

콘크리트 강도측정

반발수치 R에 영향을 미치는 요인에 대한연구

權 相 水
한서엔지니어링

1. 음속법과 슈미트 햄머법의 조합

루마니아에서는 주로 Fácáoaru 의 연구 결과를 기초로 하여 음속과 반발경도의 병용에 의한 組合 비파괴 시험법에 관한 指針을 제정하고 있다. 이하 이 지침에 의한 강도 추정법을 간단히 소개한다.

(a) 標準 콘크리트의 경우 : 즉 포틀란트 시멘트와 石英岩質川砂利 (최대 크기 30mm)을 사용하여 단위 시멘트량을 300kg/m^3 , 0~1mm의 세골재율을 12%로 한 콘크리트로써 압축 강도 추정을 위해 기초적 계산도표 (그림 1)를 이용한다.

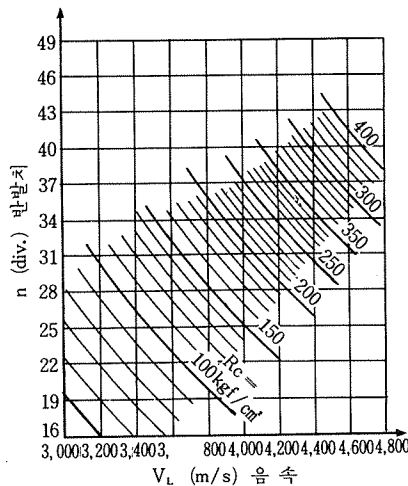


그림 1. 표준 콘크리트 강도곡선표

(b) 標準 콘크리트와 다른 경우 : 標準 콘크리트와 사용 재료의 품종 및 품질이 다른 경우는 다음에 나타난 보정계수 (C_t)를 그림 1.에 의한 추정강도에 보정을 한다.

$$C_t = C_c \cdot C_d \cdot C_a \cdot C_\psi \cdot C_g$$

여기에서 C_t : 全影響係數, C_c : 시멘트 종류에 의한 영향계수 (표-1(a) 참조), C_d : 단위 시멘트량에 의한 영

향계수 (표-1 (b)참조), C_a : 골재 종류에 의한 영향계수 ((d)항 참조), C_ψ : 골재 최대 크기에 의한 영향계수 (표-1 (c)참조), C_g : 0~1mm의 세골재율에 의한 영향계수 (표-1 (d)참조)

(c) 동일 배합의 공시체 또는 코어가 있는 경우 : 이 경우의 보정 계수 (C_t)는 다음과 같이 구한다.

1) 공시체 1개 마다 다음식에서 나타난 계수 (C_{ti})를 구한다.

$$C_{ti} = F_{ci} / F_{si}$$

여기에서 F_{ci} : 파괴 시험에 의한 강도 F_{si} : 그림 1을 이용하여 추정한 강도.

표-1. 루마니아 지침에 의한 추정 압축 강도의 보정 계수

(a) 시멘트 종류에 의한 정보계수 (C_c)

시멘트 종류	C_c
○조강 시멘트	1.09
○포틀란트 시멘트 (혼화재량 < 15%)	1.00
○고로 슬래그 혼입량 ≥ 40%	0.90

(b) 단위 시멘트량에 의한 보정계수 (C_d)

단위시멘트량 (kg/m^3)	C_d
○200	0.88
○300	1.00
○400	1.12
○500	1.20

(c) 최대골재크기에 의한 보정계수 (C_ψ)

골재최대크기 (mm)	C_ψ
○7	1.09
○15	1.03
○30	1.00
○70~80	0.96

(d) 0 ~ 1mm의 세골재량에 의한 보정계수(C_g)

0 ~ 1mm의 세골재율(%)	C _g
○ 6	0.97
○ 12	1.00
○ 24	1.06
○ 36	1.11
○ 48	1.15

2) C_{ti}의 평균치를 구한다.

$$C_t(\text{exp}) = \sum_{i=1}^n C_{ti}/n$$

3) C_{ti}(exp)와 표1를 이용하여 계산한 C_t(cal과 비교한다

① $\frac{C_t(\text{cal}) - C_t(\text{exp})}{C_t(\text{exp})} \leq 10\%$ 경우 C_t(exp)를 채택한다.

② $10\% < \frac{C_t(\text{cal}) - C_t(\text{exp})}{C_t(\text{exp})} \leq 30\%$

의 경우 평균치 $\frac{C_t(\text{cal}) + C_t(\text{exp})}{2}$ 를 채택한다.

③ $\frac{C_t(\text{cal}) - C_t(\text{exp})}{C_t(\text{exp})} > 30\%$ 의 경우

i) 구조체 콘크리트의 배합이 배합표와 다른 경우는 C_t(exp)를 채택

ii) 공시체의 형상·크기 및 재하속도가 규정과 다르거나 편심이 있는 경우는 C_t(cal)을 채택한다.

(d) 골재 종류에 따른 영향계수 구하는 방법:

3 ~ 9 개의 공시체의 비파괴 시험을 통하여 다음식에서 나타난 계수(C_a)를 구한다.

$$C_{ai} = F_{ci}/F_{si}$$

$$C_a = \sum_{i=1}^n C_{ai}/n$$

이 방법에 의한 콘크리트 강도의 추정정도는 아래와 같은 정도이다.

1) 공시체 또는 코어가 있는 경우

: ±10~15%

2) 배합 결과를 이미 알고 있는 경우 : ±15%~20%

3) 공시체도 없고 배합 상태도 불분명한 경우 : ±20%

위에서 기술한 바와 같이 음속법(pulse velocity)과 반발 정도법을 병용하면 콘크리트 강도의 추정정도가 향상될뿐만 아니라 이 비파괴 시험방법이 이미 기술자에게 널리 慣用되고 있는 실용적인 방법이기 때문에 이후 가장 유력한 비파괴 시험방법이 될 것으로 예상된다.

2. 음속과 음파 감쇄율의 조합법

GALAN, FÁCÁOARU는 음속과 음파감쇄율의 조합측정법을 이용하여 콘크리트 강도의 추정을 함으로써 음속법 단독으로 이용한 경우 보다도 추정정도가 항상 한다고 쓰고있다. 다시 말해 음속이 콘크리트의 탄성성질을 나타내고 감쇄율이 비탄성 성질을 나타낸다고 생각되기 때문에 양자의 병용은 콘크리트와 같은 비탄성 재료의 강도추정에 유효하다고 생각된다.

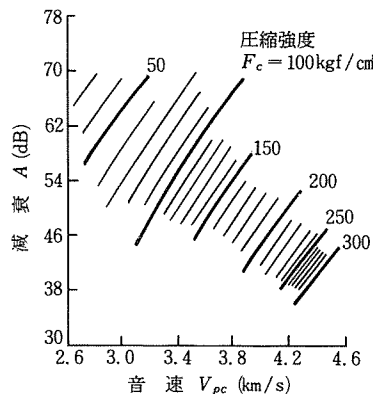


그림 2. 음속(Vpc)과 음파감쇄율(A)의 조합에 의한 압축강도(Fc)의 추정도표

음파 감쇄율은 일반적으로 오실로스코프상의 파형을 사진 촬영하여 미리 작성되어 있었던 교정곡선과 그것과를 비교하여 구한다.

FÁCÁOARU에 의한 실측결과를 그림 2에 나타낸다. 그림 2에 의하면 음속(Vpc)이 크고 감쇄율(A)이 작은 만큼 압축강도(Fc)가 커진다는 사실과 저장도 콘크리트가 강도 추정정도가 좋다는 것과 음속편이 감쇄율보다도 강도변화에 민감하다는 사실 등의 사항을 읽을 수가 있다.

또한 FÁCÁOARU는 세골재율, 골재최대크기, 콘크리트 함수율 등은 이 조합법에 의한 추정강도에 영향을 미치지 않는다고 지적하고 있다. 다만 음파 감쇄율의 측정이 꽤 곤란하기 때문에 이 방법에 대한 구조체 콘크리트의 적용성에 대해서는 현단계로서는 판단하기 어렵다.

3. 동탄성계수와 대수 감쇄율의 조합법

KESLER-HIGUCHIU 양씨는 콘크리트의 동탄성계수와 대수 감쇄율을 이용하여 콘크리트의 강도를 추정하는 방법을 제시하고 있다. 실험요인으로써 물-시멘트비, 배합비, 양생방법,

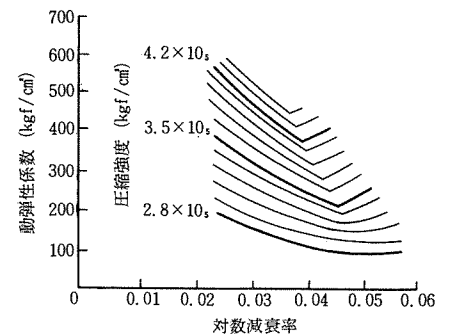


그림 3. 동탄성계수와 대수감쇄율의 조합에 의한 압축강도의 추정도표

재령등을 채택하여 총 300개의 공시체를 이용하여 실험을 한 결과를 그림 3에 나타내고 있다.

그림 3에 의하면 동탄성계수와 압축강도와와의 관계도 꼭 동탄성계수가 크다고 해서 강도가 커진다고는 말할 수 없으나 대수감쇄율에 따라 달라진다는 것을 알 수 있다. 이 방법에 의한 강도추정의 오차율 $\pm 5\%$ 정도라고 보도하고 있다.

이 조합 측정법에 대해서는 그후 꽤 많은 연구 성과가 보고 되어 있지만 구조체 콘크리트의 적용이 어려워 여기서는 단지 KESLER의 연구를 소개하는데 의미를 부여 하기로 한다.

4. 음속과 대수감쇄율의 조합법

WIEBENGA는 각주 공시체의 음속과 대수감쇄율의 조합법에 의해 콘크리트의 압축강도를 추정하는 방법을 제시했다.

그결과 이 조합법에 의한 경우의 상관계수는 0.96이 되어 음속단독에 의한 경우의 상관계수(=0.78)보다 상당히 크다는 것을 나타내고 있다. WIEBENGA는 回帰式으로써 다음식을 이용하고 있다.

$$\text{LOG}(F_c) = K_1 V_{pc} + K_2 \text{LOG}Q + C$$

여기에서

F_c : 입방체 압축강도

V_{pc} : 음속

Q : 대수감쇄율

K_1, K_2, C : 실험정수

그러나 이방법도 실험실에서 공시체만으로 사용해서 구한 것이기 때문에 구조체 콘크리트에 적용하기 위해서는 많은 시험과 연구가 뒤따라야 할 것으로 본다.

콘크리트의 조합 비파괴 시험방법으로는 위에서 적은 바와같이 각종의 방법이 제안되고 있지만 이들중 실용성 및 추정정도의 점에서 가장 우수한 방법은 음속법과 슈미트햄머법의 조합측정방법일것이다. 이조합 측정법에 관해서는 이미 루마니아에서는 많은 연구성과가 보고되어있고 표준시험법으로써 규격화까지 되어 있지만 우리나라에서는 이분야 연구성과가 거의 없는 실정이다. 루마니아와 우리나라는 사용골재의성질, 콘크리트의 배합방법 등이 다르기 때문에 이 방법을 우리나라에서 실용화 내지 표준화하기 위해서는 광범위한 실험을 거쳐 각종 요인의 영향을 정량화함과 동시에 구조체 콘크리트의 적용성에 관한 자료를 조속한 시일내에 축적할 필요가 있을 것이다. 또한 음속법과 슈미트햄머의 조합법 이외에 구조체 콘크리트의 강도 추정에 적용가능한 방법으로 인발법, 화학분석법 등이 있고 이후는

이들 모두를 합친 3종류 이상의 조합 비파괴 시험법에 대해서도 검토할 필요가 있을 것이다.

5. 이후의 전망과 문제점

이상과 같이 本稿에서는 콘크리트의 비파괴 시험법에 관한 연구의 동향에 대해서 개설했지만 이후의 비파괴 시험의 방향으로서도 조합측정법, 그중에서도 특히 음속법과 슈미트햄머법에 관한 시험방법을 상세히 규정하여 이 조합법에 의해 강도를 판정하는 방식이 채택이 될 가능성이 크다고 생각된다. 그리고 슈미트햄머법에 대해서는 어느정도 국내의 연구소 및 각사의 시험실 등에서 사용되고는 있으나 이후부터는 각 측정기기의 적용범위 극조기재령 및 장기재령하에서의 반발경도의 보정치, 각종요인의 정량적 평가방법등에 대해서 재검토할 필요가 있다. 한편 음속법에 대해서도 아직 우리나라에서는 기준이 될만한 시험방법이 규정되어 있지 않기 때문에 조속히 측정방법의 통일을 꾀함과 동시에 각종 요인의 영향을 정량적으로 파악할 필요가 있다. 또한 조합법에 대해서는 콘크리트 강도의 추정식, 추정정도, 적용범위 등에 대해서 검토함과 더불어 구조체 콘크리트의 적용성 검토가 이후의 중요한 과제일 것이다.