

수문지구화학응용프로그램(PHREEQC)에 의한 철근 콘크리트부식가능성평가의 한가지 방법

림명철, 김정철, 김영복

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《...건설부문앞에 나서는 중요한 과업은 건설에서 질을 결정적으로 높이는것입니다.》

(《김일성전집》 제32권 414페이지)

건설물의 질을 높이기 위하여서는 물, 열, 기체 등 여러가지 침식성매질의 영향을 극복하기 위한 대책을 철저히 세워야 한다.

PHREEQC를 리용하면 물속에서 일어나는 복잡한 화학반응들과 물과 주위매질사이의 물리화학적작용들을 정량적으로 평가할수 있다.

본문에서는 수문지구화학응용프로그램 PHREEQC를 리용하여 물에 의한 철근콘크리트의 부식가능성을 평가하기 위한 한가지 방법을 제기하였다.

1. PHREEQC에 의한 철근콘크리트부식가능성평가방법

지난 시기에 널리 리용한 철근콘크리트부식가능성평가방법들은 지하수 혹은 지표수의 침식성탄산함량, 류산이온함량, 마그네슘이온함량, 알카리도, 경도, pH 등에 기초하고있다.[1, 2] 그런데 이 방법들은 모두 경험적이거나 일부 지표들에 의해서만 평가하는 부족점을 가지고있다.

일반적으로 지하수나 지표수의 화학조성이 복잡하고 그것에 포함되어있는 화학물질들 사이에 그리고 이 물질들과 주위매질(실제로 콘크리트)사이에서 복잡한 물리화학적작용들이 일어난다. 그러므로 이러한 물리화학적작용들을 종합적으로 고려하여 콘크리트의 부식가능성을 평가하여야 한다.

물에 의한 철근콘크리트의 부식은 콘크리트속에 포함된 CaCO_3 , Ca(OH)_2 , Fe 등의 용해작용과 CaSO_4 생성에 의한 체적팽창에 의하여 일어난다.[2] 그러므로 PHREEQC에 의하여 이러한 용해반응과 생성반응의 가능성을 밝혀 철근콘크리트의 부식성을 평가할수 있다.

PHREEQC를 리용한 콘크리트부식가능성평가방법은 다음과 같다.

① 콘크리트에 작용하는 물에 대한 분석자료에 기초하여 이 물속에 포함된 모든 원소들의 존재형식과 농도, 이 성분들에 의하여 형성될수 있는 고체상들과 그것들의 포화지수를 결정한다.

② 고체상 CaCO_3 , Ca(OH)_2 , Fe, CaSO_4 의 포화지수값들에 의하여 철근콘크리트의 부식가능성을 평가한다.

용액속에서 어떤 고체상의 포화지수값이 령보다 크면 이 고체상은 과포화상태에 있고

량보다 작으면 불포화상태에 있으며 령이면 평형상태에 있다. 실천에서는 포화지수값이 $-0.05 \sim 0.05$ 이면 평형상태로 본다.[3] 그러므로 고체상 CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Fe들의 포화지수값이 모두 0.05보다 크고 고체상 CaSO_4 의 포화지수값이 -0.05 보다 작을 때 철근콘크리트는 부식되지 않으며 그렇지 않은 경우에는 부식된다.

③ 철근콘크리트의 부식가능성이 있는 경우에는 물과 이 콘크리트사이의 화학반응이 평형상태에 이를 때까지의 고체상 CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Fe들의 용해량 혹은 고체상 CaSO_4 의 생성량을 결정한다.

2. 적 용 실 례

우리는 청천강의 물분석자료(표 1)를 가지고 PHREEQC를 리용하여 이 물의 철근콘크리트침식가능성을 평가하였다.

표 1. 청천강의 물분석자료(mg/L)

지표	pH	Cl	Ca	Mg	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	Fe	SO_4^{2-}	CO_2	HCO_3^-	F	K+Na
분석값	7.5	1.4	5.99	3.596	0.02	0.012	0.180	0.10	15.5	2.5	107.4	0.44	38.6

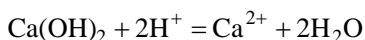
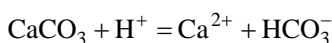
PHREEQC를 리용하여 먼저 용액속에 포함된 모든 원소들의 존재형식과 농도를 결정하였다.

실례로 이 물에서 탄소는 함량이 적어지는 차례로 HCO_3^- , CO_2 , NaHCO_3 , CaHCO_3^+ , MgHCO_3^+ , CO_3^{2-} , CaCO_3 , MgCO_3 , NaCO_3^- , FeCO_3^+ , FeHCO_3^+ , FeCO_3 , SCN^- 과 같은 형식으로 존재한다. 마찬가지로 칼슘은 Ca^{2+} , CaHCO_3^+ , CaSO_4 , CaCO_3 , CaF^+ , CaN_3^+ , CaCl^+ , CaOH^+ , CaCl_2 등과 같은 형식으로 존재한다. 그리고 철은 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$, $\text{Fe}(\text{OH})_4^-$, FeOH^{2+} , FeCO_3^+ , Fe^{3+} , FeF^{2+} , FeF_2^+ 등의 형식으로 존재한다.

PHREEQC를 리용하여 용액속에 포함된 모든 원소들의 존재형식과 그 농도를 결정한 다음 이 성분들에 의하여 형성될수 있는 고체상들을 자료기지에서 찾고 용액속에서 그것들의 포화지수를 계산하였다.

포화지수계산결과들가운데서 고체상 CaSO_4 , CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Fe의 포화지수들은 표 2와 같다.

표 2에서 보는바와 같이 청천강에서 이 고체상들의 포화지수는 -0.05 보다 작다. 따라서 CaSO_4 의 형성에 의한 콘크리트부식은 일어나지 않지만 콘크리트에 포함된 CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Fe이 용해되어 부식될 가능성이 있다. 그것들의 용해반응은 각각 다음과 같다.



다음으로 PHREEQC를 리용하여 이 고체상들이 평형상태에 이를 때까지의 용해량을 결정하였다.(표 3)

표 2. 일부 고체상들의 포화지수

고체상	CaSO_4	CaCO_3	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	Fe
포화지수	-3.31	-1.04	-11.48	-31.31

표 3에서 보는바와 같이 청천강에 놓인 철근콘크리트다리에 물이 침습하면 이 물 1L에는 CaCO_3 , Ca(OH)_2 , Fe가 각각 11.7, 1 146, 403mg 용해될수 있다. 즉 콘크리트의 공극도가 0.08~0.15일 때 콘크리트 1m³에서 약 35~70cm³의 CaCO_3 , Ca(OH)_2 이 용해될수 있다. 그러므로 콘크리트에 물이 침습하지 않도록 여러가지 방수대책을 세워야 한다.

표 3. 콘크리트에서 일부
물질들의 용해량(mg/L)

고체상	CaCO_3	Ca(OH)_2	Fe
용해량	11.7	1 146	403

맺는말

PHREEQC를 리용하여 물에 의한 철근콘크리트의 부식가능성을 정량적으로 평가할수 있는 한가지 방법을 제기하였다.

참고문헌

- [1] 허태화; 수문지질학, 김일성종합대학출판사, 129~132, 주체99(2010).
- [2] 김명희 등; 건설시공, 고등교육도서출판사, 239~240, 주체95(2006).
- [3] B. J. Merkel; Groundwater Geochemistry, Springer, 22, 2008.

주체103(2014)년 8월 5일 원고접수

A Method for the Evaluation of the Possibility of Corrosion of Reinforced Concrete using PHREEQC

Rim Myong Chol, Kim Jong Chol and Kim Yong Bok

A method to evaluate quantitatively degree of corrosion of reinforced concrete acting with water by using PHREEQC has been described.

When the porosity of concrete is at the range of 0.08~0.15, it is possible to dissolve about 35~70cm³ of CaCO_3 and Ca(OH)_2 respectively from 1m³ of concrete as a result of calculation using this method.

Key words: PHREEQC, corrosion