

報告

[1138] 各種環境下におけるアルカリ骨材反応の進展について

正会員 岡田 清 (福山大学工学部)
 正会員 近藤 茂 (関西電力株式会社建設部)
 正会員 ○ 藤田 哲満 (関西電力株式会社建設部)
 正会員 岡本 潤二 (近畿コンクリート工業(株)技術部)

1. まえがき

ここ数年来、コンクリート構造物の早期劣化要因としてアルカリ骨材反応が社会的問題になっているが、このアルカリ骨材反応に影響する因子は種々あり、その解明が急がれている。このうち、環境条件がアルカリ骨材反応におよぼす影響を把握することは、今後、アルカリ骨材反応防止対策等を確立する上で重要であると考えられる。

筆者らは、各種環境下におけるアルカリ骨材反応の進展度調査を目的として6環境条件下(地上、地中、半地中、半海水中、海水中、淡水中)におけるコンクリート試験体のクラック幅・長さ、膨張量、超音波伝播速度等の諸計測を実施中であり、本報告ではこれらの39ヵ月間にわたる諸計測結果について報告する。

2. 試験概要

試験体は無筋コンクリート製のものを用いた(図-1参照)。骨材および測定開始時の試験体の性状は表-1に示すとおりである。この試験体を用いて図-2に示す環境条件下での諸計測を実施した。

2.1 外観観察

試験体の外観観察は、クラック・反応リムの発生状況、ゲルの生成状況について目視観察を行なった。

2.2 クラック幅・長さ変化測定

クラック幅については、試験体表面にそれぞれ代表的な定点(10点/1試験体)を設定し、顕微鏡によりクラック幅の変化を測定した。また、クラック長さはクラック幅0.02mm以上を測定対象とした。

2.3 膨張量測定

試験体表面に測定ポイントを取付け、コンタクトゲージ(精度:1/1000mm)により側壁部およびベース部の長さ方向、高さ方向の膨張量を測定した。測定位置を図-3に示す。

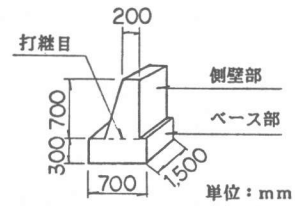


図-1 試験体の形状

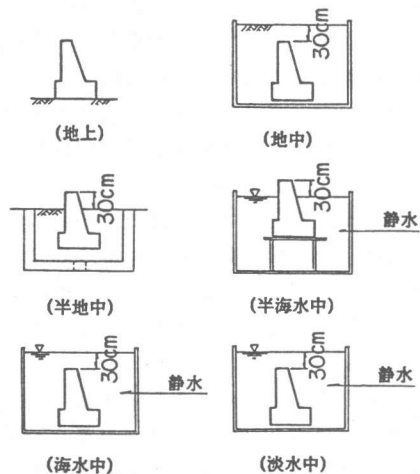


図-2 試験体の環境条件

表-1 骨材及び試験体の性状

| 性状 区分 | 粗骨材 | | 外 観 | 測 定 開 始 時 | |
|----------|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| | 岩 種 | 化学法(ASTM) | | コ ア | |
| | | | | 圧 縮 強 度 (kgf/cm ²) | 静 弾 性 係 数 (kgf/cm ²) |
| 側壁部 | ・サヌキトイド ・かんらん玄武岩 ・流紋岩質 溶結凝灰岩 | 有 害 Sc=227mmol/l Rc= 78mmol/l | 長さ(水平)方向 クラックが卓越 | 2 4 5 (n=6) | 1.26×10 ⁵ (n=6) |
| ベース部 | ・かんらん玄武岩 ・流紋岩質 溶結凝灰岩 | 無 害 Sc= 63mmol/l Rc= 73mmol/l | クラックなし | 3 3 8 (n=6) | 2.13×10 ⁵ (n=6) |

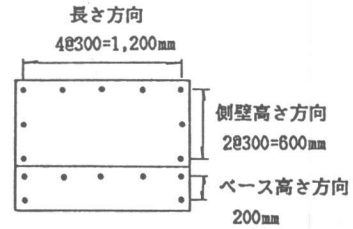


図-3 試験体の長さ変化測定位置図

2.4 超音波伝播速度測定

試験体の超音波伝播速度は、パンジットを用いて測定した。測定方法は、透過法と並列法の2種類とした。

2.5 残存膨張量測定

測定開始時に、試験体と同じ部材の側壁部、ベース部それぞれから直径10cm長さ30cmのコアを採取し、促進養生下(37.8℃, 100% R. H)における残存膨張量(測定標点間距離約20cm)の経時変化を測定した。

3. 試験結果および考察

3.1 外観観察

a. クラックの発生状況

側壁部については、当初卓越していた水平方向クラック(幅2~3mmが大半)が、経年とともに各環境下ともアルカリ骨材反応特有の亀甲状となり、現在もおお進展している。また、各環境下ともクラックの発達と比較的顕著に見られるのは夏期のようなのである。

ベース部については当初クラックが見受けられなかったが、測定開始15ヵ月頃から側壁部との打継目を起点とする鉛直方向クラックが散見され、現在までその長さや本数は増加傾向にある。しかし、水平方向クラックは殆ど発生せず、側壁部と逆現象を呈していること等を考慮すると、ベース部のクラック発生要因は側壁部クラックの進展につれて発生したものと判断される。

b. ゲルの浸出状況

浸出ゲルはすべて側壁部で観察され、側壁部の環境条件が大気および水中部分ではクラック部に集中し、地中部分では骨材の反応リム周辺に発生している。また、これらは測定開始後3ヵ月目までは顕著に現れたものの、その後は顕著な変化は認められない。

浸出ゲルが最も多く観察されるのは6種類の環境条件のうち海中および半海中環境下であった。

c. 骨材の反応リム発生状況

骨材の反応リムが明瞭でかつ多く観察されるのは6種類の環境条件のうち地中および海中環境下の側壁部分であり、その他の環境下では側壁部分で観察されるものの不明瞭である。

3. 2 クラック幅・長さ変化測定

a. クラック幅

各環境下における側壁部のクラック幅変化量を図-4に示す。6種類の環境下の中では海水中がよく進展していることがわかる。しかし、測定開始時のクラック幅が大きいものほどその後の伸びが少なくなる傾向にあること、進展率を比較すると海水中と半海水中の他はほぼ同程度の進展率を示していることから、環境条件の相違とクラック幅の進展度との相関はあまり明確ではない。

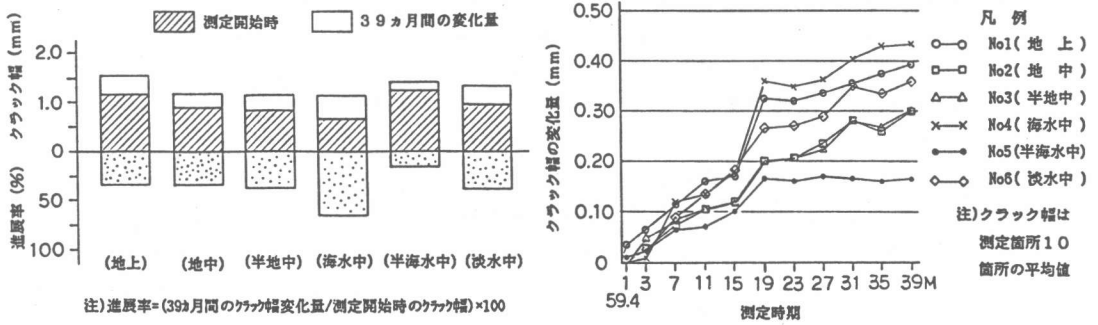


図-4 各環境条件のクラック幅変化量

b. クラック長さ

各環境下における側壁部のクラック長さ変化量を図-5に示す。クラックの発生は各環境下とも進展しており、なかでも地上環境の進展率は、250%を越えている。

また、クラック長さの進展は、クラック幅の測定結果と同様、測定開始時のクラック長さの長いものほどその後の伸びが少なくなる傾向にあるため、環境条件の相違とクラック長さの進展度との相関はあまり明確ではない。

図-6に側壁部のクラック密度を示す。クラック密度は、直線的な増加傾向を示しているので、この程度の経年では、アルカリ骨材反応が環境条件の相違に関係なく進展しているものと考えられる。

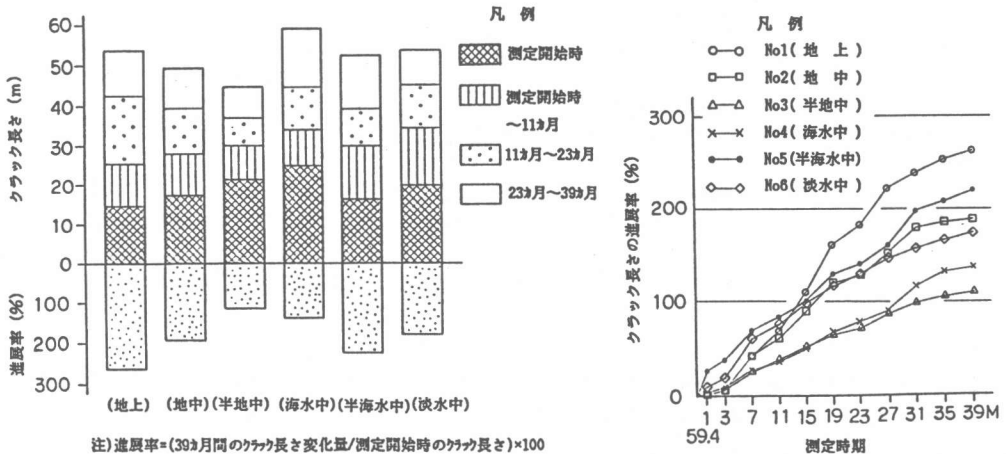


図-5 各環境条件のクラック長さ変化量

3.3 膨張量の測定

試験体の膨張量測定結果を図-7に示す。側壁部では、ベース部の拘束効果によって長さ方向よりも高さ方向の膨張量が大きくなっている。また、ベース部では、側壁部の逆で新規発生した鉛直方向クラックの影響で長さ方向の膨張量が大きく、高さ方向の膨張量はわずかである。

側壁部の高さ方向膨張量と側壁部クラック密度の関係を図-8に示す。クラック密度の増加とともに膨張量も直線的な増加を示していることがわかる。また、クラック密度が同程度の値でも膨張量に $1,500 \times 10^{-6}$ ほどの開きが認められる。

各環境条件下における膨張量の相違は、側壁部の高さ方向では顕著であるが、ベース部の高さ・長さ方向と側壁部の長さ方向については、環境条件の相違は明瞭ではない。

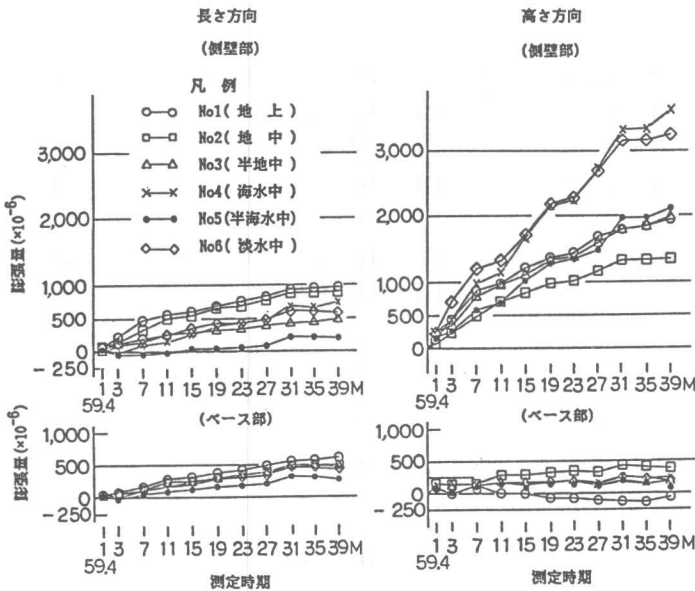
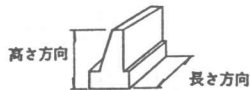
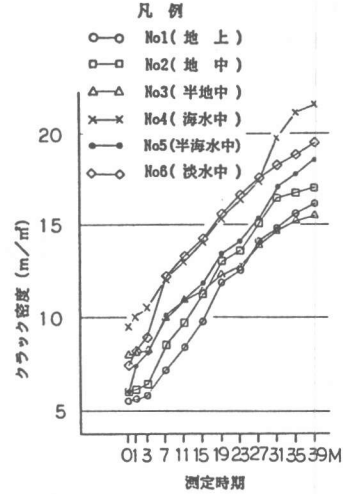


図-7 各環境条件の膨張量測定結果



注)クラック密度=0.02mm以上のクラック長さ/側壁部面積

図-6 クラック密度

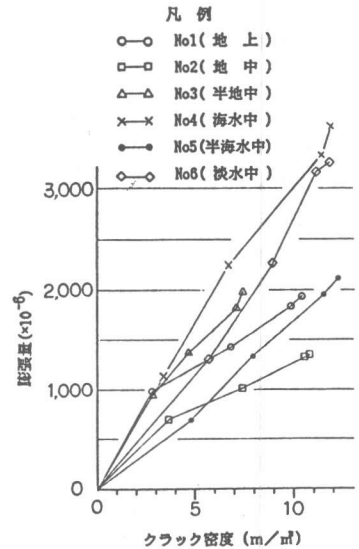


図-8 側壁部の膨張量とクラック密度

3.4 超音波伝播速度測定

試験体の超音波伝播速度測定結果を図-9, 10に示す。超音波伝播速度は、測定時期により測定値にバラツキが見られ、現在のところ経時的な劣化の進展および環境条件との相関は明確ではないが、側壁部ではやや低下傾向を示し、コンクリートの劣化が進んでいることを裏付けている。

また、ベース部の透過法による超音波伝播速度は、健全なコンクリートと同等の値を示し、経年による劣化はうかがわれない。

側壁部の並列法による超音波伝播速度の長さ方向と高さ方向を比較すると、高さ方向は長さ方向に比べて小さく、クラックの発生状況とよく合った劣化の程度を示している。

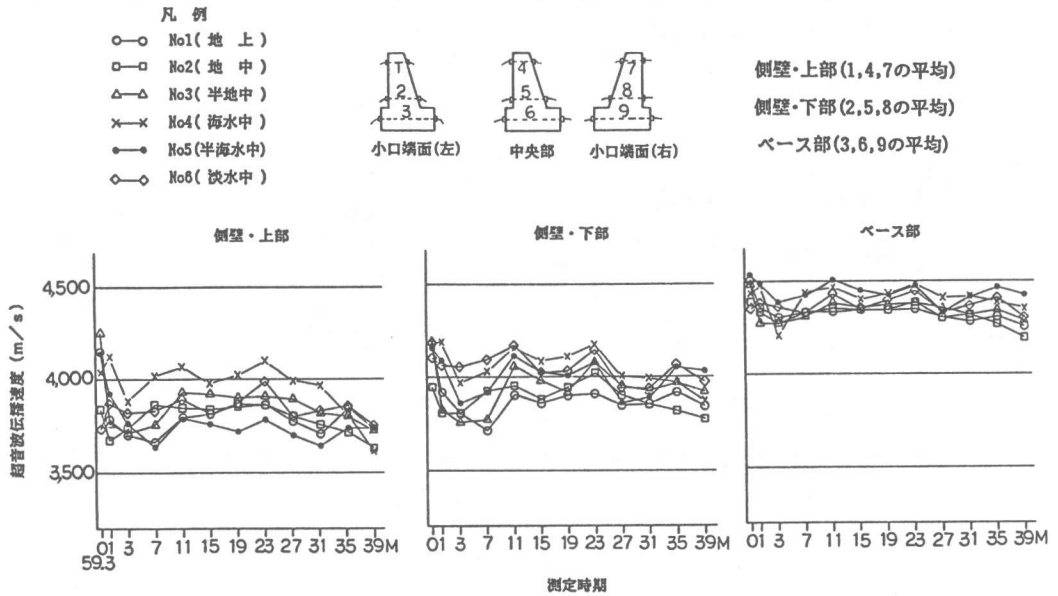


図-9 超音波伝播速度(透過法)

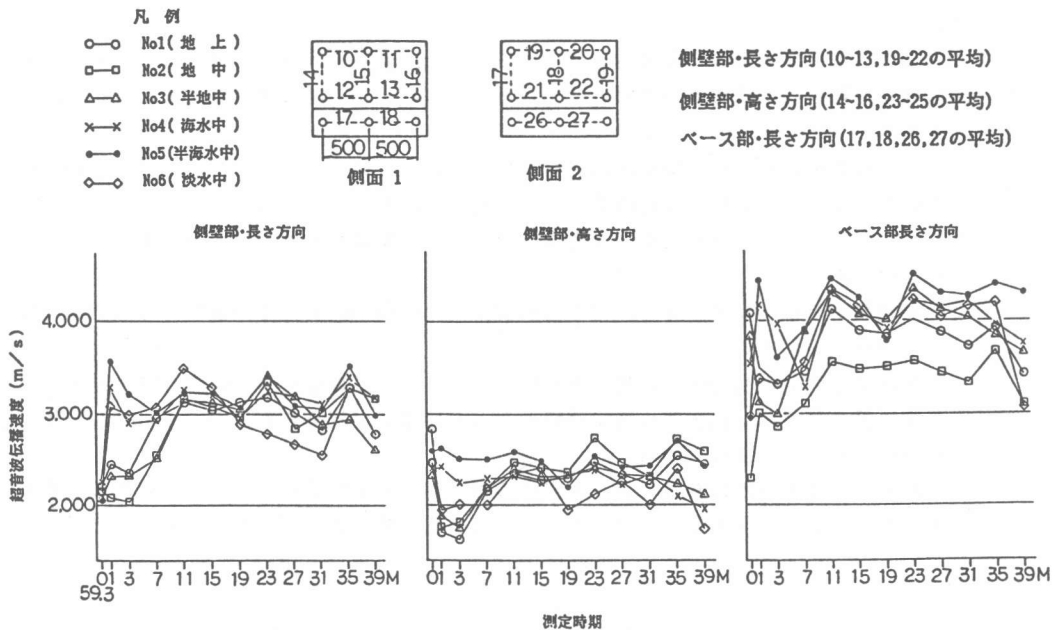


図-10 超音波伝播速度(並列法)

3.5 残存膨張量測定

測定開始時に試験体と同じ部材のベース部、側壁部それぞれから採取した高さ方向コアの残存膨張量測定結果を図-11に示す。コアの膨張量と図-7に示す試験体の膨張量を比較した場合側壁部の高さ方向の膨張量は、 $1,300 \times 10^{-6}$ ～ $3,600 \times 10^{-6}$ で残存膨張量の2～4倍程度の値を示しており、相関は認められなかった。これは、残存膨張量測定用のコア寸法が直径10cm、長さ30cmで測定標点距離約20cmであり、試験体との体積および構造形状等の相違によるものと考えられる。

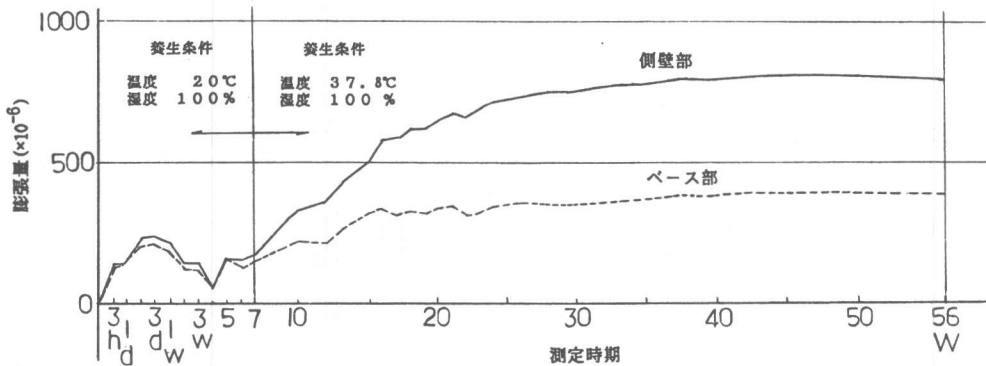


図-11 コアの残存膨張量

4. まとめ

アルカリ骨材反応におよぼす各環境条件の影響は、反応の発現度合の差はあるものの、39ヵ月程度の経年の範囲内ではあまり明瞭ではないと考えられるが、諸計測結果をまとめると以下のとおりである。

- (1) 試験体側壁部がベース部に比べ、格段に著しい劣化性状を示す理由は、それぞれの使用粗骨材の反応性状の相違に起因するものと考えられる。
- (2) 測定開始時のクラック発生度を考慮しても、最も顕著な劣化の進展を示すものは、海水中環境である。
- (3) 測定開始時にアルカリ骨材反応の発現度が大きいものほど、その後の劣化の進展度は小さくなる傾向にある。
- (4) 試験体と同じ部材のベース部、側壁部それぞれから採取したコアの残存膨張量と試験体の膨張量の関係は、試験体の測定位置によっては相関が認められるが、概して試験体の膨張量の値が大きいようである。
- (5) 超音波伝播速度測定結果では、各環境条件の相違および経時的な劣化の進展は明確ではないが、部位別の測定値は、コンクリートの劣化程度を表していると考えられる。