콘크리트 구조물을 위한 非破壞 試驗法

權 相 水
한서엔지니어링
개척담당 (252. 5144)

1. 타격방향

타격방향은 수평으로 타격하는 것이 원칙으로 되어 있지만 구조물의 사정에 따라 이것 외의 방향으로 행하지 않으면 안되는 경우가 많다.

E. SCHMIDT[1] 및 J. KOLEK[2]에 의하면 그림 2 의 상태에서 마찰을 무시하고 또한 경사각에 의한 스프링 상수에 변화가 없는 것으로 가정하면

$$R_o = R \left\{ \frac{n_1 - 2W\sin\frac{1}{R_\alpha}}{n_1 - 2W\sin\alpha} \right\}^{\frac{1}{2}} \cdots\cdots(1)$$

로 나타내고 있다.

여기서

R_o = 수평방향의 반발수치 R

R_α = 수평과각을 갖는 방향에 대한 반발수치 R

n = 스프링 상수

1 = 타격직전의 스프링의 늘어난 길이

W = 중추(HAMMER MASS) 중량

실험에 의하면 대체로 이식을 적합하다고 하는 많은 보고가 있다.[3]

슈밋트 햄머 N Type에 대해서는 표 1 의 수치가 PROCEQ S.A. 의 취급설명서 (1977년판)에 나타나 있고 또한 ( )내의 수치는 DIN의 소수 이하를 없에버린 보정치이다.

각도α 의 경우반발치 (R_α)	각도α에 대한 수정치			
	上 向		下 向	
	+90°	+45°	−45°	−90°
10			+2.4	+3.2
20	−5.4 (−6)	−3.5 (−4)	+2.5 (+2)	+3.4 (+3)
30	−4.7 (−5)	−3.1 (−3)	+2.3 (+2)	+3.1 (+3)
40	−3.9 (−4)	−2.6 (−3)	+2.0 (+2)	+2.7 (+2)
50	−3.1 (−3)	−2.1 (−2)	+1.6 (+1)	+2.2 (+2)
60	−2.3 (−2)	−1.6 (−2)	+1.3 (+1)	+1.7 (+2)

표 1. N형 슈미트햄머에 의한 타격방향의 수정치, ( )의 수치는 DIN규정치

2. 압정력

20센치 입방체의 공시체에 의해 반발경도를 측정할 때 그 압정 상태에 따라 반발수치 R가 변한다. 실험 결과에 의하면 압정력이 적은 만큼 R (반발수치)는 적어진다. 그림 3 을 참고로 하여 일본 재료학회의 지침안의 보정치가 정해졌다. 한편 ϕ 15×30센치의 공시체의 측면을 타격하였을 때 반발치가 일정하게 되는 응력은 공시체에 따라 달라 25~60kg/cm² 으로써 그것은 압축강도의 약 15%가 된다고 한다.[4]

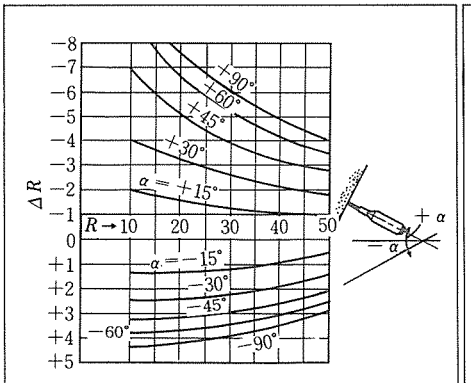

그림 1. 타격방향의 보정치 ⊿R

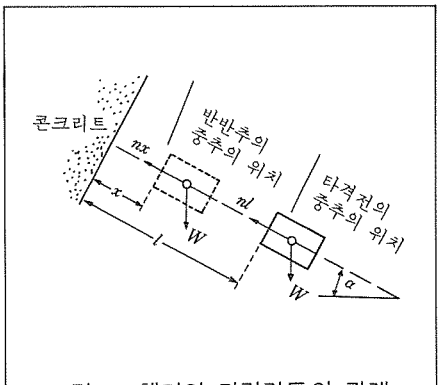

그림 2. 햄마의 타격각도의 관계

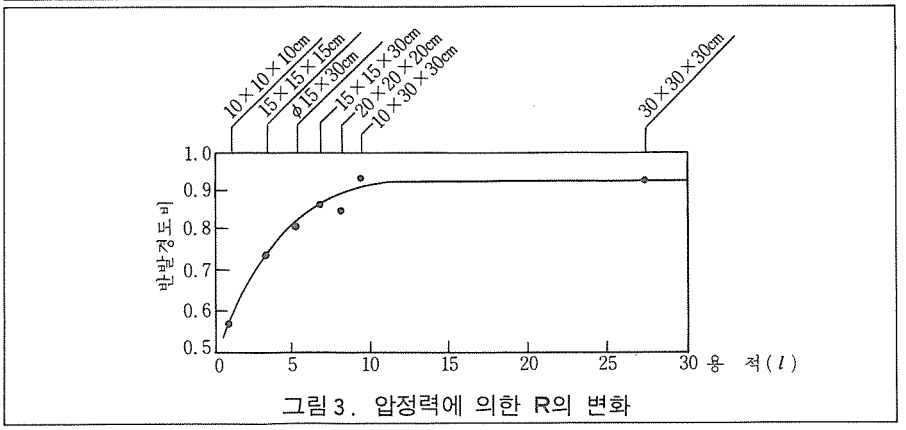

그림 3. 압정력에 의한 R의 변화

3. 공시체의 용적

공시체를 압정하지 않고 강고한 콘크리트 바닥등에 놓고 하향타격을 하였을 때 공시체의 용적에 의해서 반발치 R가 변한다.

그림 4 는 (필자가 1982년 8 월부터 10월까지 2 개월간에 걸쳐) 서울시 토목시험 연구소(현, 건설자재시험소)에서 실험한 결과로 공시체의 용적이 10 ℓ를 넘게 되면 반발치 R는 일정하게 된다.

4. 부재의 두께

부재의 두께가 얇아지면 반발치가 적어진다. ASTM C 805에서도 10cm 이하의 두께를 가진 벽이나 또는 한변의 길이가 15cm 이하의 단면을 가진 기둥 등 굵기가 작고 지간이 긴 부재는 시험을 피하는 것으로 되어 있다.

5. 측정면의 상태

반발치R의 측정은 형틀에 접해있던 평활한 면에 행하는 것이 원칙적으로서 타격면이 모르타르로 덮인 매끄러운 면을 선정해서는 안된다. 타격점의 바로 밑에 조골재 및 VOID가 있을 경우는 타격음 등으로 판단하여 그 지점의 수치는 버려야 한다.

일본 재료학회의 지침안에서는 그 편차가 평균치의 ±20% 이상이 되는 수치 또는 ASTM에 있어서는 평균치에서 반발수치 7 이상 벗어나는 수치는 버리는 것으로 되어 있다. 형틀이 철제라든가 목적인가에 의해 반발치가 변한다고 GREENE[5] 이 지적하고 있다. 흙손으로 마무리되었다든가 금속 형틀에 접해있던 면은 목재 형틀에 접해있던 면보다도 반발치 R가 10~25%정도 커졌고 특히 그 만큼 강도가 커졌다. ASTM에서도 형틀제거후 표면을 연마한 경우 전체적으로 합판 형틀한 경우보다 2.1, 고밀도 합판 형틀을 한 경우보다는 0.4정도의 반발치가 증대한다. 한편 목재 형틀이라도 충분히 기름을 발라두거나 또는 강제와 같은 정도의 평활성이 있다면 양자가 반발치 R과 강도와의 검정곡선에 있어 차이가 거의 없었다.[6]

콘크리트의 곡면의 영향에 대해서는 만일 15×30센치의 원주 공시체를 정압하여 그 측면에서 반발치R을 측정하여 검정 곡선을 작성하는 경우에는 평면 콘크리트와는 차이가 생겼다. 전체의 조건을 동등하게 한 후 20센치 입방체(정육방체)와 15×30센치 원주체와의 측면에서 반발치 R을 측정하여 그 차이를 표 2 에 나타냈다.

표 2. 평면과 곡면에의한 R의 상위

W/C(%)	20cm 입방체의 측면	15×30cm 원주체의 측면
50	45.1	43.7
60	43.4	39.2

6. 건습의 영향

충분하게 양생한후 건조시킨 공시체를 일시적으로 습윤하게 하면 R가 저하한다. ZOLDNERS[7] 에 의하면 표면만을 건조하게 하고 내부를 포수상태로 하면 반발치 R은 약 5 정도가 저하하고 이것을 또한 氣乾 상태로 되돌려 놓으면 3 일만에 반발치 R가 3 정도, 7 일간에 반발치 R가 5정도 회복하였다. 그러나 Young Concrete는 이러한 차이를 거의 보이지 않았다. 콘크리트는 氣乾 상태로 있다가 일시적으로 습윤한 상태로 되면 강도가 저하되고 또한 반발치R도 저하한다. 이것이 검정곡선에 미치는 영향에 대해서는 양자가 같이 저하하기 때문에 표면건조의 영향을 과대시할 필요가 없다고 보여지며 표 3 에 이것을 나타내고 있다. 한편 濕空 양생한 것과 水中 양생한 것으로 동일 강도에 대하여 반발치 R의 차가 6~8 정도이고 또한 지침안에서도 연속수중 양생의 것은 반발치R의 측정치에 5 를 더 가산하여 검정곡선에 적용한다.

ASTM에서는 건조와 탄산화의 영향을 적게하기 위해 시험전 24시간전에 표면을 충분히 습윤하게 한뒤 시험하는 것을 권장하고 있다.

7. 장기 재령의 영향

수년을 경과하여 건조상태로 있었던 콘크리트는 탄산화로 인하여 경도가 상당히 커져 있기 때문에 콘크리트의 강도와 경도는 정비례를 하지 않는다. 만일 그 반발치를 그대로 이용하여 강도를 추정하면 이상 과대치가 된다.

GAEDE 및 SCHMIDT[8] 에 의하면 (2)식에 나타난 α_t를 구하기 위해 5 개의 실험에 대하여 정리한 것이 그림 5 로써 꽤 산만하게 분포되어 있어 명확한 것이 판명되지 못했다.

더우기 슈밋트는 재령 6 개월 이상의 콘크리트의 표면부분의 반발치R와 10㎜ 연마한 부분의 반발치R를 입방체 강도와의 관계를 조사하여 그림 6 에서 나타내고 있다. 이것에 의하면 재령의 영향을 상당히 좁힐 수 있다.

BS 4408, PART 4 및 RILEM(국제 재료구조 시험연구 기관연합)의 Recommenclation도 재령의 보정치 α_t를 재령 3 개월 이상의 콘크리트에 대

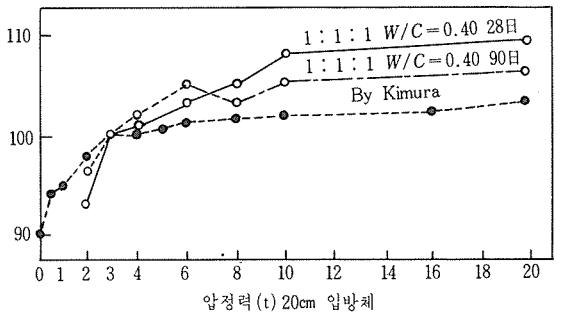

그림 4. 공시체의 용적과 반발경도비와의 관계

표 3. 공시체의 건습의 영향

配合	W/C(%)	狀態	強度 (kg/cm²)	R
1 : 1.5 : 3	50	乾	>500	45.5
		濕	>500	42.0
1 : 1.5 : 3	55	乾	368	39.3
		濕	386	38.4
1 : 2 : 4	60	乾	469	40.6
		濕	458	34.3
1 : 2.5 : 5	70	乾	275	33.6
		濕	258	33.6
1 : 2.5 : 5	70	乾	334	35.0
		濕	319	34.9
1 : 2.5 : 5	75	乾	307	34.6
		濕	292	33.3

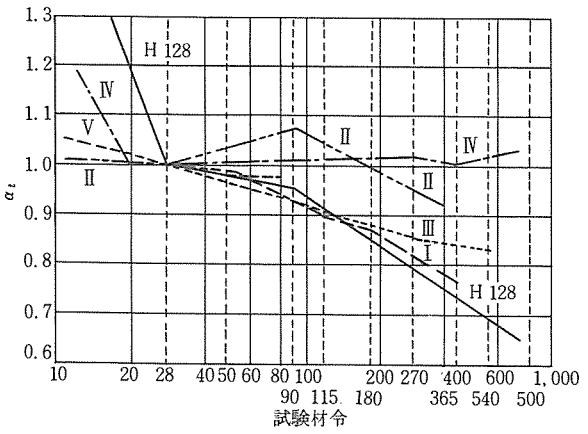

그림 5. 시험재령의 영향을 고려한 수정치

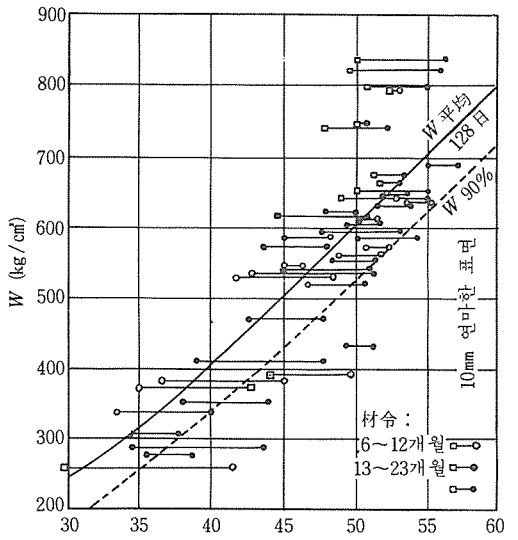

그림 6. 표면을 10mm 연마한 경우와 하지 않을 경우의 비교

해서 규정한 것은 그렇게 신뢰할만한 것이 못된다고 한다.

이상의 것에서 장기재령의 영향을 제거하기 위해서는 콘크리트의 표면을 10mm정도 연마하여 조골재에 PLUNGER(슈밋 트 햄머의 첨단부분)가 직접 닿지 않도록 주의하여 R(반발치)를 구하면 된다. 또 ASTM에서는 재령 6개월 이상의 콘크리트에 대해서는 약 5mm정도 연마할 것을 권장하고 있다. 연마하지 않고 반발치 R을 구했을 때는 추정강도에 재령에 의한 보정계수를 계산에 넣어야 한다. 독일에서는 DIN 4240에 의한 FEDER HAMMER에 의해 강도 W28을 추정할 때 재령이 n일이라면

$$W_n = \alpha_t \cdot W_{28} \quad \cdots\cdots (2)$$

여기에서

W_n=재령 n일의 입방체 강도

α_t=시험 재령에 의한 보정 계수로 표 4 에 나타나 있다.

표 4 의 수치는 슈밋트 햄머의 경우에도 동일하게 적용 참고가 될 것이다.

표 4. α_t의 수치

材合n(日)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1,000	3,000
α_t	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.63

8. 온도의 영향

0 °C 이하에서 콘크리트가 얼어 있으면 대단히 높은 반발치 R을 나타내기 때문에 해빙한 후에 시험해야 한다. 또 햄머자체의 온도도 −180°C가 되면 반발치 R가 2 내지 3 정도 작아진다.[9]

지각없는 외제선호 뿌리썩는 경제질서