

P형 슈미트햄머의 반발도에 미치는 골재종류의 영향

Influence of Aggregate on the Rebound Value of P Type Schmidt Hammer

김 태 현* 김 기 정* 이 용 성** 이 백 수** 윤 기 원*** 한 천 구****

Tae-Hyun Kim Ki-Jeong Kim Yong-Sung Lee Bai-Shou Li Gi-Won Yoon Cheon-Goo Han

ABSTRACT

This study is intended to investigate the relationship between rebound value of P type schmidt hammer and the compressive strength with various aggregates, and a series of experiments about early strength quality control by P type schmidt hammer was performed. According to the results, the compressive strength of concrete using basalt and limestone aggregate is higher by 3% and lower by 4% than that of concrete using granite aggregate respectively. Concrete using basalt and lime stone aggregate show high rebound value in vertical strike. Estimation of the compressive strength does not show differences in horizontal strike, but the compressive strength is estimated high in order of granite, basalt and limestone aggregate in vertical strike. A good correlation between the rebound value of schmidt hammer and the compressive strength is confirmed regardless of aggregate types, so it could be possible to control the quality of concrete by P type schmidt hammer test when basalt and limestone aggregates are used at the same time.

1. 서 론

건설공사에서 구조체 콘크리트 타설 후 초기동해 방지기간의 관리, 거푸집 제거시기의 결정, 설계기 준강도 및 호칭강도의 발현 확인 등 콘크리트의 초기강도 품질관리에 있어서 정확한 압축강도의 추정 은 매우 중요한 사항이 된다. 특히 초기동해방지기간 및 거푸집제거시기는 압축강도 50kgf/cm^2 이상을 발휘하는 시기로 규정되어 있어 100kgf/cm^2 이상에서만 적용되는 N형 슈미트햄머를 이용하는 것은 적 절하지 못하다. 그러나 P형 슈미트햄머의 경우는 50kgf/cm^2 이상에서 적용되는 저강도용으로써, 초기동 해 방지기간 및 거푸집 제거시기의 결정 뿐만 아니라 기타 콘크리트의 초기강도 품질관리에 N형 슈 미트햄머의 단점을 보완하면서 유효하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

한편, 콘크리트 압축강도 추정시 슈미트햄머를 이용한 비파괴시험법은 사용재료의 요인으로 각 골 재의 물리적 성질이 다름에 기인하여 반발도에 차이가 발생할 수 있는데, 이와 관련하여 N형 슈미트 햄머의 경우는 지금까지 많은 연구가 진행되어 어느정도 알려져 있으나, P형 슈미트햄머에 대하여는 아직까지 미흡한 실정이다. 그러므로, 본 연구에서는 저강도용 P형 슈미트햄머를 이용한 초기강도 품 질관리에 관한 일련의 연구로, 반발도에 영향을 미치는 재료요인 중 골재종류 변화에 따른 P형 슈미 트햄머의 반발도와 압축강도추정식을 비교검토함으로써 P형 슈미트햄머의 의한 초기강도 품질관리 실무 에 한 참고자료를 제시하고자 한다.

* 정희원, 청주대 대학원, 석사과정

** 정희원, 청주대 대학원, 박사과정

*** 정희원, 주성대 건축공학과 조교수, 공학박사

**** 정희원, 청주대 건축공학부 교수, 공학박사

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다.

먼저, 배합사항으로는 W/C는 45, 55%의 2수준에 대하여 화강암골재를 사용한 콘크리트의 목표 슬럼프를 15±2.5cm, 목표 공기량을 4.5±1.5%가 만족하도록 배합 설계하여 타골재 배합에도 동일하게 적용하였는데, 배합사항은 표 2와 같다.

실험사항으로 굳지않은 콘크리트에서는 슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량 및 단위용적중량을 측정하도록 하였고, 경화콘크리트에서는 계획된 재령에서 타격방향별 P형 슈미트햄머의 반발도와 압축강도를 측정하였다.

표 1 실험계획

| 실험요인 | | 수준 | |
|------|-----------|----|---|
| 배합사항 | W/C(%) | 2 | 45, 55 |
| | 목표슬럼프(cm) | 1 | 15 |
| | 공기량(%) | 1 | 4.5±1.5 |
| 실험사항 | 골재종류 | 3 | 화강암, 석회암, 현무암 |
| | 굳지않은 콘크리트 | 4 | · 슬럼프, 슬럼프플로우 · 공기량, 단위용적중량 |
| | 경화 콘크리트 | 4 | · 표준양생공시체의 압축강도 (1, 2, 3, 7, 28일) · 수평 및 수직 P형 슈미트햄머의 반발도(1, 2, 3, 7, 28일) |

표 2 배합사항

| W/C (%) | 목표슬럼프 (cm) | 단위수량 (kg/m ³) | S/a (%) | AE/C (%) | 절대용적(ℓ/m ³) | | |
|---------|------------|---------------------------|---------|----------|-------------------------|-----|-----|
| | | | | | C | S | G |
| 45 | 15 | 170 | 45 | 0.45 | 120 | 299 | 361 |
| 55 | 15 | 170 | 48 | 0.3 | 98 | 330 | 351 |

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 보통포틀랜드 시멘트(비중 : 3.15, 분말도 : 3,522cm²/g)를 사용하였다. 잔골재는 인천 중구 항동에서 채취한 세척사(비중 : 2.60)를 사용하였고, 굵은 골재로써 현무암(비중 : 2.71)은 제주산, 석회암(비중 : 2.67)은 충북 제천산, 화강암(비중 : 2.64)은 충북 옥산산으로 골재최대치수 25mm인 부순 굵은골재를 사용하였으며, 혼화제는 나프탈렌계 AE 감수제를 사용하였다.

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 먼저, 콘크리트의 혼합은 강제식 팬믹서를 사용하여 KS F 8009의 규정에 따라 실시하였다.

굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402에 따라 실시하였고, 공기량 시험은 KS F 2421, 단위용적중량은 KS F 2409의 규정에 따라 실시하였다.

경화 콘크리트의 실험으로 압축강도는 실험계획된 재령에서 KS F 2405 규정에 의거 실시하였고, P형 슈미트햄머의 반발도 측정은 한 변의 길이가 20cm인 입방공시체를 제작한 후, 수직면과 수평면 타격으로 구분하여 측정하였는데, 수직면 타격시에는 시험체의 움직임에 의한 타격에너지의 산란을 방지하기 위해 25kg/cm²의 압력으로 고정된 후 측정하였다. 타격위치는 모서리에서 4cm 떨어진 위치로부터 3cm 간격으로 방산선을 그어 이루어진 25점을 대상으로 하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

표 3은 굳지않은 콘크리트의 슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량 및 단위용적중량을 나타낸 것이다.

슬럼프는 화강암을 기준으로 동일한 배합일 경우 현무암은 큰 차이가 없으나, 석회암의 경우 약간 큰 것으로 나타났다. 또한, 공기량은 골재종류에 관계없이 4.5±1.5%를 만족하였는데, 현무암골

표 3 굳지않은 콘크리트의 실험결과

| W/C (%) | 골재종류 | 슬럼프 (cm) | 슬럼프플로우 (cm) | 공기량 (%) | 단위용적중량 (kg/m ³) |
|---------|------|----------|-------------|-----------|-----------------------------|
| 45 | 화강암 | 15.4 | 27.1 | 4.3 | 2,346 |
| | 현무암 | 15.0 | 26.1 | 5.7(4.7)* | 2,337 |
| | 석회암 | 16.0 | 26.7 | 4.5 | 2,349 |
| 55 | 화강암 | 16.3 | 26.7 | 4 | 2,296 |
| | 현무암 | 16.8 | 27.1 | 5.5(4.5)* | 2,284 |
| | 석회암 | 17.0 | 28.3 | 4.1 | 2,299 |

(*) 은 골재수정계수를 적용한 값임

재를 사용한 경우가 다소 크게 나타났다. 이는 다공질인 현무암의 특수성 때문인데 골재수정계수를 적용한 공기량은 타골재와 비슷하게 나타났다. 단위용적중량은 물시멘트비가 증가할수록 공기량이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났다.

3.2 경화 콘크리트의 특성

그림 1은 W/C 및 골재종류별 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 것이고, 그림 2는 골재종류에 따른 압축강도를 산점도로 비교한 것이다.

당연한 결과로 재령이 경과할수록 물시멘트비가 작을수록 압축강도가 크게 나타났다. 골재종류에 따라 비교하면, 화강암을 사용한 콘크리트의 압축강도를 기준으로 현무암 골재의 경우가 약 3%정도 크게 나타났고, 석회암 골재의 경우는 약 4%정도 작게 나타났다. 이는 현무암 골재의 경우 표면에 노출된 유공조직에 기인하여 골재간 결합력이 크고, 시멘트 페이스트와의 결합력을 증대시켜 압축강도가 다소 크게 나타난 것으로 분석되고, 석회암 골재의 경우는 골재의 강도가 다소 작고 표면조직이 매끄러움에 기인하여 때문에 압축강도가 약간 저하한 것으로 사료된다.

그림 3은 W/C, 골재종류 및 타격방향별 재령경과에 따른 P형 슈미트햄머의 반발도를 나타낸 것이고, 그림 4는 화강암 골재를 사용한 콘크리트의 반발도를 기준으로 현무암과 석회암의 골재종류변화에 따른 타격방향별 P형 슈미트햄머의 반발도를 산점도로 비교하여 나타낸 것이다.

압축강도와 유사한 경향으로 P형 슈미트햄머의 반발도는 재령이 경과할수록 크게 나타났고, 물시멘트비가 작을수록 크게 나타났다.

골재종류별은 그림 4에서 수평면 타격의 경우 P형 슈미트햄머의 반발도는 화강암 골재를 사용한 콘크리트와 비교하여 거의 차이가 없는 경향이었으나, 미소하게는 화강암의 반발도 35~40을 기준으로 그 이하에서는 현무암 및 석회암이 크고, 그 이상에서는 작은 값을 나타내었다. 수직면 타격의 경우에는 현무암과 석회암 골재의 경우 모두 화강암 골재와 비교하

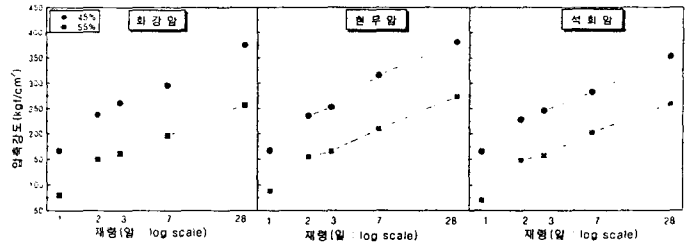


그림 1 W/C와 골재종류별 재령경과에 따른 압축강도

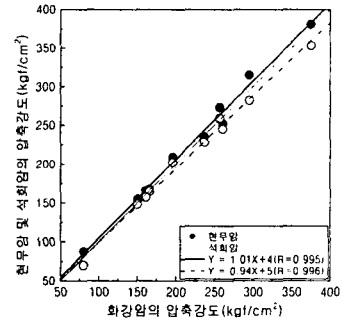


그림 2 골재종류에 따른 압축강도 비교

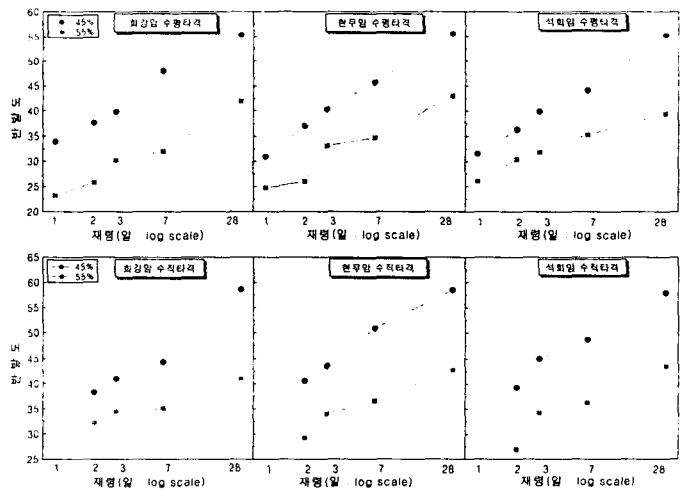


그림 3 재령경과에 따른 P형 슈미트햄머의 반발도

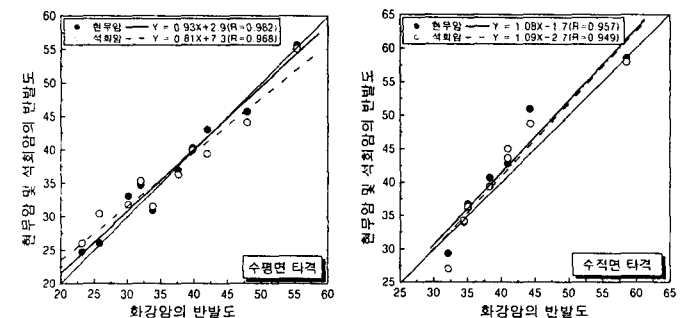


그림 4 타격방향별 골재종류에 따른 P형 슈미트햄머의 반발도 비교

여 반발도값이 약간 더 크게 나타났으나, 전반적으로 골재종류별 영향은 크지 않음을 알 수 있었다.

그림 5는 실무에서 활용할 수 있는 P형 슈미트햄머의 반발도에 의한 압축강도 추정식을 골재종류 및 타격방향별로 구분하여 산점도로 비교한 것이고, 또한 P형 슈미트햄머의 매뉴얼에 제시된 압축강도 추정식과도 비교하였다.

먼저, 타격방향에 따라 수평면 타격의 경우는 동일한 반발도에서 골재종류에 따른 압축강도간에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났고, 수직타격의 경우는 반발도 35이상 큰 반발도에서는 동일한 반발도일 경우 화강암, 현무암, 석회암 순으로 압축강도가 크게 추정되어 골재종류별 추정식을 달리 적용하면 상관성을 높일 수 있을 것으로 판단된다. 이와 같은 편차의 원인으로는 시험체제작시 다짐에 의하여 골재는 침강하므로 상부인 수평타격의 경우에는 골재의 영향이 거의 나타나지 않은 반면, 수직타격은 골재의 영향이 어느정도 반영됨에 기인한 것으로 사료된다.

본 연구에서 제시된 압축강도 추정식과 P형 슈미트햄머의 사용설명서에 제시된 압축강도 추정식을 비교하면, 타격방향 및 골재종류에 따른 모든 경우에서 본 연구에서 제시된 압축강도 추정식이 사용설명서의 압축강도 추정식보다 훨씬 높게 압축강도를 추정하고 있음을 알 수 있었다.

한편, 골재종류별 압축강도 추정식은 그래프에 제시된 것과 같은데, 골재종류별 반발도와 압축강도의 상관관계는 타격방향에 관계없이 모두 0.96이상의 매우 양호한 상관성을 나타냈다. 따라서 일반적으로 사용되는 화강암뿐만 아니라 현무암, 석회암 골재를 사용하는 경우에도 P형 슈미트햄머를 이용하면 비교적 정확하게 콘크리트의 압축강도를 추정할 수 있을 것으로 사료된다.

이상을 종합하면, P형 슈미트햄머의 반발도는 골재의 종류에 따라 약간의 차이는 있지만 큰 영향은 아닌 것으로 나타나, P형 슈미트햄머를 이용한 콘크리트 품질관리에 있어 현무암 골재를 사용하는 제주지역을 포함하여 일반적인 골재를 사용하는 모든 건설현장에서 유용하게 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

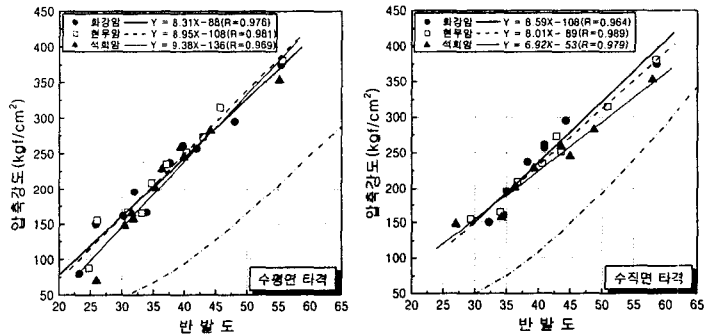


그림 5 골재종류별 P형 슈미트햄머의 반발도와 압축강도 비교

4. 결론

(1) 골재종류에 따른 압축강도는 현무암 골재를 사용한 경우가 화강암을 사용한 경우보다 3%정도 크게 나타났고 석회암 골재는 4%작게 나타났는데, 이는 골재표면의 다공질이 시멘트 페이스트와의 결합력을 증대시킨 것 및 낮은 비중, 매끄러운 조직이 강도를 저하시켰기 때문인 것으로 판단된다.

(2) 골재종류에 따른 압축강도 추정은 수평타격의 경우는 큰 차이가 없었고, 수직타격의 경우는 같은 반발도에서 화강암, 현무암, 석회암 순으로 압축강도가 약간 높게 추정되었다.

(3) 골재종류별 반발도와 압축강도의 상관관계는 0.96이상의 매우 양호한 상관성을 나타내 일반적으로 사용되는 화강암뿐만 아니라 현무암, 석회암 골재를 사용하는 경우에도 P형 슈미트햄머를 이용하여 비교적 정확한 압축강도 추정이 가능할 것으로 판단된다. 각 골재종류별 압축강도 추정식은 그림 5의 회귀식과 같다.

참고 문헌

1. 전충근, 김상우, 신병호, 황인성, 신병철, 한친구 ; P형 슈미트햄머의 반발도를 이용한 거푸집 탈형시기의 결정에 관한 타당성 검토, 한국콘크리트학회 학술발표논문집, Vol. 13, No.2, pp. 909~912. 2000.11.
2. 이백수, 한친구 ; 제주지역 골재를 이용한 콘크리트의 슈미트햄머법 비파괴시험 적용, 대한건축학회논문집, 18권 3호, pp. 91~98, 2002. 3.