

V-186

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1） 暴露コンクリートの概要とひびわれの経時変化

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

1、はじめに、

P C部材は一般に単位セメント量が多く、海洋環境下に設置される場合には、海水成分のコンクリートへの浸透によって、コンクリート中の細孔溶液のp Hが高くなり、反応性の骨材が含まれている場合にはアルカリ骨材反応を生じやすい。アルカリ骨材反応が進行すると、緊張材による拘束方向に沿ったひびわれが発生し、これらのひびわれが進行するとそこからの塩化物の浸透によって、緊張状態のP C鋼材の腐食劣化も促進されることが考えられる。そこで、これらの現象を解明するために、反応性骨材を用いて、アルカリ量・拘束応力・緊張材の種類等について変えたP C梁を作製し、海洋飛沫帯に暴露してそれらの影響とひびわれの進展や耐荷性状を検討した。ここで、緊張材として用いたアラミド繊維は、ヤング率が鋼材に比べ約1/3と小さいことから、アルカリ骨材反応による過剰な圧縮応力を緩和するものと考えられることから試みた。

2、実験概要

セメントは、比重:3.13、比表面積:4,580cm²/g、Na₂O等価アルカリ量（R₂O）が0.51%の早強ポルトランドセメントを用いた。また、アルカリ骨材反応を促進させる目的でコンクリートの混練り水に溶解させ添加したNaOH（試薬特級）は、セメントの総アルカリ量が1.50%になるように調整して用いた。

反応性骨材として用いた粗骨材（碎石）は、比重:2.76、吸水率:0.76%、最大寸法が20mmの東北産両輝石安山岩であり、細骨材としてはこの碎石を粉砕したものを砕砂として用いた。この砕砂は、比重:2.74、吸水率:0.61%、F・Mが2.45のものである。この骨材の反応性については、化学法ならびに偏向顕微鏡によって確認したが、反応性鉱物としては40%の火山ガラスが含まれている。

非反応性の骨材として用いた粗骨材は、比重:2.73、吸水率:0.65%、最大寸法が20mmの栃木産砂岩（碎石）であり、細骨材としては比重:2.61、吸水率:1.45%、F・Mが2.94の栃木産の砕砂を用いた。この骨材は化学法により無害域にあることを確認している。

コンクリートは、緊張時（材令7日）の圧縮強度が400kgf/cm²となるように表-1に示すような配合のコンクリートとした。以下、コンクリートの種類は、この表の記号に示すように R05、R15、N05として示す。

P C梁の供試体は、150×150×1200（mm）の矩形梁の中心に棒径26mmのPC鋼棒を配置したものと、アラミド繊維（AFRP）を緊張材としたものを作製した。これらコンクリート梁の補強用鋼材としては、かぶりが20mmの位置に10cm間隔で□型のエポキシ樹脂塗装を施したΦ6 鉄筋のスターラップを配置し、その四隅に D10のエポキシ樹脂塗装鉄筋を補強用軸方向筋として配置した。これらの詳細と図は別報[1]に記す。

P C梁への緊張力の導入は、コンクリートを打設してから7日後に行い、PC鋼棒を用いた S-R05-50、S-R15-50、S-N05-50 のP C梁の有効緊張力は50kgf/cm²とし、過剰緊張力の影響について検討した S-R15-100のP C梁の有効緊張力は100kgf/cm²とした。また、AFRPを用いたP C梁は、反応性骨材を用いてアルカリ

表-1 コンクリートの配合

コンクリートの種類	記号	水・セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				NaOHの添加量 (kg/m ³)	スラップ (cm)	空気量 (%)
				水	セメント	細骨材	粗骨材			
反応性骨材	R05	43	43	194	450	780	1,042	0	9	0.9
同上+NaOH添加	R15	43	43	194	450	780	1,042	5.75	12	0.9
非反応性骨材	N05	43	43	194	450	743	993	0	6	0.6

を強化した A-R15-50 と基準コンクリートの A-N05-50 であるが、有効緊張力は 50kgf/cm^2 とした。

コンクリートの強度性状については、コンクリート梁の作製時に、 $\Phi 10 \times 20\text{cm}$ の強度用試験体も作製し、材令の経過に伴う強度性状の変化と表面のひびわれの発生等を観察した。

海洋暴露実験は、静岡県伊豆半島の東海岸に設置した暴露試験場において行ったものであり、供試体は最高潮位から約50cm程度の位置に設置した架台に固定した。この海洋暴露は1987年11月から開始し1995年6月（材令：7.5年）に引き揚げてコンクリート梁の載荷試験や強度試験等を行った。

3. 実験結果と考察

コンクリートの海洋暴露材令に伴う圧縮強度と静弾性係数の経時変化を図-1に示す。これらの図から、圧縮強度と静弾性係数の低下は、反応性骨材を用いたコンクリートよりも、アルカリを強化したコンクリートに顕著に見られる。特にアルカリを強化した R15の静弾性係数は、暴露開始後1年の時点でも明らかに低下している。この強度試験供試体の表面には、暴露1年時点から既に微細なひびわれの発生が認められた。

図-3には、S-R15-50、S-R15-100、A-R15-50 のPC梁に発生したひびわれ性状の経時変化を示す。これらのPC梁には、暴露開始後1年程度からコンクリート表面に微細なひびわれが確認された。図中には、暴露材令が1.5年時と7.5年時のものを示したが、これらコンクリートの表面に発生しているひびわれは、コンクリートの打設面や底面よりも、側面におけるひびわれが明瞭に観察されたことから、2面の側面のうち、比較的多くのひびわれが観察された面のものを示した。

ここに示したコンクリート梁は、何れも反応性骨材にアルカリを強化したPC梁であり、緊張力を変えた S-R15-50 と S-R15-100 をみると、過剰緊張力を与えたものでは、早期に梁に沿った多くのひびわれが認められ、暴露7.5年時点では幅の広いひびわれが認められた。また、これらのひびわれはいずれも鋼材腐食によるものでないことは確認している。一方、これらの梁のひびわれ幅の大きな部分をはつり取り、表面から調べたひびわれ深さは2cm程度であり、白濁した物質が認められた。

この他のアルカリを強化させなかったコンクリートを用いた S-R05-50、S-N05-50、A-N05-50 のPC梁の表面には、引き揚げを行った暴露7.5年の段階では、全く変状は認められなかった。

これらのことから、環境からのアルカリ骨材反応の促進については、十分に解明されていない面もあるが、アルカリ骨材反応に伴い、PC部材には過剰な緊張力が導入される危険性があると考えられる。

〈参考文献〉

- [1] 中井裕司ほか：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2）PC梁の曲げ試験結果、土木学会第51回年次講演会、第5部門、（投稿中）

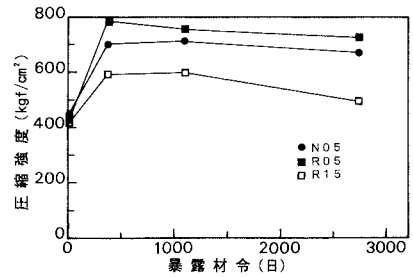


図-2 静弾性係数と暴露材令の関係

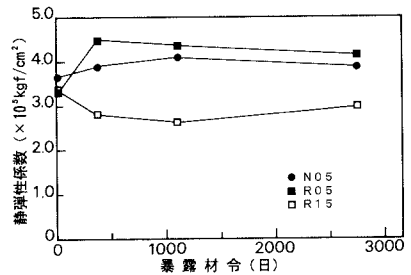


図-1 圧縮強度と暴露材令の関係

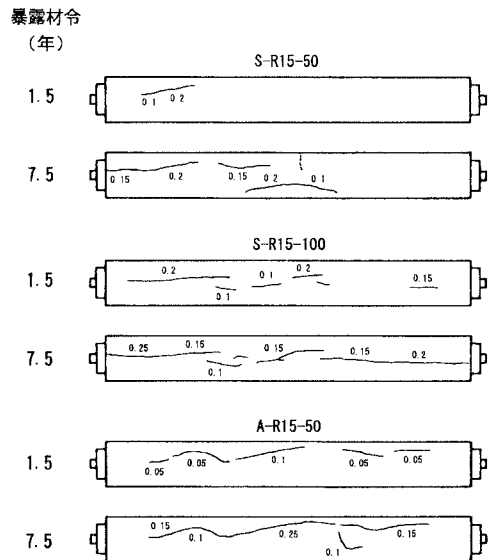


図-3 PC梁表面のひびわれの発生（単位:mm）