



콘크리트 強度推定을 위한 非破壞 試驗方法 MANUAL (I)

金 孟 起

〈雙龍洋灰工業(株)仁川事業所 品質管理室長〉

目	次
1. 序 論	
1. 1 概 說	
1. 2 本書의 目的과 適用범위	
2. 強度推定을 위한 非破壞試驗法	
2. 1 關連하는 研究의 概要	
2. 2 強度推定上의 留意事項	
3. 各種 試驗方法	
3. 1 反發度法(슈미트 함-마法)	
3. 1. 1 總則	3. 2. 4 強度의 推定
3. 1. 2 測定方法	3. 2. 5 結果정리
3. 1. 3 영향因子	3. 3 反發度法과 超音度傳搬速度法의 複合法
3. 1. 4 強度의 推定	3. 3. 1 總 則
3. 1. 5 結果정리	3. 3. 2 測定方法
3. 2 超音波傳搬速度法(音速法)	3. 3. 3 強度推定式의 作成
3. 2. 1 總 則	3. 3. 4 영향因子
3. 2. 2 測定方法	3. 3. 5 強度의 推定
3. 2. 3 영향因子	3. 3. 6 結果정리
	4. 結 論
	付錄 1 DATA SHEET의 一例
	付錄 2 콘크리트 비파괴 시험에 관한 共同 實驗結果
	付錄 3 内外의 關連規定類

1. 序 論

콘크리트 구조물의 施工管理와 既設建築物의 耐力判定을 위하여 구조물의 강도를 확인 할 필요가 발생한다. 이와같은 경우 直接的으로 구조물 自體로부터 뽑은 콘크리트 코아의 압축강도 시험을 하게되지만 코아의 採取

가능한 場所와 採取個數에는 自然히 限度가 있다. 그 경우 여러번 콘크리트 강도 추정을 위한 各種의 非破壞시험법이 併用된다. 그러나 現在 콘크리트 강도추정을 위한 非破壞시험에 관해서는 適當한 Hand Book도 없으며 적용방법은 시험자마다 各각이여서 추정강도의 信賴性에 대해서는 대단히 걱정되는 부분이 있다.

이 Manual은 그와같은 사정을 배경으로해서 4년 6개월간 공동시험을 포함한 일련의 調査研究 결과에 근거해서 집대성한 것이다.

1. 1 概 說

콘크리트구조물의 施工管理와 既設콘크리트 構造物의 耐力判定 등을 하기 위해서는 그러한 構造物의 콘크리트 強度를 알 필요가 있다. 施工中の 구조물에 있어서는 미리 採取해 둔 콘크리트 供試體의 압축강도시험에 의해서 강도관리를 하는것이 通例이지만 채취가능한 콘크리트 供試體의 個數에는 한계가 있다. 또한 구조체 콘크리트와 공시체 콘크리트에서는 施工조건과 養生조건의 차이때문에 반드시 兩者의 강도가 완전히 對應하고 있다고 할 수 없다. 이와같은 경우 구조체 自身의 콘크리트 강도를 非破壞的으로 알 수 있다면 정말로 편리하며 그 測定자료는 구조체 콘크리트 강도의 發現狀況의 確認이 가능하며 그 결과 거푸집 脫型時期 判定등에 활용가능하다.

한편 既設콘크리트 구조물의 경우는 미리 준비한 강도시험용 콘크리트 供試體등은 없는 것이 보통이어서 콘크리트 강도 確認에는 구조체로부터 직접 뽑은 코아의 강도시험에 따르는 것으로 된다. 그러나 코아의 採取가 가능한 장소는 Slab, 壁등 구조체의 극히 일부에 한정되며 또한 채취 個數에도 한계가 있다. 이와같은 경우에도 強度推定을 위한 非破壞시험을 병행하여 실시해서 구조체 콘크리트 강도에 관한 보다 많은 情報를 얻을 수 있다면 정말로 편리하다.

強度推定을 위한 비파괴시험은 Precast제품의 品質管理의 補助手段으로서 혹은 Pre stressed Concrete의 Pre stress 도입時期 判定手段으로서도 활용할 수 있다. 이와같이 콘크리트인 경우 강도추정을 위한 非破壞시험의 범위는 매우 넓지만 반대로 現在 우리나라에서 실용되고 있는 各種 콘크리트 非破壞試驗法이 생각한 바와같이 올바르게 적용되는가 아닌가

에 대해서 생각해보면 대단히 걱정되는 부분이 있다. 非破壞시험법의 안이한 적용은 어떤때에는 잘못된 판단을 유도하는 것 뿐만아니라 그로인하여 중대한 구조물 사고를 일으키는 것으로도 된다. 그때문에 여기에 강도추정을 위한 비파괴시험의 Manual을 제시하고 대부분의 방법을 도식하는 것으로 하였다. 또한 콘크리트 以外の 재료에 대한 非破壞試驗의 現狀에 대해서 한마디만 언급한다. 콘크리트 以外の 材料에 대한 비파괴시험은 예를들어 재료 내부의 결함 探査와 재료의 動的特性(動彈性계수 등)의 測定, 혹은 두께의 測定 등에 적용되는 것은 일반적이며 콘크리트 경우와 같이 강도의 추정에 이용되는 것은 거의 없다. 파괴시키지 않으면 알 수 없는 강도를 파괴하지 않고 推定하려고 하는 것은 처음부터 무리한 이야기이며 콘크리트의 경우와 같이 강도추정을 목적으로 하는 非破壞試驗은 매우 異例的이다. 이것은 콘크리트 제조에는 아직 많은 手工業的인 부분이 남아 있어서 그 強度管理가 곤란하다는 것이 背景에 있기 때문이다.

1. 2 本書의 目的과 적용범위

本書의 目的은 콘크리트 강도추정을 위한 非破壞試驗에 관한 實用資料를 제시하는 것에 있다. 뒤에서 설명하는 것과 같이 強度推定을 위한 非破壞試驗法에는 多種多樣的의 것이 있다. 그러나 여기에서는 現시점에서 가장 實用的이라고 생각되는 反發度法(슈미트 함-마法), 超音波傳搬速度法(音速法) 및 兩者의 複合法인 3가지를 선택해서 그러한 것을 적용할 경우의 要領, 留意事項 등을 제시하는 것으로 하였다. 또한 本書에서 대상으로하는 콘크리트는 압축강도 범위가 대개 $100\text{kgf}/\text{cm}^2 \sim 600\text{kgf}/\text{cm}^2$ 의 건축용 콘크리트에 한정하는 것으로 하였다. 강도가 이 범위에서 벗어나는 것, 大粒徑(最大치수; 40mm를 넘는것)의 粗骨材를 사용한 콘크리트 및 高溫·高壓養生 등의 특수양생을 한 콘크리트 등에 대해서는

實驗資料가 미흡하고 여기에 Manual로서 제시하는 것에는 포함되지 않았기 때문이다.

또한 火害를 받은 구조물의 경우 콘크리트 物性은 그렇지 않은 콘크리트의 物性과는 크게 相違하기 때문에 本書에서 설명하는 강도 推定手法을 그대로 적용할 수 없다. 이러한 콘크리트 強度推定에는 別途調査가 필요하다.

콘크리트 강도를 추정할 경우에는 비파괴시험의 결과에 따르는 것은 극히 위험하다. 현시점에서는 強度推定精度라는 점에서 충분히 만족가능한 비파괴 시험방법이 없기 때문이다.

非破壞試驗法의 적용에 직면해서는 반드시 압축강도시험용 콘크리트 供試體 또는 뽑은 코어를 준비해서 이러한 압축강도를 구해서 비파괴시험에 의한 강도추정 경우의 指標로 하는 것에 유의하지 않으면 안된다. 具體的인 要領에 대해서는 以下の 各 項에 詳述한다.

2. 強度推定을 위한 非破壞 試驗法

2. 1 關連하는 研究의 概要

콘크리트 非破壞試驗法에 관한 研究는 1934年 경에 시작되어 現在에 이른다. 그동안의 研究手法, 目的 등은 매우 多樣하다. 表 2. 1. 1에 그 개요를 나타내었다. 다만 表 2. 1. 1 에는 시험목적이 강도를 추정하는 것 뿐만 아니라 探傷: 鐵筋探查 등을 목적으로 하는 것도 함께 제시하고 있다. 콘크리트 強度를 推定하기 위한 것으로서 대표적인 것은 表 2. 1. 1 중의 타격법, 진동법 및 복합법의 3가지 일것이다.

타격법에 관한 研究는 가장 오래되고 이미 1934년 경 부터 영국, 독일, 소련 등에서 해오고 있다. 1948년에는 Schmidt가 Schmidt Hammer를 고안해서 현재 온 세계에서 널리 實用되고 있다. 슈미트 함-마의 적용에 관해서는 內外에서 이미 規準, 指針 등이 책정되어 있으며 日本材料學會의 指針案과 東京都 건축 재료 검사소의 試案등이 있다. 이 슈미트 함-마法에 대해서는 뒤에 자세하게 설명하지만 단

독으로 安易하게 사용한 경우의 強度推定精度는 반드시 만족한 것이라고는 할 수 없다.

振動法은 表 2. 1. 1 에 제시한 것과 같이 共振法과 音速法이 있다. 그러나 共振法은 적용가능한 供試體의 形狀, 크기에 제약이 있어 구조체 콘크리트의 강도추정에는 적합하지 않다. 이것에 비하여 音速法은 그와같은 제약이 없어 구조체 콘크리트에 적용가능하다.

音速法에는 表 2. 1. 1에 제시한 것과 같이 超音波法(자세하게는 超音波 傳播速度法), 충격파법, 位相法 등이 있다. 이러한 것중에서 초음파법은 적용주파수가 높고(약 50~100KH₂) 音波의 指向性(특정의 방향에 직진하는 성질)이 있어서 재료내부의 探傷도 가능하며 測定機器로도 이미 數種의 市販品이 있어서 實用的이다. 초음파법에 의한 비파괴시험의 연구는 1945년 경에 시작되는데 1948년 Jones가 초음파의 음속과 휨, 압축 등의 콘크리트 강도와 의 관계를 조사하여 강도추정의 가능성을 논한 뒤로 급격하게 研究例가 증가해서 1950년대에는 內外에서 다수의 연구 보고를 볼 수 있게 되었다. 이러한 동안 Whitehurst의 연구는 ASTM規準에 채택되어 있다. 그러나 超音波 音速法은 콘크리트 강도의 推定精度라는 점에 어려움이 있기때문에 뒤에 설명하는 複合法의 개발에 이르러서는 일단 연구는 중지되었다. 또한 초음파 음속법의 시험요령에 대해서는 前述의 ASTM 規準, BS規準등이 있지만 어느것도 강도추정의 구체적인 手法에 대해서는 제시되어 있지 않다.

복합법, 요컨대 2종류 이상의 비파괴 시험법을 併用하는 強度推定法은 1953년의 Kesler, 桶口에 의한 動彈性 계수와 對數減衰率의 併用の 例가 있다. 그러나 이 方法은 實施구조물의 콘크리트에는 적용하기 곤란하며 동탄성계수와 對數減衰의 어느것도 共振振動 시험에 의해 구하는 物理量이기 때문에 엄밀하게는 複合法이라고는 말할 수 없을지도 모른다.

구조물 콘크리트에 적용가능한 복합법의 연

표 2. 1. 1 콘크리트의 非破壞試驗法의 種類 및 특징

種 類		측 정 내 용	적 용 범 위	특 징	결 점	비 고	
타 면 硬 度 法	表面 硬度 法	落下式 함-마법 용수철 함-마법 回轉式 함-마법 Pist이 鋼球타격 법 등	左記의 각종기기를 사 용해서 콘크리트 표면 을 타격해서 움푹 들어 간 깊이, 直徑, 면적 등 을 測定	壓縮強度의 推定	• 測定이 비교적 용이 • 被測定物의 形 狀, 크기에 관 계없이 적용가 능함	• 測定部位가 콘크 리트의 表層 부에 국한된다. • 동일개소에 거 듭 적용할 수 없음	최근 그다지 사용되 지 않음
	反 發 度 法	슈미트 함-마법	左記의 機器에 의해 콘 크리트 표면을 타격해 서 그 反發度を 측정	壓縮強度의 推定	• 測定이 간편 • 被測定物의 形 狀·크기에 관 계없이 적용가 능함	上 同	• 가장 많이 사용 됨 • 슈미트 함-마의 기종은 豊富 보통 콘크리트用 : N, NR형 경량콘크리트用 : L형 저강도 콘크리트用 : P형 Mass 콘크리트用 : M형
振 動 法	共 振 法	縱共振法 횡共振法 비틀共振法	特定形狀, 크기의 콘크리트 공시체의 共振振動數 : 對 數減衰率 등의 測定	• 動的特性(동탄성 계수, 동전단탄성 계수, 동포아손비 등)의 측정 • 동결응해 저항성 의 측정 • 압축강도의 추정	• 측정은 비교적 간 편 • 동일공시체에 반 복해서 적용가능 함	• 被測定物의 形狀, 크기에 제약이 있 다. • 動的特性을 단독 으로 사용한 경우 강도추정 精度는 그다지 좋지않다 (복합법 참조).	이미 JIS, ASTM 등 에서 규격되어 많이 사용되고 있음
	音 速 位 相 法	超音波法 충격파법 位相法	• 초음파 Pulse(縱波)의 傳搬속도 측정 • 충격파(縱波, 橫波)의 傳搬속도의 측정 • 表面波의 傳搬속도 측정	• 콘크리트의 두께 측정 • 콘크리트의 内部 결함의 추정 • 동탄성계수의 측 정 • 압축강도 추정	• 被測定物의 형상, 크기에 그다지 제 약이 없다. • 동일개소에 반복 적용가능함	• 사용주파수가 높 게 되는만큼 指向 性は 좋게 되지만 음波의 減衰가 크 게된다. • 단독으로 사용한 경우 강도추정 精 度는 그다지 좋지 않다.	• 초음파법은 최근 잘 사용되지만 충격파 법 및 位相法은 그 다지 사용되지 않는 다.

種 類		측 정 내 용	적 용 범 위	특 징	결 점	비 고
複 合 法	音速 슈미트 함-마法	초음파 音速과 슈미트 함-마 反發度 測定	압축강도의 推定	音速法 · 슈미트 함-마를 단독으로 사용하는 경우보다도 추정정도가 좋다.	강도판정식이 확립되어 있지 않다.	강도추정 정도의 향상을 기할 수 있어 유망시되고 있다.
	音速, 音波減衰率法	超音波의 음속과 減衰率 測定	압축강도의 추정	音速에 의한것보다도 강도추정 精度가 좋다.	減衰率의 측정이 곤란	研究단계
	動彈性계수, 對數減衰率法	動彈性계수와 對數減衰率의 測定	압축강도의 推定	動彈性계수에 의한 것보다도 강도추정 精度가 좋다.	被測定物의 형상, 크기에 제약이 있다.	최근 그다지 사용되지 않고 있다.
局 部 破 壞 法	貫入法 シンピ함-마法 스ヒットピン法 ウインサーフローブ法	貫入깊이의 測定	압축강도의 추정	測定이 비교적 용이	• 화약을 사용하기 때문에 위험 • 시험후보수가필요	日本에서의 사용예는 그다지 볼 수 없다.
	뽑기법 말뚝 · bolt 등의 뽑기	콘크리트중에 묻어둔 말뚝 · 볼트 등의 뽑기 耐力 測定	압축강도의 추정	강도推定精度가 비교적 좋다.	• 콘크리트 타설전에 준비를 필요로 한다. • 시험후보수가필요	소련에서 이미 규격화되고 미국에서도 규격화 되고 있다.
	국부 압축법 —	φ15mm정도의 강관에 의한 국부압축 耐力測定	압축강도의 추정	강도推定精度가 비교적 좋다.	• 실시가 약간곤란 • 시험후보수가필요	적용예는 많지 않다.
電 氣 法	전기저항법 誘電率法 自然전극 電位法	• 전기저항의 測定 • 誘電率의 測定 • 자연전극전위의 측정	• 콘크리트의 두께, 밀도, 함수율 등의 측정 • 콘크리트중의철근 부식 상황의 추정	• 측정은 비교적 용이 • 동일개소에 반복 적용 가능함	측정精度는 그다지 좋지않다.	연구단계에 있기 때문에 적용예는 비교적 많지않다.
	磁氣法 ベコメータ法 カベメータ法 등	철근存在에 의한 磁氣의 변화	鐵筋探査	• 측정은 비교적 용이 • 동일개소에 반복 적용 가능함	• 過鐵筋의 경우 探查가 곤란 • 깊은 위치에 있는 철근에는적용곤란	市販기기도 있고 상당히 넓게 실용되고 있다.
放 射 線 · 中 性 子 法	방사선법 • X선법 • r선라디오 그라피法 • r선라디오 메트리法	방사선 透過狀況의 撮影	• 내부결함의 探査 • 鐵筋探査	• 콘크리트 내부상황이 직접 관찰가능하다.	• 방사선에 의한 위험이 따른다. • 장치가 대형	방사선 중성자 등의 취급에 제한이있으며 그다지 실용되고 있지 않다.
	中性子法 • 中性子함수량 측정법 • 中性子活性化 分析法	中性子減衰狀況의 測定	• 콘크리트의 함수량 추정 • 단위시멘트량의 추정	測定精度가 비교적 좋다.	• 위험이 따른다. • 장치가 대형	

기 타 法	Micro-wave 吸收法	波長0.3~300mm의 micro-wave의 水에 의 한 減衰率의 測定	콘크리트 含水율의 측정	측정이 비교적 용이	추정 정도는 반드시 충족되는 않는다.	研究단계
	表面吸水法	콘크리트 표면에 붙은 水 (水深 約 20cm)의 흡수속 도와 흡수량의 測定	공극율로부터 동결 융해 저항성을 추정	특별한 機器를 필요 로 하지 않는다.	水平部材上面에만 적용가능 하다.	적용에는 적다.
	水和度, 공극율法	水銀壓入法에 의한 공극율 과 화학분석법에 의한 水和度 測定	압축강도의 추정	• 콘크리트편이 있 다면 강도추정이 가능 • 강도추정 정도가 좋다.	측정이 곤란	연구 단계
	アコースティック, エミッションソ法	載荷에 따른 콘크리트 내부 의 Crack발생 음의 計測	• 콘크리트 품질의 추정 • 재하 이력의 추정	カイザー-効果を 이 용해서 그 콘크리트 의 과거 재하이력을 추정 가능함	• 測定이 곤란 • 측정 장치가 高價	연구 단계

구로서는 1960년 후반부터 시작된 超音波傳
搬速度와 슈미트 함-마 反發度を 併用하는
것이 있으며 Wiebenga, Fâcôaru, 谷川・山
田・小阪 및 尼崎・明石의 연구가 있다. 어느
것도 超音波傳搬速度 또는 슈미타 함-마의
反發度を 단독으로 사용하는 것보다도 兩者의
측정치를 複合해서 콘크리트 강도를 추정하는
편이 강도추정 情報가 향상한다는 것을 명확
하게 하고있다. 이때문에 루마니아에서는 이
미 이것에 관한 試驗指針이 책정되어 있으며
RILEM에서도 현재 복합법에 의한 콘크리트
강도추정의 規準作成 준비중이다.

上記 3가지의 강도추정을 위한 非破壞試驗
法 이외에 表 2. 1. 1에 제시한 뽑는 방법, 요
컨데 콘크리트중에 묻은 양카볼트 등의 금속
기구의 뽑는 耐力으로부터 콘크리트 강도를
추정하는 방법이 있다. 이러한 方法은 局所의
이라고는 하지만 콘크리트의 一部를 손상시키
게 됨으로 엄밀히 말해서 비파괴시험이라고
할 수 없을지도 모르겠지만 묻은 금속기구의
뽑기耐力 이라고 하는 콘크리트 강도에 직접
관계하는 指標를 사용하기 때문에 강도의 推
定精度라는 점에서 기대되는 시험방법이다.

다만 在來의 諸試驗方法은 미리 콘크리트 타
설시에 設置해둔 뽑기用 金具를 사용하는 樣
式의 방법이기 때문에 既設의 콘크리트 구조
물에는 적용할 수 없다고하는 큰 결점이 있다.
그러나 최근 보링양카볼트법의 뽑기 내력으로
부터 콘크리트의 압축강도를 추정하고자 하는
것으로서 既設콘크리트 구조물에 수시로 적용
가능한 점에 큰 特徵이 있다. 다만 연구는 더
욱 계속중이며 今回の Manual책정에는 시기
상조인것 같아서 제외하였다. 實用化시점에서
새로운 manual에 추가하는 것으로 하고싶다.

2. 2 強度推定上の 留意事項

콘크리트 강도추정을 위한 非破壞試驗은 콘
크리트 구조물의 시공관리의 경우와 既設구조
물의 耐力 判定의 경우와는 약간 그 要領이
다르다.

콘크리트 구조물의 施工管理를 위한 非破壞
시험인 경우는 콘크리트 사용재료, 調合, 養生
方法, 材畧 등 콘크리트에 관한 諸情報가 既知
의 것이 많고 강도측정용의 供試體도 준비되
어 있는것이 일반적이다. 또한 시험시의 콘크
리트도 조기 재령의 것이 많으며 강도추정을

위한 기존의 실험資料도 풍부하다. 그 때문에 後述의 각 해설의 項에 제시한 강도추정용의 實驗式과 實驗圖表를 그대로 해서 혹은 實測한 강도측정치를 사용하여 이러한 것을 修正해서 사용함으로써 좋은 精度의 강도를 추정하는 것이 가능하다.

이것에 비해서 既設의 것, 특히 長期材令의 콘크리트 구조물에 대한 비파괴 시험에 의한 강도推定은 콘크리트의 사용재료, 調合 등에 대해서 情報가 적다는 것, 長期材令時의 강도 추정식을 위한 實驗式과 實驗圖表가 거의 없다는 것 등으로 대단히 곤란하다. 便法으로서 는 강도추정을 위한 實驗式과 實驗圖表의 기본적인 Pattern은 조기재령의 그것과 같다고 생각되며 非破壞시험의 適用部位로부터 適宜採取한 콘크리트 코아의 압축강도 측정치를 참고해서 실험식과 실험도표를 修正해서 利用하는 것도 하나의 방법이다.

물론 採取코아 數가 많으면 많은 만큼 비파괴 시험에 의한 강도 추정이 용이하며 推定精度가 向上한다고는 할 수 없다.

3. 各種 試驗方法

3. 1 (Schmidt Hammer法)

3. 1. 1 總 則

a. 目 的

本方法은 슈미트 함-마에 의해 硬化콘크리트의 表面을 反發度로부터 콘크리트의 압축강도를 推定하기 위한 것이다.

b. 測定原理

硬化한 콘크리트 表面을 타격하며, 함-마 내의 重錘의 탄력량을 反發度(Rebound Number)로 표시하며, 이 反發度의 大小에 의해서 콘크리트 압축강도를 推定한다.

c. 適用 범위

(1) 本方法은 콘크리트 工에서 콘크리트

강도관리 및 既設구조물 중의 콘크리트 강도추정을 위한 보조수단으로서 사용한다.

(2) 本方法은 압축강도가 100kgf/cm² 이상 600kgf/cm² 이하의 건축구조물용 콘크리트에 적용한다.

[해 설]

a. 目 的

反發度法에는 表 2. 1. 1에도 제시된 것과 같이 落下式 함-마法, 탄력式 함-마法, 回轉式 함-마法, 슈미트 함-마法 등 各種의 것이 있다. 이러한 경우 日本에서는 現在 슈미트 함-마法이 가장 보급되어 있으며 측정기기도 入手하기 쉽기 때문에 여기에서는 슈미트 함-마에 의한 압축강도의 推定法에 한정해서 설명하는 것으로 하였다. 다른 機種을 사용하는 경우에는 本書에 제시한 사항을 참고로 別途 강도추정 手法을 정할 필요가 있다.

b. 測定原理

슈미트 함-마에 의한 測定原理는 슈미트 함-마에 의한 硬化콘크리트면의 타격시 반발도 R과 콘크리트 압축강도 Fc와의 사이에 대개 特定の 相關이 있다고 하는 실험적 사실에 근거한 것이다.

일반적으로 타격시의 反發度는 타격 에너지, 被타격체의 形狀, 크기 및 재료의 물리적 특성에 관계하는 物理量이지만 반드시 재료 강도와 사이에 일정한 관계가 있다고 하는 것은 아니다.

특히 콘크리트와 같은 不均質한 재료에 있어서 슈미트 함-마와 같이 재료표면의 局所인 타격에 의한 것에서는 反發度는 타격면에 대한 骨材의 有無, 乾濕의 狀況, 콘크리트 材令 등에 따라 다르기때문에 강도추정의 유일한 指標로 하기에는 더욱 많은 문제가 남겨져 있다.

c. 適用범위

上述과 같이 또는 이미 本書의 1. 2에서도 설명한 것과같이 콘크리트 강도를 슈미트

함-마에 의한 측정치로 推定하는 것은 대단히 위험하다. 콘크리트 강도의 확인에 있어서는 비파괴시험은 어디까지나 強度判定의 補助手段으로 제한하고 콘크리트 供試體와 뽑은 코아의 압축강도 시험을 주로 하자하는 마음을 가져야 한다.

또한 슈미트 함-마에 의한 강도추정의 적용범위를 여기에서는 100kgf/cm² 이상 600kgf/cm² 이하로 하였다. 이것은 기존의 實驗研究 자료에 근거해서 정한 것으로서 이 범위는 일반적으로 사용되고 있는 콘크리트 압축강도를 포괄하고 있다.

또한 本項에서 취급하는 강도추정의 대상은 건축구조물용 콘크리트에 국한하는 것으로 하였다. 大粒徑의 粗骨材(최대치수 40mm이상의 것)를 사용한 콘크리트에 대해서는 實驗例도 적기 때문에 여기에서는 除外하였다.

3. 1. 2 測定方法

a. 測定器

(1) 機種

슈미트 함-마에는 충격 에너지가 다른 N型(NR型), P型 및 M型 등의 各機種이 있다.

(2) 機種의 선정

測定에 사용하는 슈미트 함-마의 機種은 콘크리트 종류, 콘크리트의 압축강도 측정 가능한 범위 등을 고려해서 選定한다.

(3) 測定器의 검정

슈미트 함-마는 사용시에 精確한 測定値를 나타내도록 測定직전 혹은 定期的으로 精度的 檢定, 補正을 한다.

b. 측정대상 및 測定개소

(1) 슈미트 함-마법은 콘크리트 공시체 및 鐵筋콘크리트造, 鐵骨鐵筋콘크리트造 등의 구조체 콘크리트의 強度推定을 그 대상으로 한다.

(2) 측정개소는 그 콘크리트의 품질을 잘 代表하며 한편으로는 測定の 실시가 용이한

개소를 가능한 만큼 많이 선정한다.

c. 測定の 준비

(1) 측정위치에 대한 콘크리트 표면은 수평하게 갈아서 깨끗하도록 처리한다.

(2) 콘크리트 공시체의 타격에 있어서는 압축강도기 등을 사용해서 공시체를 壓定한다.

d. 測定方法

(1) 타격점의 선정

각 측정 개소마다의 슈미트 함-마에 의한 타격점의 數는 20점을 표준으로 한다.

또한 타격점 相互의 간격은 3cm를 표준으로 하고 타격점은 約 12cm×12cm 正方形面內 또는 直徑 約 12cm의 원내에 있도록 한다.

(2) 타격 方向

타격은 통상 측정면에 대해서 직각, 한편으로는 水平方向으로 하는 것을 原則으로 한다. 할수없이 水平方向 以外の 타격을 한때에는 信賴있는 資料에 근거하여 측정치의 보정을 한다.

(3) 測定値의 읽기

측정치는 원칙으로 整數値로 읽어서 이해한다.

(4) 측정치의 處理

타격시의 반발음과 凹 상태로 분명하게 이상이 있다고 생각된 때의 值, 또는 타격시의 值가 그 測定部位에 대한 타격치의 平均値의 ±20% 이상으로 된 때의 値는 異常値라고 해서 버리고 통상적으로 측정치가 所定の 數(표준은 20점)로 되도록 測定値를 보충한다.

所定數의 측정치가 얻어진 때 이러한 것을 整數値(소숫점 이하를 반올림해서 Round Number로 한다.)로 나타내어서 그 측정개소의 R로 한다.

[해 설]

a. 測定器

(1) 機種

표 3. 1. 1 슈미트 함-마의 종류

機種	適用 콘크리트	충격에너지 (kgf · cm)	強度測定범위 (kgf/cm ²)	비 고
N 型	보통 콘크리트	0.225	150~600	반발도 直讀式
NR 型	보통 콘크리트	0.225	150~600	반발도 自記記錄式
L 型	경량 콘크리트	0.075	100~600	반발도 直讀式
LR 型	경량 콘크리트	0.075	100~600	반발도 自記記錄式
P 型	低強度 콘크리트	0.09	50~150	振子式
M 型	Mass 콘크리트	3.00	600~1000	반발도 直讀式

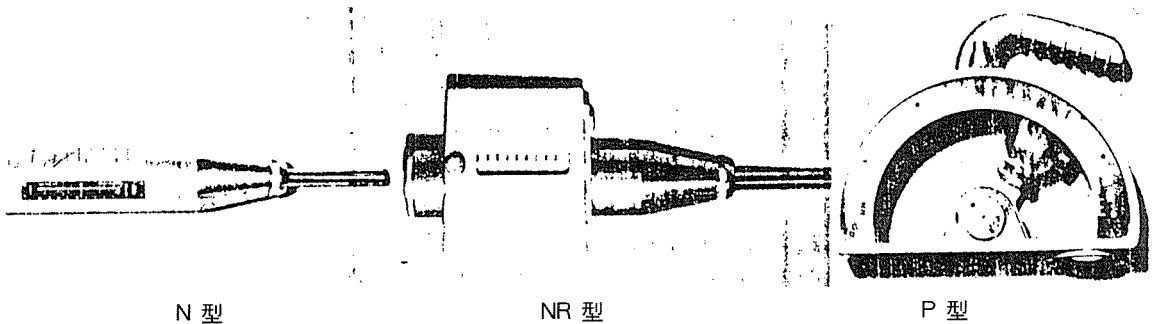


사진 3. 1. 1 各種슈미트 함-마

現在市販되고 있는 슈미트 함-마에는 표 3. 1. 1 및 사진 3. 1. 1에 제시한 各種의 것이 있다. 測定하는 콘크리트의 種類, 品質에 대해서 適當한 機種을 選擇해서 사용하면 좋다.

이러한 경우 P型 함-마만이 타격 機構가 다르게 되어 있지만 다른 機種의 機構는 기본적으로 변하지 않는다. 또한 M 型 함-마는 Mass콘크리트용으로 通常 제의 건축 구조물에는 사용하지 않는다.

(2) 機種의 選定

슈미트 함-마에는 前述과 같이 콘크리트 品種에 대해서 각각 충격 에너지가 다른 機種이 준비되어 있다. 측정하는 콘크리트에 대해서 올바르게 선택할 필요

가 있다. 現在 가장 많이 사용되고 있는 것은 N型(NR型도 기본적으로 기본 원리는 같음)이다.

(3) 測定器의 檢定

검정에는 Test Amble(브리넬硬度 $H_B=500$)을 사용한다. 사진 3. 1 2는 Test Amble에 N형 슈미트 함-마를 설치한 狀況을 나타내었다. Test Amble의 所定面을 타격한 때의 슈미트 함-마 反發度가 $R_0=80$ 때를 기준으로 하고 80 ± 2 (함-마 目盛의 1目盛分の 증감)을 정상 범위로 하지만 될 수 있으면 80 ± 1 의 범위에 있는 것이 바람직하다. Test Amble을 타격한 때의 反發도가 80 ± 2 의 범위를 초과하는 경우 조정할 필요가 있다.

b. 測定對象 및 測定개소

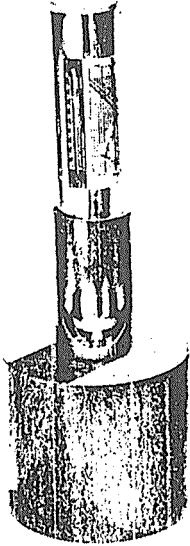


사진 3. 1. 2

콘크리트 供試體로서는 正立方體, 角柱體 등 各種의 것이 사용되어 왔다. 그러나 슈미트 함-마의 적용에는 一邊의 길이가 20cm 이상의 正立方體 또는 各柱體를 사용하는 것이 바람직하다.

이것은 各測定面당 타격점의 數가 충분히 취해질 것, 타격

에너지의 손실이 적을것, 타격면이 平面이기 때문에 面에 대해서 수직으로 타격하는 것이 용이할 것 등의 것 때문이다. 圓柱形 供試體도 거푸짚이 얻기 쉬운것, 콘크리트 압축강도와와의 對應을 조사하기에 편리하다는 것 등에 의해 잘 사용되지만 이경우 적어도 $\phi 15\text{cm} \times 30\text{cm}$ 혹은 그것 이상의 크기의 것을 사용한다. 側面의 타격에 있어서는 타격봉이 面에 정확하게 直交하도록 충분히 注意할 필요가 있다. 이러한 콘크리트 공시체의 타격에 있어서 압축강도기등에 의해서 공시체를 壓定하고 타격에너지의 흐트러짐이 없도록 하여야만 한다. 이 때의 壓力은 C項의 해설에 설명한 것 같이 대략 25kgf/cm^2 이상으로 하는 것이 좋다.

c. 測定の 준비

측정면은 평편한 面을 선택해서 粗面은 가능한 피한다. 표피층을 깨끗하게 갈아서 콘크리트 표면을 평탄하게 하고 測定面의 약간의 凹凸 및 부착물과 粉末 등을 제거한다. 또한 測定面內에 있는 豆板,

空泡, 노출해 있는 자갈 등의 部分은 測定點으로부터 제외한다.

구조체의 콘크리트에 대해서 측정시는 被測定部の 콘크리트 두께가 10cm 이상의 개소를 선택하도록 한다. 두께가 10cm 이하의 경우 타격시에 被測定部の 진동 등의 것 때문에 타격에너지가 흐트러져서 反發度가 급격히 감소한다는 結果가 있다. 또한 보, 柱 등의 隅角部에서의 측정시도 평면부분과는 다른 반발도를 나타내기 때문에 적어도 隅角部로부터 3~6cm 떨어진 개소에서 測定하는 것이 좋다. 測定개소는 가능한 만큼 많은 쪽이 좋다. 구조물 콘크리트에 있어서는 柱의 경우는 柱頭部, 柱中央部, 柱脚部 등, 보의 경우는 보端部, 中央部 등의 兩側面, 壁의 경우는 柱, 보, 床에 가까운 部分 및 中央部 등으로 한다.

공시체의 경우는 측정편은 그대로의 상태에서 측정할 수가 있다. 다만 표준양생(水中養生)공시체의 경우는 측정 24시간 전에 水中으로부터 들어내어 대기중에서 표면을 건조시키면서 슈미트 함-마에 의한 시험을 한다. 이것은 슈미트 함-마에 의한 反發度는 타격 콘크리트 面의 乾濕狀況에 따라 차이가 나는 것, 슈미트 함-마 시험은 實施구조물에 적용하는 것 등을 고려하면 表面건조의 콘크리트를 표준으로 한 쪽이 좋다고 생각되는 것 등의 것 때문이다. 또한 供試體의 경우 정확한 反發度를 얻기 위해서는 적당한 방법으로 공시체를 고정할 필요가 있다. 고정하지 않은 경우 혹은 고정이 不完全한 경우 슈미트 함-마에 의한 타격에너지가 흐트러져서 정확한 측정치를 얻을 수 없기 때문이다. 일반적으로 압축강도 시험기 등에 의해 供試體를 加壓한 상태에서 그 側面을 타격하는 것이 좋다.

이때의 拘束加壓力은 10kgf/cm^2 정도에서는 불충분하고 25kgf/cm^2 이상으로 하

표 3. 1. 2 타격回數와 강도추정치의 信賴度
(柱, 벽, 보의 경우)

打撃回數	5	10	15	20
柱 (71件)	55%	83%	99%	
壁 (55件)	60%	89%	98%	
보 (36件)	67%	92%	99%	

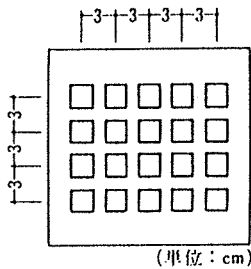


그림 3. 1. 2 印示板例

표 3. 1. 3 타격回數와 강도추정치의 신뢰도
(角柱, 角圓의 경우)

打撃回數		5	10	15	20
角 柱	A	25%	95%	99%	
	B	17%	83%	84%	99%
	C	20%	40%	60%	99%
	D	20%	60%	80%	99%
圓 柱	A	1%	33%		
	B	33%	34%	67%	99%
	C	1%	33%	99%	
	D	1%	2%	33%	99%

[注] A, B, C, D의 기호는 柱를 높이 방향으로 4 등분한 때의 部位를 나타낸다.

A : 柱頭部, B : 柱中間上部, C : 柱中間下部, D : 柱脚部

는것이 좋다는 것이 확인되어 있다. 20cm × 20cm × 20cm의 立方공시체의 경우 약 10f強度의 加力으로 타격시험을 하면 좋다.

d. 測定方法

(1) 타격점의 선정

各 測定箇所 마다의 슈미트 합-마에

의한 測定點의 數는 20점을 표준으로 하였다. 在來의 실험 例에 의하면 1測定 위치에서의 測定點數는 대략 10~20점의 범위에 있다. 여기에서는 그러한 것을 참고로 하고 한편으로는 측정치의 신뢰도를 고려해서 20점을 표준으로 하였다. 표 3. 2. 1 및 표 3. 1. 3은 건축물의 各 部位에 대해서 조사한 슈미트 합-마에 의한 강도推定值의 신뢰도와 타격回數와의 관계를 나타내었다. 이러한 표로부터 각 측정 部位모두 20점의 타격에 의해 거의 만족시키는 강도추정을 할 수 있다는 것을 알았다. 測定시에는 그림 3. 1. 2에 제시한 것과 같은 印示板을 사용해서 측정점을 印示하는 것이 좋다.

(2) 타격方向

在來의 실험자료의 거의가 水平타격의 것이며 또한 測定值도 안정한 것이 얻어졌기 때문에 여기에서는 水平方向에 타격하는 것을 원칙으로 하였다. 구조물에 적용하는 경우 등에서 어쩔 수 없이 그것이 외의 방향에 타격을 한 경우는 信賴있는 資料에 근거해서 測定值를 參正하고 강도의 추정을 하여야만 한다. 더욱이 적당한 資料가 얻어지지 않은 경우는 표 3. 1. 4에 제시한 補正值를 사용해서 反發度 R의 보정을 한 후 강도를 추정해도 좋다.

3. 1. 3 영향 因子

슈미트 합-마에 의한 강도추정시의 콘크리트의 反發度 R과 압축강도 F_c와의 관계는 다음에 제시한 각종의 영향인자에 따라 相違하다. 강도추정精度를 향상시키기 위해서는 반드시 이러한 영향인자에 관한 정보를 입수해서 강도 추정에 반영시키는 것이 바람직하다.

- (1) 콘크리트의 재료, 調습에 기인하는것 : 시멘트 종류, 골재의 종류, 시멘트량, 골재량 등
- (2) 콘크리트의 양생방법, 材齡에 기인하는 것 : 含濕狀態, 材齡 등

- (3) 타격면 상태에 기인하는 것 : 表面상태, 콘크리트 두께, 隅角部, 測定높이, 拘束度, 炭酸化程度 등
- (4) 타격방법에 기인하는 것 : 타격방향, 동일개소의 연속타격 등

[해설]

(1) 콘크리트의 재료, 調合에 起因하는것

① 특수한 시멘트(알루미나 시멘트, 耐硫酸鹽 Portland시멘트 등)을 제외하면 시멘트 종류에 의한 영향은 거의 없는 것 같다. 시멘트량에 대해서는 定說이 없고 그 量이 크게 되는 만큼 反發度 R가 크게 된다고 하는 보고와 적게 된다고 하는 보고가 있다.

② 보통골재의 경우 골재의 種類에 의한 영향은 적은것 같지만 人工경량골재 콘크리트는 보통 콘크리트에 비해서 反發度는 약간 적게 된다. 또한 골재의 容積比가 변화하면 반발도도 변한다. 이와같이 콘크리트의 재료와 調合에 따라서 反發度는 영향을 받기 때문에 구조물의 耐力진단에 있어서 이러한 정보를 입수하기 어려운 경우에는 강도의 推定

精度的 向上은 기대할 수 없게 된다.

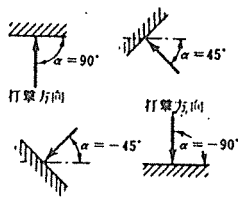
(2) 콘크리트의 養生方法, 材畧에 기인하는것

① 콘크리트가 젖은 상태에서 측정하면 건조한 상태에서 측정한 경우보다 反發度는 2~5% 또는 20%정도 적게되며 일반적으로는 5%정도의 差가 있다고 이야기되고 있다.

表 3. 1. 5는 木材에 의한 시험결과를 제시한것으로서 콘크리트 표면의 濕度가 높은 만큼 反發度는 적게되고 있다. 다만 콘크리트 강도도 그 表面濕度의 높은만큼 강도도 낮게되기 때문에 강도 추정이라고 하는 관점에서는 건조의 영향은 과대시 할 필요가 없다고도 이야기 된다.

② 콘크리트의 反發度和 강도와의 관계는 재령에 따라서 變化하기 때문에 강도추정에 있어서는 콘크리트 재령에 따른 보정이 필요하다. 佐治는 재령이 1년3개월~1년6개월에 대한 콘크리트 공시체의 F_c와 反發度 R과의 관계를 구하고 재령 28일의 경우에 비해서 동일 압축강도(氣乾상태)에 대해서 R치가 크게 되는것을 확인함으로 장기 재령의

표 3. 1. 4 타격 角度 α 와 補正值 ΔR 의 관계(슈미트 함-마 취급설명서에 의함)

R_0 \ α	+90°	+45°	-45°	-90°	備 考
10	-	-	2.4	+3.2	 <p>각도의 부호+는 ↑向, -는 ↓向을 나타낸다.</p>
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4	
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1	
40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7	
50	-3.1	-2.1	+1.5	+2.2	
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7	

[注] 보정은 아래식에 따른다.

$$R = R_0 + \Delta R$$

R : 보정한치, R_0 : 측정치, ΔR : 보정치

표 3. 1. 5 콘크리트 表面의 濕度와 反發度 R

測定回數 \ 濕度*	1°/wt (ケット)	6°/wt (霧吹)	8°/wt (霧吹)
5	40.0	30.8	36.4
10	39.5	39.3	37.7
15	40.4	39.4	37.4
20	40.7	40.0	38.2
25	41.2	39.3	
30	41.5	39.3	
35		39.1	
40			
R 値總平均	41	39	38

* 濕度は ケットの 水分計에 의한 측정치
室内溫度 : 1°C (外氣온도와 동일)

표 3. 1. 6 平滑面, 粗面의 反發度 R

測定回數 \ 面の 狀態	平滑面	粗 面*
5	33.2	28.6
10	33.9	27.7
15	34.2	28.1
20	34.1	27.4
25		27.5
30		27.0
R 値總平均	34	28

* 粗面은 연마石으로 통상의 조치를 하였지만 面의 凹凸은 시정되지 않았다.

표 3. 1. 7 平滑面, 粉體化面의 反發度 R

測定回數 \ 面の 狀態	平滑面	粗 面
5	42.4	35.8
10	41.2	36.1
15	41.1	36.2
20		36.9
25		36.6
33		36.4
R 値總平均	41	36

콘크리트 강도추정에는 材令係數(補正係數)를 사용해서 추정강도의 보정을 할 필요가 있다는 것을 명확하게 하고 있다. 또한 佐治는 15년, 19년, 26년을 각각 경과한 건물을 조사하고 8년 이상을 경과한 콘크리트의 강도추정시 材令係數(補正係數)를 0.63으로 하고 이것을 조기재령시의 추정식으로부터 구한 강도에 곱해서 추정강도의 低減을 한다면 좋다고 하고있다.

(3) 타격면의 狀態에 起因하는것

- ① 콘크리트 表面의 凹凸이 반발도에 영향을 주기 때문에 연마石에 의해 평편하게 손질할 필요가 있다. 목재거푸집으로 성형한 콘크리트는 鐵筋거푸집(또는 금속 古て)으로 성형한 콘크리트 보다는 反發度는 10~25% 적게 된다는 것이 지적되고 있다. 또한 표면의 曲率半徑에 대해서는 半徑 35cm 이상의 曲面에서는 差가 인정되지 않는다.

表 3. 1. 6은 콘크리트 표면의 平滑面과 粗面의 反發度를 표시한 것으로 粗面의 쪽이 反發度가 적게되어 있다. 콘크리트 表面의 粉體化面도 表 3. 1. 7에 제시한 것과 같이 반발도는 적게 된다.

- ② 콘크리트의 두께가 10cm 이하에서 反發度는 급격히 감소하고 30cm 이상이면 反發度는 거의 일정하다. 그때문에 벽과 床版의 강도를 推定하는 경우 두께를 고려할 필요가 있다.
- ③ 部材의 隅角部는 다른 부분에 비해서 건조의 정도와 剛性이 다르기 때문에 반발도에 영향을 미친다. 그때문에 隅角部에서 3~6cm 이상 떨어진 개소를 타격하여야 한다.
- ④ 벽과 柱 등을 타격하는 경우는 높이 방향에 따라서 콘크리트 강도가 다르기 때문에 測定筒所는 가능한한 많은 쪽이 좋다. 다만 할수 없이 1개소 만으로 測

表 3. 1. 8 1点連續 測定時의 反發度 R의 值

測定部位	地下1階(圓柱) B部		地下1階(圓柱) C部		1 階(角柱) C部		2 階(角柱) C部		2 階(角柱) B部		
	標準 測定	1点連續 10回	標準 測定	1点連續 20回	標準 測定	1点連續 15回	標準 測定	1点連續 20回	標準 測定	1点連續 15回	1点連續 20回
5	33.4	36.4	32.6	35.6	35.4	40.6	40.0	47.6	31.2	37.8	41.0
10	33.8	38.3	31.6	35.6	36.8	41.9	39.5	47.3	33.5	38.9	42.0
15	33.4		31.2	37.1	37.2	41.6	40.4	47.0	33.2	39.3	41.4
20	33.3		31.1	37.1	37.0		40.7	47.0	34.2		12.0
25	32.7		31.0		36.5		41.2		34.3		
30	32.2		30.9		36.5		41.5		34.0		
35	32.5		31.3		36.5		41.8		34.3		
40	32.2		31.2		36.9				35.0		
R 值總平均	33.0	37.3	31.3	36.3	36.6	41.3	40.7	47.2	33.8	38.6	41.6

定할 때에는 가능한한 높이를 동일하게 하는것이 좋다. 일반적으로는 各 壁, 柱 모두 측정개소를 床上 130~150cm 정도로하면 測定이 용이하다.

⑤ 前 項(3. 1. 2 c. 해설)에서도 설명한 것과 같이 공시체를 타격하는 경우는 공시체의 구속정도에 따라서 반발도는 다르다. 拘束力은 약 25kgf/cm² 이상으로 할 필요가 있다. 20cm×20cm×20cm의 立方體 공시체의 경우 約 10t의 加力과 함께 供試體를 壓定하고 타격시험을 하면좋다.

⑥ 콘크리트의 炭酸化에 의해서 콘크리트 표면이 硬化하고 그때문에 反發度에 영향을 준다.

(4) 타격方法에 기인하는것

① 슈미트 함-마의 타격방법의 영향에 대해서는 前述 3. 1. 2 d項을 참조하고 싶다.

② 동일 개소를 연속해서 타격하는 경우 反發度는 크게 된다는 보고와 적게 된다고하는 보고가 있다. 表 3. 1. 8은 동일개소를 10, 15 및 20회 연속타격한 경우의 反發度 R을 제시한 것으로서 타격회수의 증가와 더불어 반발도는 크게 되고 있다. 이와같이 連打의 回數

에 의해 反發度는 變化하기 때문에 동일 개소의 타격 回數는 1회로 하는것이 바람직하다.

3. 1. 4 強度의 推定

a. 品質管理를 目的으로 한 콘크리트의 壓縮強度 推定

(1) 구조체 콘크리트의 해당 箇所에 대한 反發度를 測定하고 미리 구해둔 反發度와 압축강도와의 상관도표, 혹은 關係式을 사용해서 압축강도를 推定한다.

(2) 이 경우의 反發度와 압축강도와의 상관도표, 또는 關係式은 강도를 추정하려고 하는 콘크리트와 동일한 調劑를 포함하는 3종류의 강도 調劑의 콘크리트 供試體를 作成하고 이러한 反發度와 압축강도를 측정해서 구하는 것을 원칙으로 한다.

(3) 上記(2)의 실사가 불가능한 경우는 同種의 콘크리트에 대한 기존의 신뢰성있는 相關圖表 또는 關係式을 사용해도 좋다.

b. 耐力診斷을 目的으로한 既設콘크리트의 압축강도推定

(1) 既設콘크리트 구조물의 所定箇所에 대한 反發度를 측정하고 미리 구해둔 反發度와

압축강도와와의 상관도표, 혹은 관계식을 사용해서 압축강도를 추정한다.

- (2) 이 경우 반발도와 압축강도와와의 상관도표 또는 관계식으로서의 기존의 신뢰있는 도표 또는 式을 당해 구조물의 일부에서 採取한 콘크리트 코아의 反發도와 壓縮強度의 실측치에 근거해서 수정한 것을 사용하는 것을 원칙으로 한다. 다만 채취 코아의 압축강도로서는 JIS A1107(콘크리트로부터의 코아 및 보의 절단方法 및 강도시험의 方法)의 規定에 근거해서 환산한 표준 試驗體의 압축강도를 사용한다.

[해설]

슈미트 함-마에 의한 콘크리트 강도추정에는 表 3. 1. 9에 제시된 것과 같은 많은 제안식이 있으며 타격방법과 콘크리트 재령에 따른 보정의 방법도 제시되어 있다. 當 연구소 위원회에서는 이 Manual을 책정하는데 있어서 실용적인 강도추정식을 特定하기 위하여 附錄 2에 제시한 보통콘크리트 및 경량콘크리트에 대해서 공동실험을 하였다. 그러나 그 結果는 그림 3. 1. 3에 제시한 것과 같이 상당한 편차를 나타내며 Manual의 本文中에 제시가능한 강도추정식을 얻는데에도 미치지 못하였다. 그 이유로서는 콘크리트 재료의 품질과 제조조건, 실험조건 등의 미묘한 差이외에 사용한 슈미트 함-마의 특성차등이라고도 생각된다. 특히 그림 3. 1. 3에서 볼 수 있듯이今回の 실험결과도 在來의 것과 크게 違가 있으며 동일 강도 콘크리트에 대해서 적은 反發도를 나타내었다. 本次의 공동실험에 사용한 슈미트 함-마는 어느것도 비교적 최근에 입수한 것을 사용하였지만 市販의 슈미트 함-마의 내장스프링의 탄력정수와 충격자의 중량, 크기 등은 제조년도에 따라 약간의 차이가 있으며 最近의 機種은 당초의 것보다 反發도가 다소 적게되는 경향이 있다고도 들리고 있다. 이러한 여러가지의

사정을 감안해서 이 Manual에서는 강도추정식과 도표를 특별히 정하지 않고 그 都度 實測에 근거해서 강도추정을 위한 式과 도표를 작성하여 그것에 따라서 강도추정을 하는것을 원칙으로 하였다.

또한 콘크리트 강도의 비파괴시험 요령은 공사중 콘크리트의 품질관리를 위한것과 既設콘크리트 구조물의 내력진단을 위한 것으로서는 시험의 目的, 조건, 요령 등이 약간 다르기 때문에 각각 별도로 제시하였다.

a. 品質관리를 目的으로 한 구조체 콘크리트의 압축강도 推定

해당하는 구조물은 시공중의 것으로서 콘크리트 재령은 비교적 조기재령이다. 또한 工事도중에 있기때문에 공사용 콘크리트를 준비해서 강도추정용의 관계도표와 관계식을 작성하는 것도 비교적 용이하다. 그때문에 이 경우는 강도추정을 위한 관계도표와 관계식을 실험에 의해서 구하고 이러한 것을 이용해서 구조체 콘크리트의 강도추정을 하는 것을 原則으로 하였다. 實驗에 있어서는 구조체 콘크리트와 同種의 材料를 사용하고 물, 시멘트材는 계획調査의 前後(±5~10% 정도)의 3種類 이상으로 變化시켰다. 또한 養生方法 및 試驗材壽命을 目的으로하는 구조체 콘크리트의 그것에 일치시킨다. 供試驗體의 個數는 同一調合, 同一材齡마다 3個 이상으로 할 필요가 있다. 얻어진 結果는 그림 3. 1. 3과 같이 圖示하고 가능하면 反發度 R과 압축강도 F_c의 相關式을 만들어서 利用하면 좋다. 相關式으로서는 表 3. 1. 9에 제시한 것과같은 各種의 것이 있지만 일반적으로는 그림 3. 1. 3에 제시한 것과 같은 直線式으로 하는것이 便利하다.

또한 上記의 실험이 불가능한 경우 사용재료, 시공조건, 시공시기 등이 類似한 조건하에서 구한 기존의 相關圖表와 相關式을 사용해서 강도를 推定해도 좋다. 다

表 3. 1. 9 문헌상의 強度推定式(F_c : 압축강도(kgf/cm²), R : 反發度)

研究者	推 定 式	備 考
横道ら	$F_c = -184 + 13R$	補正係數를 0.62로 해도 推定強度쪽이 높은 強度이다. 31年 經過의 교량
小坂・谷川ら	$F_c = 20.5R - 281$ (濕潤) $F_c = 22.9R - 432$ (乾燥)	$F_c = 100 \sim 400 \text{kgf/cm}^2$
佐治ら	$F_c = \alpha(13R - 184)$	$\alpha = 0.63$
梧原	$F_c = 10R - 110$ (大場・秋田らの 東京都建築材料検査所 判定式을 利用)	알루미늄 시멘트 $F = 210 \sim 320 \text{kgf/cm}^2$ 材令 7日, 14日 南極에서 現地試驗
明石ら	$F_b = 1.2R + 0.0049R^2$ $F_c = -0.27R + 0.29R^2$	보 供試體, 材令 7日, 28日, F_b : 曲 強度, F_c : 壓縮強度, F_b, F_c 모두 推定值쪽이 大
關ら	$F_c = 11.7R - 237$ (드럼통을 제거한 그대로) $F_c = 12.9R' - 338$ (드럼통에 충전한 그대로)	材令 1개월, Mortar 사용 直徑 60cm, 높이 120cm 드럼통에 충전
Boundy ら	$F_c = 9.97R^{1.618}$ (F_c : psi)	F_c : 1400~720psi R : 15~40 蒸氣養生, 材令 28日
澤田ら 尺	單打 $F_1 = -441 + 23.4R_1$ 連打 $F_{10} = -2054 + 46R_{10}$ 連打-單打 $F_{10-1} = 1236 - 47.7(R_{10} - R_1)$	$F_c \geq 200 \text{kgf/cm}^2$ 連打式: 材令이 큰 콘크리트에도 適用可 連打와 單打의 差의 式: 얇은 板에도 適用可
坂ら	$F_c = -184 + 13R$	材令 7日 ~ 365日 推定誤差: $F_c = 100 \text{kgf/cm}^2$ で 30% $F_c = 500 \text{kgf/cm}^2$ で 6%
伴ら	$F_w = 1.76R^{1.49}$ F_w : 立方體強度	標準偏差 25kgf/cm ²
木材	$F_c = -57 + 6.95R + 0.065R^2$	坂式보다 同一 R 值에 대해서 강도 小
坂ら	$F_c = -249 + 13.9R$	材令 7日, 28日, 同一條件의 軟한 콘크리트, 동일 R 에서 15kgf/cm ²
日本材料學會 強度判定委員會	水平面 $F_c = 6.44R - 112.5$ 垂直面 $F_c = 7.39R - 166.7$	材令 3日 ~ 1年 P型(低強度 콘크리트) 一般型 $F_c = 13R_0 - 184$
大場ら	$F_c = 0.36R^2 - 1.07R - 40.6$	W/C 40~90%, 材令 7日, 28日, 標準供試體, 角柱供試體
今回の 共通實驗 結果	普通 콘크리트 $F_c = 7.3R + 100$ 輕量 콘크리트 $F_c = 10.1R + 2$	材令 7日 ~ 1年 W/C 50% ~ 70% (普通, N型) W/C 50% ~ 65% (輕量, L型)

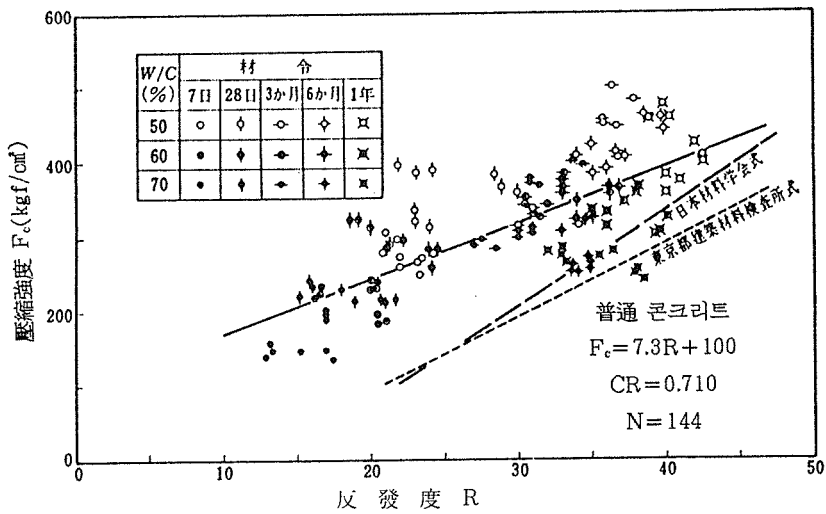


그림 3. 1. 3(a) 압축강도와 反發度와의 關係(普通콘크리트)

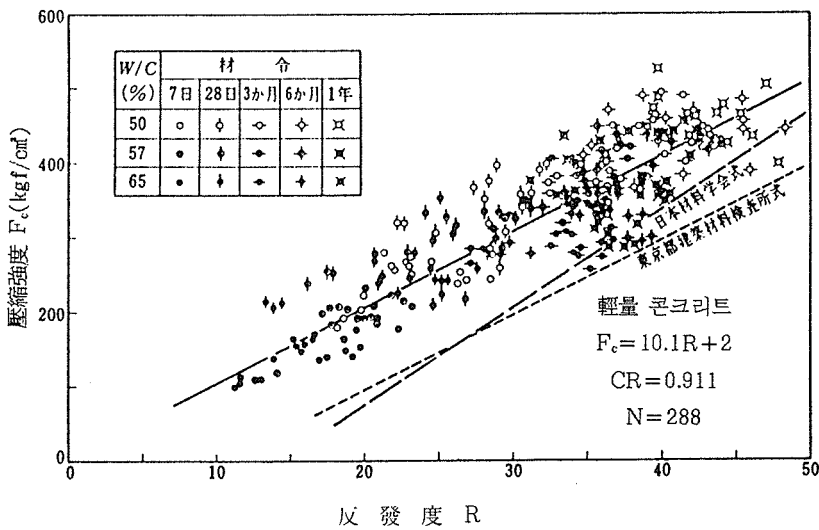


그림 3. 1. 3(b) 압축강도와 反發度와의 關係(경량 콘크리트)

만 그때 반드시 구조물 콘크리트에서 콘크리트 코어를 採取하고 이것의 反發도와 壓縮強度를 測定해서 적용하는 상관도표와 상관식의 확인 내지 수정할 필요가 있다.

b. 耐力診斷을 目的으로 한 既設 콘크리트

의 압축강도 推定

既設 콘크리트 구조물의 경우 콘크리트 調査, 사용재료의 品種·品質·시공조건·경과 年數 등 建물의 履歷이 分明하지 않는 것이 많다. 이때문에 前述과 같이

表 3. 1. 10 코아 供試體의 補正係數

(JIS A 1107에 따름)

高さと直徑의 比 h/d	補正係數
2.00	1.00
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.89

[注] 코아높이와 직경의 비에 대해서 실측한 강도표시의 보정계수를 곱해서 標準供試體(h/d=2.00)의 강도로 환산한다.

표 3. 1. 11 材令係數 α의 值

材令(日)	28	100	300	500	1000	3000
α	1.0	0.78	0.70	0.67	0.65	0.63

[注] 長期材令時의 콘크리트 強度를 推定할 때는 材令 28日 때의 強度推定式에 의해서 구한 강도에 표시의 재령계수 α를 곱한다.

콘크리트 供試體를 작성해서 反發度와 壓縮強度의 關係式을 구하는 것은 우선 불가능하다. 그 때문에 여기에서는 미리 제안되어 있는 反發度와 壓縮強度의 關係式을 근거로 하고 구조물의 일부에서 採取한 콘크리트 코아의 壓縮強度와 反發度의 實測值를 사용해서 그 關係式을 修正해서 強度推定에 사용하는 것으로 하였다. 기존의 關係式으로서는 表 3. 1. 9와 같이 各種의 것이 있지만 前述과 같이 直線式을 사용하는 것이 일반적으로 편리하다. 또한 기존 關係式의 修正을 위해서는 가능한 反發度 혹은 壓縮強度가 다른 코아를 여러개 사용하는 것이 바람직하다.

또한 反發度의 測定은 코아 採取후에는 하지 않고 採取직전 구조체 콘크리트의 해당 個所에 대해서 하는 쪽이 좋다. 또한 周知와 같이 콘크리트 壓縮強度는 供試體의 形狀, 크기에 따라 다르다. 코아

압축강도로서는 JIS A 1107의 規定에 근거해서 標準供試體 強度에 환산한 것을 사용한다. 환산표를 表 3. 1. 10에 제시한다. 上記의 方法에서 強度推定을 하는 경우에는 필요없지만 長期材令의 콘크리트 強度推定을 위하여 조기 재령시의 콘크리트 강도추정식에 의해서 구한 압축강도를 수정하기 위한 修正係數로서 슈미트 함-마의 사용 설명서에서는 表 3. 1. 11과 같은 材令係數가 제시되어 있다. 또한 木材는 材令 t年의 콘크리트 反發度의 R과 압축강도 F_c 와의 사이에 다음과 같은 관계가 있다는 것을 명확하게 하고있다.

$$F_c = 9.37 \times (0.987)^t \times R + (1.3t - 109) \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

3. 1. 5 結果의 정리

보고서에는 下記의 사항인 경우 필요한 것을 기재한다.

- (1) 測定대상물의 명칭
- (2) 測定 年 月 日
- (3) 測定者
- (4) 콘크리트의 타설 年 月 日 및 材令
- (5) 사용재료
- (6) 콘크리트 調査
- (7) 거푸집의 종류와 콘크리트 표면상태
- (8) 측정기의 종류와 검정결과
- (9) 測定위치와 測定方向
- (10) 측정치 개개의 値와 平均値
- (11) 콘크리트 強度와 코아強度
- (12) 強度推定式과 推定強度
- (13) 結果의 判定

[해설]

보고서에는 一般事項, 測定조건, 推定強度 등 필요하다고 생각되는 項目을 기재하는 것으로 하였다. 다만 狀況에 따라서 적당하게 생략해도 좋다. 附錄 1에 Data의 一例를 제시한다.

<다음 호에 계속>