

PSV-11 塩害およびAARにおけるコンクリート構造物の寿命

京都大学工学部	正会員	宮川豊章
京都大学工学部	正会員	井上 晋
大阪工業大学工学部	正会員	小林和夫
京都大学工学部	正会員	藤井 学

コンクリート構造物の耐久性に対して種々の疑問が提出されて久しい。単なる強度については、従来種々の研究成果が発表されており、相当明かとなってきた。しかし、時間軸を含めた設計空間で評価しなければならない場合、つまり耐久性を検討する場合には、まだ成熟した設計思想がないのが現状である。

1. コンクリート構造物の寿命

耐久性問題にあっては、“寿命”という言葉が用いられる場合が多い。しかし、まだ寿命に関する正確な定義はない。「コンクリート標準示方書」には、“設計耐用期間”として“構造物または部材がその使用にあたり、目的とする機能を十分果たさなければならない設計上与えられた耐用期間”と定義されている。この定義中にある“耐用期間”は“寿命に到るまでの期間”を理念的に表現した用語と考えてよいであろう。

寿命を明確に把握するには、その状態になれば寿命と見なす状態、すなわち限界状態が明確でなければならない。構造物の経時的な劣化過程は、劣化メカニズムによって大きく異なる。耐荷力の低下速度が一樣な場合には耐荷力の経時変化から例えば残存耐荷力がある値に達した時点を限界状態としてよいであろう。耐荷力の低下がある時点が過ぎるときわめて急激に低下する場合には残存耐荷力が大きくても急激に低下する時点を設計上は限界状態としてよいであろう。また、想定している劣化メカニズムでは耐荷力の低下はきわめて少ないのであれば、他の劣化メカニズムとの複合作用下での劣化、あるいは美観などによって限界状態を設定する事ができる。これらは、最終的には対象とする構造物の管理者が決定を下すべきであろう。

2. 塩害におけるコンクリート構造物の寿命

一般に、コンクリート構造物の塩害劣化過程は図1のように示すことができる。ここに、それぞれの区分は以下のような特徴を有している。①潜伏期：塩化物イオンがかぶりコンクリート中を浸透し、鋼材近傍に蓄積される過程で、主として塩化物イオンのコンクリート中での見掛けの拡散速度に支配される。②進展期：鋼材が塩化物により腐食し始め、腐食生々物が蓄積され、その膨張圧によってかぶりコンクリートにひびわれが入る過程で、主として溶存酸素と水分の供給量およびコンクリートの電気抵抗に支配される。③加速期：軸方向ひびわれの発生によって腐食速度が促進され、かぶりコンクリートの剥離、剥落が生じる過程で、支配要因は進展期とほぼ同様である。④劣化期：鋼材腐食が進み、断面積の減少が顕著となり、耐荷力の低下が明かとなる過程で、支配要因は加速期とほぼ同様である。

塩害における限界状態として取り上げられる例が最も多いのは軸方向ひびわれの発生であろう。これ以後、腐食が大きく加速されるとともに、静的な耐荷力は低下していないものの、高応力の繰返し荷重が作用する場合などでは耐荷力および靱性の低下が生じ始める。軸方向ひびわれに注目した余命推定の概略フローの例を図2に示す。

3. AARにおけるコンクリート構造物の寿命

一般に、アルカリ骨材反応による膨張そのものによってはコンクリート構造物の耐荷力が大きく低下することはないであろうと考えられている。したがって、AARにおける耐久性上の

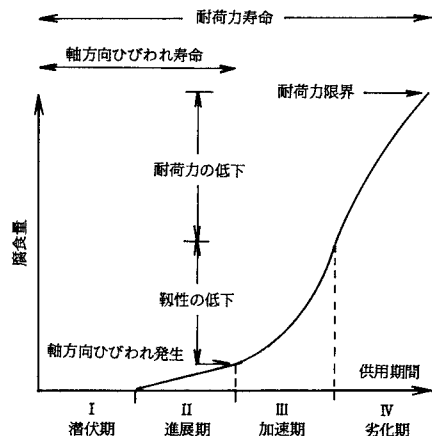


図1 塩害における劣化過程

限界状態は、AAR膨張によって過大な変形が生じ使用に適さなくなること、ひびわれが生じ美観上好ましくなくなること、あるいはひびわれに起因して他の劣化メカニズム、塩害、中性化あるいは凍害などがきわめて激しく加速されることなどを設定することができる。しかも、ここに述べた限界状態は、すべてコンクリートの過大な膨張に起因して生じており、過大な膨張を生じることが一つの限界状態であると考えてもよいであろう。

したがって、AAR損傷における劣化過程は、膨張の進行段階（図3）によって表現することができる。ここに、それぞれの区分は以下のような特徴を有している。①膨張潜伏期：反応は進んでいるものの膨張がまだ顕著には現れない時期で、コンクリートが持っている潜在的な膨張能力は最も大きく、残存膨張量は最大を示す。②膨張進展期：膨張が顕著に現れ、膨張速度は最大を示す時期であって、残存膨張量はまだ大きい。③膨張速度低下期：膨張速度が低下し、次第に収束に向かう時期であって、残存膨張量は小さくなっていく。④膨張収束期：膨張がほぼ収束した時期であって、残存膨張量はほぼ0である。

塩害における劣化過程では、それぞれの段階における劣化速度の支配要因は同一ではなかった。しかし、AAR膨張の場合は、潜在的なポテンシャルが十分であれば、一般に水の供給によって膨張が支配される部分が大いものと考えられる。配筋量等によって膨張量は異なるものの、安全側をとって無筋コンクリートにおける値によって考えた場合、過大な膨張が吸水量0.4%で生じることから検討したアルカリ骨材反応性コンクリートの膨張判定の概略フローの例を図4に示す。

4. 耐久性設計と補修設計

耐久性設計と補修設計は本質的には同じ思想のうえに成り立っている。ともに現在の技術の最先端に位置するものであるが、耐久性設計が技術に対する信頼のうえに主として成り立っているのに対し、補修設計は主として現在の技術に対する反省のうえに成り立つと考えてよい。したがって、劣化機構に基づいた統一された思想で語ることが可能であり、本文で示した概略フローは、まだ検討すべき点は多いものの、いずれに対しても対応は可能である。これらの検討にあたっては、その限界状態が劣化メカニズムによって微妙に異なるため、対象とする構造物に想定されるあるいは推定される劣化機構をいかに的確に把握しモデル化するかを明確にしなければならない。設計上は、これらの限界状態に達するまでの期間を、劣化メカニズムから考えてどの様に制御するかが最も基本的な課題なのである。

なお、本研究の一部は、昭和62、63年度文部省科学研究費補助金（一般研究(C)）課題番号62550348、研究代表者：宮川豊章）によって行った。ここに付記し、謝意を表します。

〈参考文献〉藤井学、宮川豊章：第66回コンクリート講習会テキスト、pp.117-141、1989.2

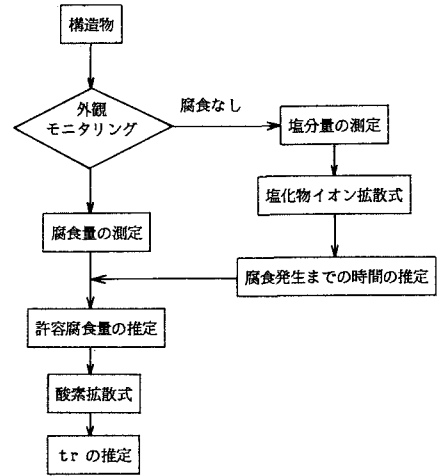


図2 塩害における構造物の余命 (tr) を求める概略フロー

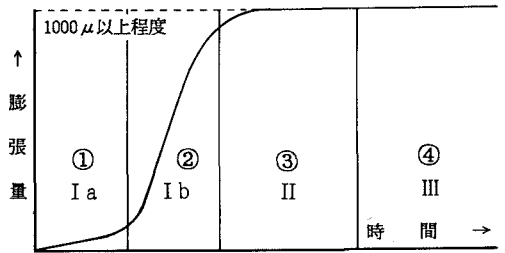


図3 AARによる膨張の進行段階の区分

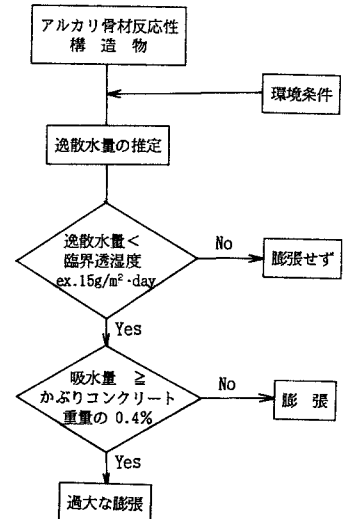


図4 アルカリ骨材反応性コンクリートの膨張判定の概略フロー