

鹿児島大学工学部 正会員○武若耕司
三井不動産建設㈱ 上野喜道

1. まえがき

コンクリートに関する諸問題の検討にあたって最も苦慮する点は、コンクリートの品質のばらつきによって、検討結果の信頼性が十分に確保できない場合があることである。特に、施工不良や養生不備等によって生じる、いわゆる初期欠陥は、本来はあってはならないものではあるが、実際問題としては十分に起こり得るものでもあり、その存在によってコンクリートの評価は一変してしまう。耐久性に係わる問題では特にこの影響は大きい。一方、このような欠陥や品質のばらつきなどの影響評価は、その存在状況を再現する実験がほとんど不可能なことから、定性的な評価にとどまらざるを得ないのが実状であると言えよう。

本研究の目的は、コンピューターを用いたケーススタディーから、欠陥がコンクリート構造物の耐久性に及ぼす影響を定量化させることにある。ここでは、昨年の報告に引続き¹⁾耐久性低下の事例として塩害を取り上げ、塩害の発生に及ぼすコンクリート中の欠陥の影響評価を試みた。

2. 検討方法の概略

(1) 欠陥のモデル化： コンクリート中に存在する全ての欠陥は球状の欠陥の集合によって出来上がっていると仮定し、その大きさと数の組合せによって様々なタイプの欠陥になると見なした。この場合、実施工コンクリートの品質評価の定量化は、この欠陥球の大きさや数と施工条件の相関性を明確にすることによって可能となる。しかしここでは、このような欠陥球の存在状況と施工条件を一義的に関連付けることはせず、指定された領域内に指定された大きさと数の欠陥がランダムに配置されたコン

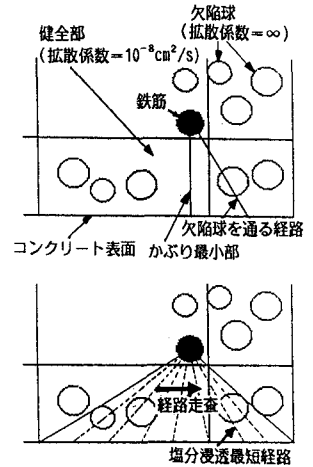
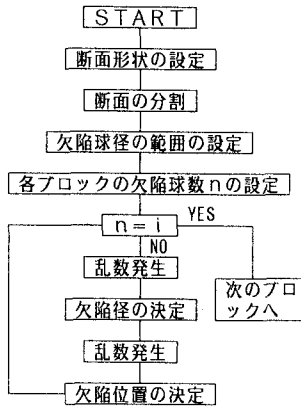


図-1 欠陥球設定のためのフロー 図-2 塩分浸透最短経路の求め方

クリートモデル断面を塩害評価の対象とした。図-1に欠陥のモデル化のためのフローを示した。

(2) 塩害評価方法： コンクリート中の塩分浸透速度の差によって塩害感受性を評価した。すなわち、上記(1)によって欠陥が設定されたモデル断面において、欠陥のない箇所の塩分拡散係数を $10^{-8} \text{ cm}^2/\text{sec}$ とし、一方欠陥球内では塩分は瞬時に拡散する(拡散係数 = ∞)と仮定して、図-2に示すような経路走査

表-1 欠陥存在状況が異なる場合の塩分到達最短時間の解析結果

欠陥の個数	欠陥径の範囲	欠陥径の範囲			
		(0~0.5cm)	(0~1.0cm)	(0~1.5cm)	(0~2.0cm)
10個/m ²	①	6.60年	5.76年	4.96年	5.49年
	②	6.60	5.62	5.01	4.24
	③	6.26	5.14	4.51	5.29
	④	6.60	5.22	4.94	5.49
20個/m ²	①	5.88年	4.68年	4.44年	4.46年
	②	5.61	5.20	4.71	4.22
	③	6.13	5.14	3.88	2.88
	④	6.60	5.22	4.03	4.96
30個/m ²	①	5.88年	4.68年	4.44年	2.89年
	②	5.32	3.58	3.50	3.27
	③	6.13	4.48	3.88	2.23
	④	5.27	3.62	2.20	1.77
40個/m ²	①	5.88年	4.68年	4.44年	—
	②	5.32	2.47	3.16	—
	③	5.55	3.50	1.55	—
	④	5.27	3.62	2.20	—

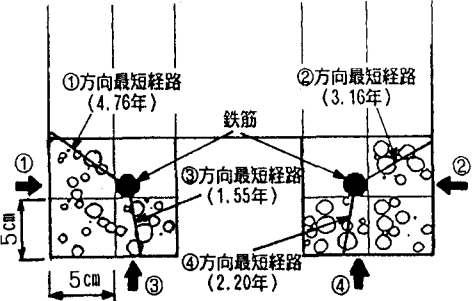


図-3 鉄筋への塩分到達最短時間のシミュレーション例

を行い、鉄筋への塩分最短到達時間を求め、これを塩害感受性指標とした。図-3はこのシミュレーション例であり、また表-1には、図-3における欠陥の状況を種々変化させた場合の塩分最短到達時間を取りまとめた。欠陥の影響が大きくなると、鉄筋への塩分到達時間が短くなるだけでなく、測定結果のばらつきも非常に大きくなることわかる。

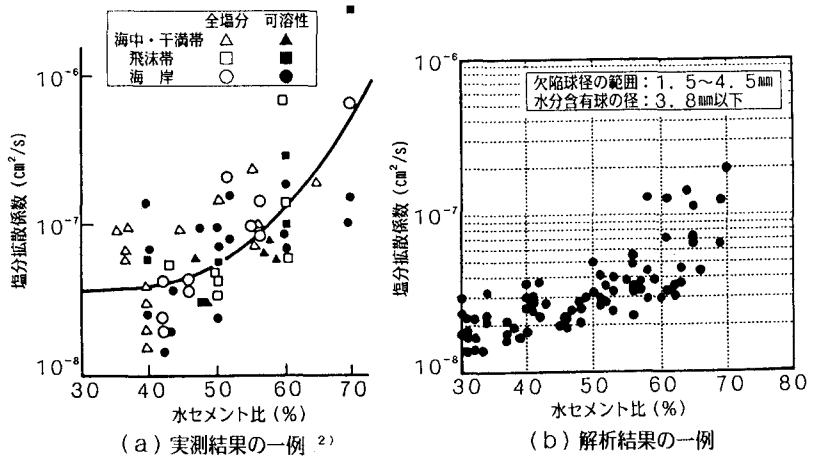


図-4 コンクリートの見掛けの塩分拡散係数の実測値および解析値

3. 塩害に及ぼす欠陥の影響の定量化例

(1) 水セメント比と塩分拡散係数の関係について： 図-4(a)は、海洋環境下の実施工コンクリートにおける塩分拡散係数と水セメント比の関係の実測結果である²⁾。両者の関係には、ある程度の相関性は見られるが、ばらつきも大きい。このばらつきの原因の1つは、コンクリート中に存在する欠陥にあると思われるが、少なくとも、このばらつきを評価しない限りは実際の塩害状況を定量化したとは言えない。そこで、上述の手法を応用して、ばらつきを考慮した拡散係数と水セメント比の関係のシミュレーションを試みた。ここでは、水セメント比が増加するとコンクリート中の未水和水量が増加し、これに伴って欠陥も増加すると考え、上記モデル断面における欠陥球の一定割合を未水和水部と見なし、その水量を単位水量に加算し、欠陥数の増大に伴って水セメント比が増加する状況を仮定した。図-4(b)は、このようにして求めた水セメント比と塩分拡散係数の関係の一例である。なお、この図で示されている塩分拡散係数は、先ず上記2(2)の方法を用いて鉄筋に到達する塩分最短到達時間を求めた後、これを、その実際の浸透経路長ではなく、かぶり厚を用いて逆算した見掛けの値である。この結果から、実測における塩害評価のばらつきを数値化できそうな感触が得られた。

(2) 鉄筋腐食領域について： コンクリート中の鋼材腐食量を理論解析から求めようとする試みがなされているが、その際の問題点の1つは、この場合の腐食がマクロセルの形成に支配されると考えられるにもかかわらず、実際にはアノード領域やその拡大状況を具体的に表現し得ないことである。ここでは、コンクリート中に欠陥がランダムに存在する場合には鉄筋各部で塩分到達時間に差が生じることを利用して、アノード領域の拡大状況をシミュレーションすることを考えた。図-5は、鉄筋到達塩分量が腐食限界塩分量となった箇所から順にアノードとなるとして、その領域の変化の状況をシミュレーションしたものである。このような手法を用いることによって、より精度よい鉄筋腐食状況の推定も可能となると思われる。

<参考文献>

- 1) 武若：施工欠陥を考慮した塩害の定量化に関する一試み、土木学会第46回年次学術講演会講演概要集第5部、1991.9
- 2) 武若：海洋環境下のコンクリートの含有塩分量に関する既往調査結果の整理と分析、土木学会第43回年次学術講演会講演概要集第5部、1988.9

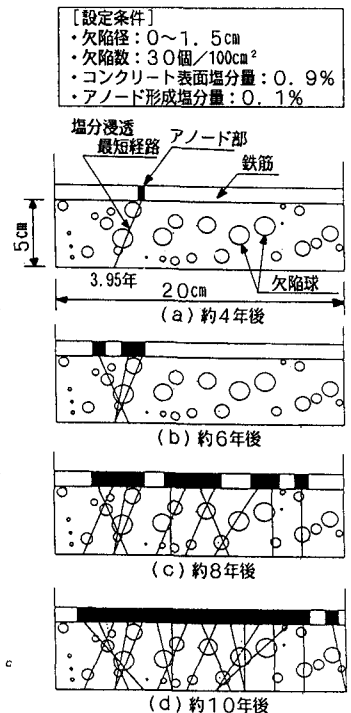


図-5 アノード領域拡大状況のシミュレーション結果