

報告

[1080] 既存 RC 造建築物におけるコンクリートヤング係数の調査

正会員 秋山 友昭 (㈱東京ソイルリサーチ)
 正会員 ○渋谷 力 (㈱東京ソイルリサーチ)

1. はじめに

この報告は、既存 RC 造建築物のコンクリートコアより得たヤング係数の実測値について記すものである。コンクリートのヤング係数は、日本建築学会の RC 規準に示されている計算式で求められることが知られている。しかし、抜き取りコアの場合、実測値は計算値に比べ低めに出るという報告がある。また、供試体の高さと同径の比 (h/d) の影響があるという報告もある。

ここではヤング係数に対する圧縮強度、単位容積重量及びコアの高さと直径の比 (h/d) の影響について検討を行い、更に RC 規準式の妥当性を知ることが目的とした。なお、採取されたコアは、全てコアボーリング法によるものであり、コア本数は 349 本である。

2. データの分析

今回、ヤング係数を検討するために用いられたデータを次の項目により分析し、データの把握を行った。

2.1 建物用途別に見たデータ

採取されたコンクリートコアを建物用途別に分類したものを図-1 に示す。コアを建物用途別に見ると、住宅は 6 棟であるが 147 本と最も多く、ついで事務所 (14 棟) 78 本、学校 (13 棟) 55 本となり、全コア本数の内、これらが 80% を占めている。

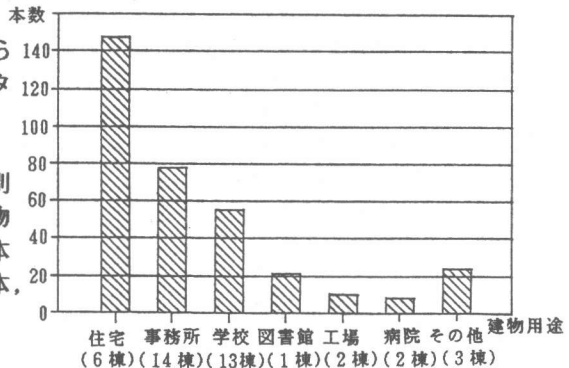


図-1 建物用途別に見たデータ

2.2 建設年度別に見たデータ

採取されたコンクリートコアの建設年度別 (5 年ごと) の分類を図-2 に示す。コンクリートコアを採取した建物の建設年度は大正 13 年～昭和 54 年に分布しており、昭和 41 年～45 年建設のものが 87 本 (25%) と最も多い。また、コンクリートコアのデータは昭和 31 年～45 年建設のもの (221 本で 63%) に集中している。

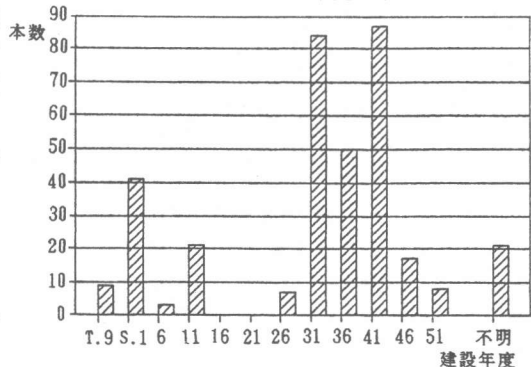


図-2 建設年度別に見たデータ

2.3 地域別に見たデータ

採取されたコンクリートコアを地域別に分類したものを図-3 に示す。コンクリートコア採取地域はほぼ国内全域であり、地域別の本数は、関東地方 222 本 (63%)、中部地方 64 本 (18%)、関東地方 30 本 (9%)、九州地方 16 本 (5%)、北海道地方 9 本 (3%) 及び中国地方 8 本 (2%) であり、関東地方から採取されたコアが過半数を占めている。なお、四国と東北地方のデータは含まれていない。

2.4 部材別に見たデータ

採取されたコンクリートコアを部材別に分類したものを図-4 に示す。コンクリートコア採取部材は、壁 206 本 (59%)、柱 79 本 (23%)、床 52 本 (15%) 及び梁 12 本 (3%) であり、壁から採取されたコアが過半数を占めている。

2.5 圧縮強度

圧縮試験は、JIS A 1107 に基づいて行われている。図-5 にはこの試験によって得られた圧縮

強度の分布を示す。圧縮強度は、 $83\text{kgf/cm}^2 \sim 586\text{kgf/cm}^2$ の範囲に分布しており、平均 225kgf/cm^2 、標準偏差 79.6kgf/cm^2 である。これらの分布は、 $190 \sim 199\text{kgf/cm}^2$ の範囲でもっとも多く、その本数は20本である。

2.6 単位容積重量

単位容積重量の分布状況を図-6に示す。単位容積重量は、 $1.9\text{t/m}^3 \sim 2.6\text{t/m}^3$ の範囲に分布しており、平均 2.28t/m^3 、標準偏差 0.09t/m^3 である。これらの分布は $2.20\text{t/m}^3 \sim 2.29\text{t/m}^3$ の範囲で最も多く、その本数は150本である。

2.7 ヤング係数

ヤング係数の測定は、ゲージ貼付法または、コンプレッソメータ法によるものである。ヤング係数の分布状況を図-7に示す。ヤング係数は、 $0.3 \times 10^5\text{kgf/cm}^2 \sim 3.5 \times 10^5\text{kgf/cm}^2$ の範囲に分布しており、平均 $1.91 \times 10^5\text{kgf/cm}^2$ 、標準偏差 $0.59 \times 10^5\text{kgf/cm}^2$ である。これらの分布は、 $1.70 \times 10^5\text{kgf/cm}^2 \sim 1.79 \times 10^5\text{kgf/cm}^2$ の範囲で最も多く、その本数は26本である。

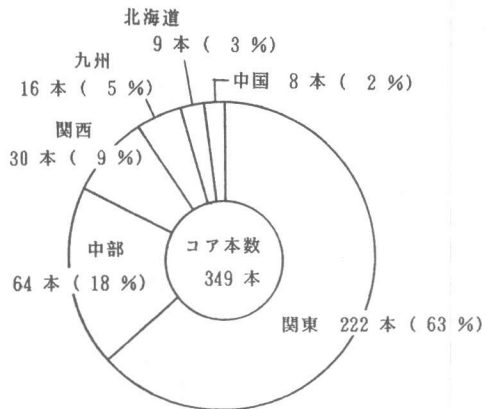


図-3 地域別に見たデータ

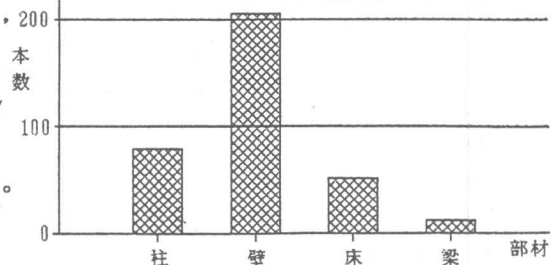


図-4 部材別頻度分布図

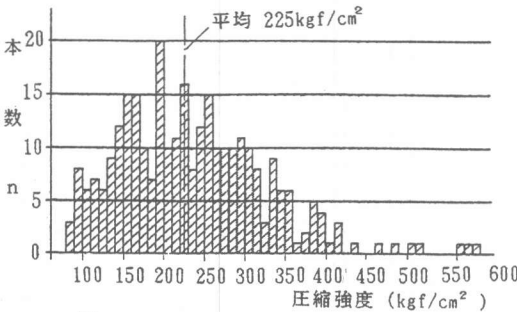


図-5 圧縮強度頻度分布図

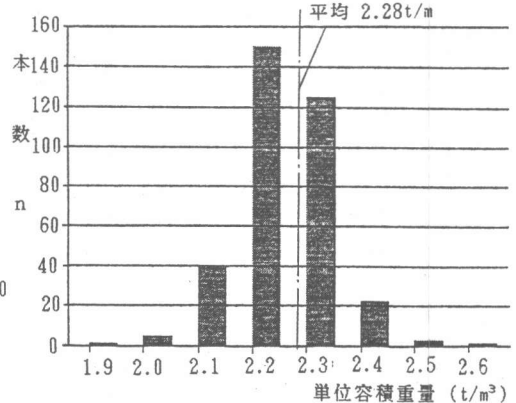


図-6 単位容積重量頻度分布図

3. ヤング係数に及ぼす影響因子の検討

コンクリートのヤング係数は、一般に、圧縮強度が大きくなるほど、また単位容積重量が大きくなるほど大きくなるということが知られている。そこで抜き取りコアの場合にもこれらの影響が表われているかどうかを検討する。またコアの場合シリンダー供試体のように高さとの比 (h/d) が一定でないことからこのコアの高さとの比 (h/d) の影響についても検討する。

3.1 圧縮強度の影響

圧縮強度とヤング係数の関係を図-8に示した。この図に見るようにヤング係数は、圧縮強度が大きくなると大きくなるという

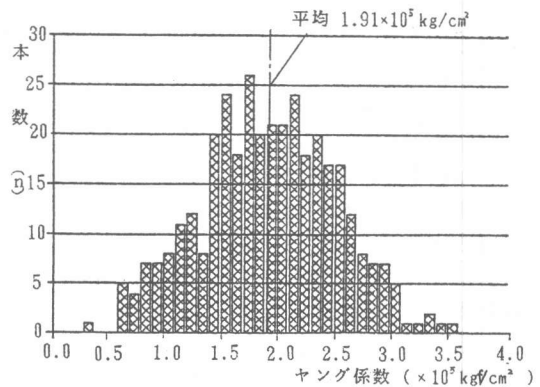


図-7 ヤング係数頻度分布図

傾向が表われている。また部材によるヤング係数の違いは特にないものと思われる。この図では、圧縮強度のヤング係数への影響は比較的大きく表われているものと思われる。

3.2 単位容積重量の影響

単位容積重量とヤング係数の関係を図-9に示した。この図に見るように単位容積重量が大きくなるとヤング係数が大きくなるという傾向は若干認められるものの、全体的にバラツキが大きい。特に、単位容積重量が $2.2t/m^3 \sim 2.4t/m^3$ の時にバラツキが大きい。ここで単位容積重量 (r) とヤング係数 (E) との関係式を得るために回帰分析を行い、次の関係式を得た。

$$E_c = (2.22r - 3.15) \times 10^5$$

しかし、この回帰式での相互関係は $R = 0.31$ と低いことから両者にはっきりした相関関係は認められない。このようなことから、今回のコアの単位容積重量のヤング係数への影響は比較的小さいと考える。なおこれらの原因としてコアの中には鉄筋の含まれたものも入っているためと考えられる。

3.3 コアの高さと直径の比 (h/d) の影響

h/d とヤング係数との関係を図-10~11に示した。これらの図

は、圧縮強度の影響を極力除くために、圧縮強度の $100kgf/cm^2$ の点及び $150kgf/cm^2$ の点からそれぞれ $100kgf/cm^2$ ごとに区切り、その点を中心にして $\pm 10kgf/cm^2$ の範囲に含まれるものを1グループとして横軸に h/d をとり、ヤング係数の分布を示したものである。これらの図に見るように、バラツキは多少大きいものの、 h/d が $1.6 \sim 1.7$ 付近でヤング係数が小さくなる傾向がある。これらの図を見る限りでは、 h/d のヤング係数へ及ぼす影響が若干あるように思われる。

4. 学会式の検討

一般に、コンクリートのヤング係数を計算式で求める場合に、日本建築学会RC規準による次

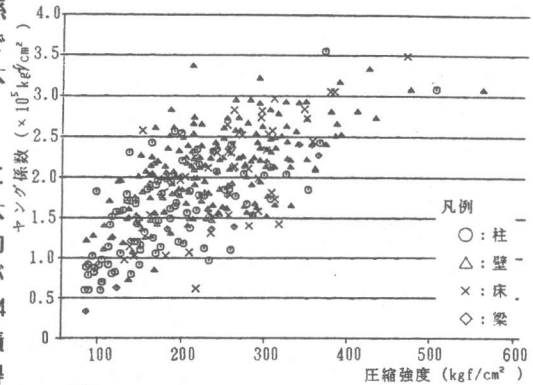


図-8 圧縮強度とヤング係数の関係

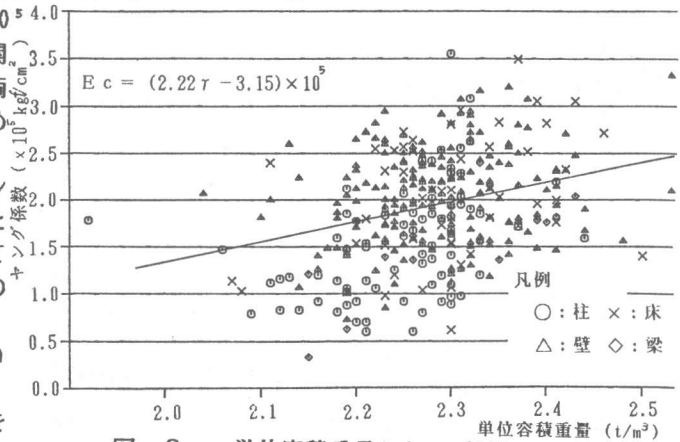


図-9 単位容積重量とヤング係数の関係

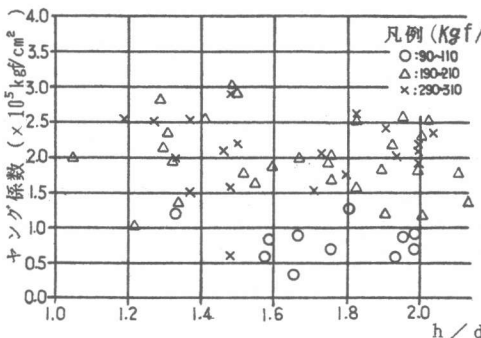


図-10 コアの高さと直径の比 (h/d) とヤング係数の関係 (1)

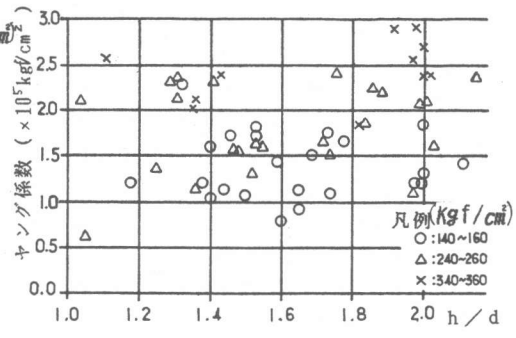


図-11 コアの高さと直径の比 (h/d) とヤング係数の関係 (2)

の式が用いられている。

$$E_c = 2.1 \times 10^5 \times (r/2.3)^{1.5} \times \sqrt{F_c/200}$$

しかし、この式は、シリンダー供試体について求められたものであり、コア供試体についてこの式でヤング係数を求めると実際の測定値より高く算出される傾向にある。これは、コア採取時に粗骨材の回りにマイクロクラックが発生するなどの影響によるものとされている。そこで、建物から抜き取ったコンクリートコアのヤング係数に対して上式をどの程度に評価したらよいかを知るために次に示す方法で検討をした。

(1) 3章の結果よりヤング係数へ及ぼす影響因子として圧縮強度が大きいことが明らかとなった。このことから学会式を次の様に変形した。

$$\frac{F_c}{200} = \left(\frac{E_c}{2.1 \times 10^5 \times (r/2.3)^{1.5}} \right)^2$$

(2) 今回のデータが学会式に適用するかを判断するために実際に測定された F_c 、 E_c 及び r によって得られる上式の左辺及び右辺をそれぞれ図12に示す横軸及び縦軸にとり検討を行った。

4. 1 検討結果

図-12に示すように多少バラツキはあるものの、 $F_c/200$ が大きくなると

$$\left(\frac{E_c}{2.1 \times 10^5 \times (r/2.3)^{1.5}} \right)^2$$

が大きくなる傾向にある。なお、このバラツキの原因としては、ゲージ法におけるゲージの貼りつけ方法などの影響が考えられる。また全体的に $y=x$ の線よりも下の方にプロットされている。これらは、抜き取りコアの場合、ヤング係数は、計算値よりも低めに出るということを表わしている。

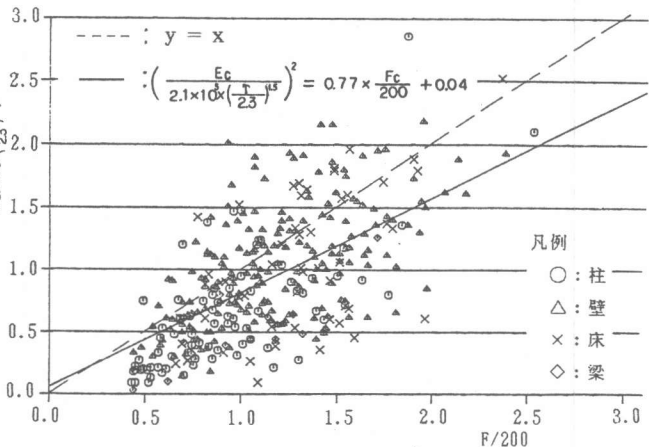


図-12 $\frac{F_c}{200}$ と $\left(\frac{E_c}{2.1 \times 10^5 \times (r/2.3)^{1.5}} \right)^2$ の関係

そこで、抜き取りコアの場合、学会式に比べてヤング係数がどの程度低めに出るのかを知るために、図-12のデータについて回帰分析を行った結果、次のような回帰式を得た。

$$\left(\frac{E_c}{2.1 \times 10^5 \times (r/2.3)^{1.5}} \right)^2 = 0.77 \times \frac{F_c}{200} + 0.04 \quad (R=0.63)$$

この式から抜き取りコアのヤング係数を学会式の形で評価する式として次式が得られた。なお上式の右辺の係数 0.04 は無視している。

$$E_c = 0.88 \times \left\{ 2.1 \times 10^5 \times \left(\frac{r}{2.3} \right)^{1.5} \times \sqrt{\frac{F_c}{200}} \right\}^2$$

5. まとめ

既存RC造建築物のコンクリートヤング係数について次のことが明らかとなった。

- (1) 圧縮強度のヤング係数へ及ぼす影響は大きい。
- (2) 単位容積重量のヤング係数へ及ぼす影響は比較的小さい。
- (3) コアの高さと直径の比 (h/d) のヤング係数へ及ぼす影響が若干認められる。この場合、 $h/d = 1.6 \sim 1.7$ の時ヤング係数は比較的小さくなる。
- (4) 抜き取ったコンクリートコアのヤング係数は、日本建築学会RC規準式に 0.88 を乗じた式でほぼ評価することができる。

(参考文献)

- 1) 樹田・友沢・矢島、『実際のRC造建築物におけるコンクリート品質(その1~2)』日本建築学会論文報告集、第311号・317号、昭和57年1月・7月
- 2) 樹田・友沢・矢島・他、『高さ直径の比が2以下の供試体による圧縮強度および弾性係数の評価』日本建築学会大会梗概集昭和60年