞれの供試体の静的載荷試験時に実施したテストピースによる材料試験において、圧縮強度はPC No.1はPCNo.0の115%程度、PCNo.2はPCNo.0の113%程度まで向上する。
- (3) 劣化グレードの違いによって、弾性係数および圧縮強度に違いはみられたが、静的載荷試験においては荷重とたわみの性状の関係は変わらず、終局曲げ耐力は同等あるいは向上する。
- (4) 外観の変状と耐荷力との相関を求めるためには、ひび割れ密度の整理などさらなる検討が必要であると考えられる。

参考文献

1) (社)日本コンクリート工学協会 兵庫県南部地震に関する耐震技術特別研究会：兵庫県南部地震に関する耐震技術特別研究会報告書(1997.4), 日本コンクリート工学協会, pp. 28~41, 1997.4