

농촌 소하천 고함수비 퇴적 저지의 고화처리에 대한 초기응결연구

Study of initial setting for solidification process of dredged soil of rural stream

장 병 옥 · 우 철 웅 · 김 성 필 · 김 재 형* (서울대)

Chang, Pyung Wuck · Woo, Chull Woong · Kim, Seong Pil · Kim, Jae Hyung*

Abstract

The dredged soils of rural streams can be treated with cement for recycling. It is very important to know whether the treated soils have achieved some required qualities for further treatments if the soils are mixed with cement. In this study, fall-cone test was used to examine changes in workability and compactibility during an curing time of soil-cement mixture. Test results showed that fall-cone apparatus can be satisfactorily used for this purpose. Although there was some difference of initial curing time and cement contents, the engineering properties of treated soils were little affected.

I. 서론

농촌 소하천의 퇴적오니는 대부분 유기질을 상당부분 포함하고 있으며 유기물의 혐기성 분해로 인해 악취가 나며 때로는 하천의 오염원으로 작용되기도 한다. 따라서, 이들 농어촌 하천 오니의 처리는 하천정비 및 환경개선 사업에서 필수적으로 고려되어야 한다. 농어촌 소하천의 오니는 그 퇴적량이 대규모로 발생되지는 않지만 성상이 균질하지 않은 특성이 있어 그 처리방법은 범용적이고 쉽게 적용할 수 있으며 그 결과도 신뢰성이 있어야 한다. 시멘트를 이용한 흙시멘트 고형화는 이에 적합한 방법으로 생각된다.

고함수비 오니에 시멘트를 혼합하여 처리할 때 고형화가 덜되거나 과다하게 경화된 흙은 다짐 등의 2차적인 처리가 어려우므로 적절한 작업성을 만족하면서 가능한 신속하게 처리될 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 처리에 대한 합리적 판단 방법을 정립하기 위해 폴콘시험법(Fall cone test)을 적용하여 초기 응결과정에서의 관입량 변화를 살펴보고 관입치를 이용해 다짐가능상태에 대한 판단 가능성을 알아보았다. 그리고 다짐상태까지 도달하는데 요구되는 방치시간과 일축압축강도실험을 통해 시멘트 양이 개량된 흙의 특성에 미치는 영향에 대해 알아보았다.

II. 재료 및 시험방법

2.1 재료

본 연구에서 사용한 흙은 농어촌 하천저지에 퇴적된 세립토이며 토양오염 허용치를 초과하지 않은 흙을 사용하였다. 고화재로는 일반 포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 흙시료의 물리적 특성을 나타내면 Table 1과 같다.

Table 1. Physical properties of soil

USCS	Gs	LL	IP	pH	Organic mater(%)	Clay fraction(%)
MH	2.676	53.18	7.79	7.56	5.78	25

2.2 시험방법

2.2.1. Fall cone test

원시료 건조중량비 30, 35, 40%의 시멘트를 섞어 혼합한 후 응결과정 동안 폴콘시험을 하여 고화재의 방치시간에 따른 관입량을 측정하였다. 관입량 측정오차를 줄이기 위해 콘의 무게를(160g) 증가시켰다. 액성한계에서 추의 관입량은 10mm이며 소성한계는 액성한계 관입깊이의 1/10 로 계산하여 판단하였다.(Kumoto,2001)

2.2.2 Unconfined compression test

다짐가능상태까지 함수비가 감소되지 않도록 습포시킨 상태에서 혼합물을 방치한 후 A 다짐의 에너지를 가해 한 시험당 2개의 공시체 몰드(3×6cm)를 제작하여 평균치를 사용하였다. 공시체는 25℃에서 3, 7, 14일 수중양생 후 압축강도를 측정하였다. 압축강도 측정에 사용된 기기는 Zwick 사의 만능강도시험기를 사용하였으며 재하속도는 1mm/min 로 일정하게 하였다.

III.결과 및 고찰

3.1 방치시간에 따른 관입량 변화

퇴적오니를 고화하여 매립시 다짐에 대한 시공성 확보는 중요한 문제가 된다. 그리고 롤러다짐시 금속롤러와 시료의 부착이 큰 문제가 될 수 있으므로 다짐가능상태에 대한 적절한 판단기준을 제공하는 것이 필요하다. 이에 폴콘시험을 하여 다짐조건을 만족하는 관입량 범위를 제시하였다. 방치시간에 따른 관입량 변화는 Fig. 1과 같다.

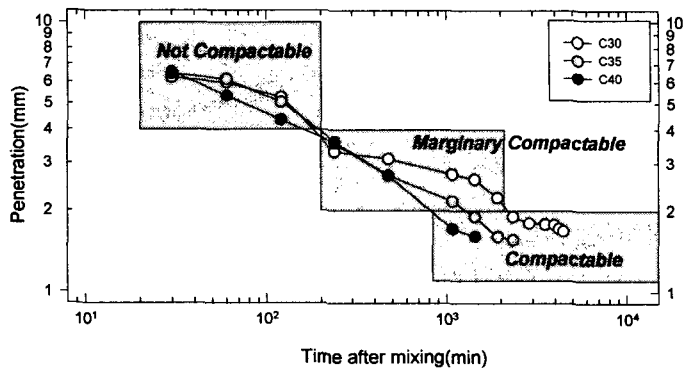


Fig 1. Relation between cement content and penetration with time

Fig 1에서 관입량이 1.6mm에서의 상태를 다짐가능상태라 규정하였다. 이 상태에서는 다짐시 다짐판과 시료가 부착하지 않으며 60g, 60°의 추를 관입시킨 경우 1mm이내의 관입량이 측정된다. 이를 통해 다짐상태의 함수비는 소성한계 이하의 함수비라는 것을 알 수 있다. 시멘트 배합비에 따라 방치시간에 따른 관입량 변화를 보면 240분을 기준으로 그 이전은 시멘트 양에 관계없이 관입량이 일정한 기울기로 변화하며 총관입량의 50%가 관입하여 어느정도의 유동성을 지니며, 240분 이후부터는 시멘트 양이 증가할수록 시간에 따른 관입량 변화율이 증가하는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 시멘트 수화의 유도기간과 관련이 있다고 판단된다. 이 구간은 시멘트에 물을 가하여 반죽하면 처음 얼마동안 자유롭게 모양을 바꿀 수 있는 유동성을 지니는 구간을 말한다. 이러한 이유는 시멘트 입자 주위에 생성되는 수화생성물에 의해 수화가 일시적으로 지연되기 때문이다. 이 구간 이후에 수화생성물에 의해 둘러싸진 코팅이 삼투압에 의해 파괴되어, 수화가 다시 재개되며 이때부터 초기응결과정이 일어난다. 본 연구에서도 이러한 과정이 폴콘시험을 통해 유사하게 나타난다. 이러한 과정을 통해 수화는 혼합물의 강도를 증진시키며 시료의 워커빌리티와 다짐성을 높여 다짐가능상태에 도달하게 한다. 이는 다짐상태를 폴콘 관입량으로 측정할 수 있는 판단의 근거가 된다.

3.2 방치시간이 압축강도에 미치는 영향

시멘트 배합비 C30, C35, C40이 다짐상태에 도달하는 방치시간은 각각 4440, 1920, 1400 분으로서 이때 다짐을 한 즉시 압축강도를 측정된 경우와 다짐 공시체를 3일, 7일, 14일간 수중양생 후 압축강도를 측정된 결과를 Fig 2에 나타냈다.

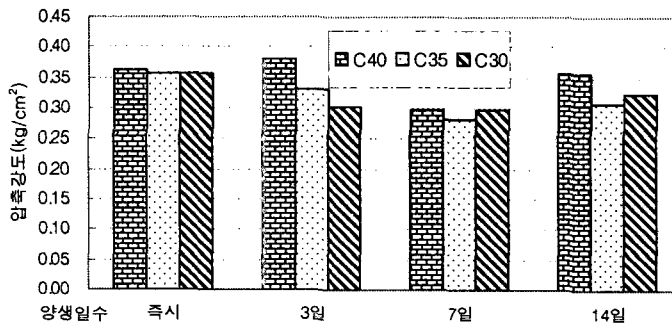


Fig.2 Unconfined compressive strength of soil-cement with time

Fig. 2를 보면 수중양생이 강도 증진에 큰 영향을 주지 않음을 알 수 있다. 수중양생 후 강도는 시멘트 양에 따라 약간의 차이는 있지만 즉시 다진 경우와 비교할 때 비슷하거나 오히려 작은 값이 측정되었다. 이는 응결과정중에 형성된 수화생성물로 인해 구조가 치밀해지고 강성이 증진되다가 다짐에 의해 입자간의 연결이 파괴되어 수중양생후에는 수화반응이 거의 일어나지 않음을 의미한다. 즉 방치시간을 다르게 하여 다짐가능상태에서 다지는 경우 시멘트 양은 개량된 흙의 강도에 크게 영향을 주지 않는다.

본 연구를 통해 제안된 고화 프로세스를 매립장의 복토재나 도로노반기층에 적용하기 위해서는 적당한 강도의 확보가 요구된다. 소요 접지압은 토질의 통과능력이나 주행저항에 큰 영향을 주므로 중요하다. 접지압은 작동하지 않은 상태에서의 사하중에 대한 하중이므로, 작업시의 하중인 활하중을 산출하기 위하여 활하중 계수 1.5를 접지압에 곱하였다. 이러한 방법으로 소요 접지압을 일축압축강도로 환산하여 연구프로세스의 적용가능성을 검토하였다. 본 연구에서 측정된 공시체의 압축강도 결과값을 보면 $0.28 \sim 0.37 \text{ kg/cm}^2$ 의 범위에 분포되어 있다. 이 압축강도 값은 무한궤도식 습지 불도우저와 습식 트랙터가 요구하는 소요압축강도 범위(각각 $0.05 \sim 0.15$, $0.15 \sim 0.36$)내에 있다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 고함수비의 농어촌 퇴적 오니의 고화처리를 위해 포틀랜드 시멘트를 사용하여 고화처리하는 경우 초기 응결 중 소요의 압축강도를 확보하기 위해 요구되는 방치시간과 시멘트 배합비와의 관계를 알아보았다.

1. 고화재의 초기 다짐성 판단을 위해 폴콘시험을 수행하였다. 관입량 측정의 오차를 줄이기 위해 추 무게를 증가시켜 관입량을 측정하였다. 혼합물의 워커빌리티와 다짐성을 고려하여 최종 관입량이 1.6mm이면 다짐가능상태 (Compactable state)라 규정하였다.
2. 시멘트 양을 줄이고 방치시간을 늘리는 것은 시멘트 양을 높여 방치시간을 줄인 경우와 비교하여 강도발현에 큰 차이가 없다.
3. 개량된 흙의 압축강도는 무한궤도식 습지 불도우저와 습식 트랙터가 요구하는 소요압축강도 범위내에 있어 현장에 적용가능하다고 판단된다.

V. 참고문헌

1. J.Mirza, M.S.Mirza, Basic rheological and mechanical properties of high-volume fly ash grouts, Department of Civil Engineering and Applied Mechanics, 2002
2. Ingles, O.G and Metcalf, J.B (1972) Soil Stabilization, Butterworths, Sydney
3. F.G. Bell, Engineering Treatment of Soils, Department of Geology and Applied Geology, 1993
4. P. Mishra and R.K. Srivastava, Geotechnical aspects of industrial waste utilization-Indian experience, Grouting and Deep Mixing, 1996, p 425-430
5. Leslie J. Struble and Wei-Guo Lei, Rheological Changes Associated with Setting of Cement Paste, 1995, Advn Cem Bas Mat, 2:224-230
6. T. Koumoto and G.T. Housby, Theory and practice of the fall cone test, Geotechnique 51.No.8.701-712