

構造変数のバラツキの実態調査

○東北大学 学 武山 泰
東北大学 学 戸谷 有一
東北大学 正 鈴木 基行

1. まえがき

現在、構造物の合理的な設計法として統計確率論を理論的基礎におく限界状態設計法の確立が急がれている。そのためには設計に係わる種々の構造変数の分布形や変動性等の確率的情報を把握することが必要である。

このような観点から、本報告はRC構造物の設計に係わる構造変数のうち特にコンクリート圧縮強度、鉄筋降伏点強度、部材寸法について、実際の構造物における分布形及び変動性を調べ、その情報を安全性検証に反映させることを目的としたものである。

2. 調査方法

調査資料としては、いくつかの工事におけるコンクリート強度試験報告書、鉄材検査証明書、配筋及び出来形検別表などを用いた。それぞれについての調査方法を以下に述べる。

コンクリート圧縮強度は、標準養生した円柱供試体の28日強度について配合の同じものを同一母集団とし、また鉄筋降伏点強度は比較的使用頻度の高いSD30について製鉄所、鉄筋径の同じものを同一母集団として集計し、平均値、変動係数を求め、さらに分布形の推定、検定を行なった。

部材寸法は、幅、高さ、有効高さ(70~120cm)、かぶり(7~16cm)について、絶対誤差及び相対誤差を調査した。幅、高さについては部材寸法を5階層(0.5~1, 1~2, 2~4, 4~7.5, 7.5m以上)に分けて集計を行なった。

3. 調査結果

コンクリートの圧縮強度の分布は、同一母集団ではほぼ正規分布とみなせる。(図-1) このときの変動係数の分布は1.5~11%であり、3~6%のものが大部分を占めていた。(図-2) 集計結果の数例を(表-1)に示す。

鉄筋降伏点強度は各母集団とSD30全体をまとめたものともに正規分布とみなせる。(図-3) SD30全体の平均値は38.5 kgf/mm²、変動係数は6.6%であった。各母集団の平均値は36~42 kgf/mm²の間にがなりばらつており、それぞれの変動係数は3~6%であった。(図-4)

表-1 コンクリート圧縮強度 集計結果

設計基準強度(kg/cm ²)	160	180	210	240				270		300	400		500
サンプル数 n	324	132	258	243	233	168	196	318	372	321	213	147	2031
平均値 $\bar{x}$ (kg/cm ²)	223.6	243.0	254.0	295.4	294.1	288.6	289.7	320.3	307.8	352.3	464.7	490.5	551.5
標準偏差 σ (kg/cm ²)	10.1	7.25	8.38	13.6	27.3	10.0	13.5	8.40	12.4	16.1	24.9	7.35	16.1
変動係数(%)	4.5	3.0	3.3	4.5	9.3	3.5	4.7	2.6	4.0	4.6	5.4	1.5	2.9

部材寸法のうち、幅、高さ、有効高さについては絶対誤差は設計上の部材寸法によらず、-10~+20mmに、かぶりについては、-8~+9mmにばらついており、その分布形は正規分布とみなせる。(図-5) 相対誤差についても分布形は正規分布とみなせる。(図-6) 相対誤差の平均値及び部材寸法の変動係数を(表-2)に示す。

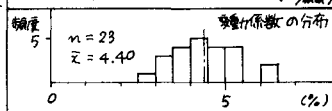
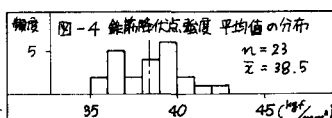
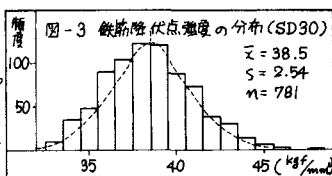
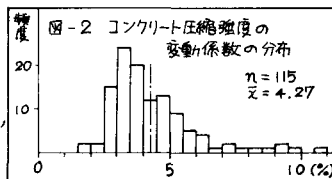
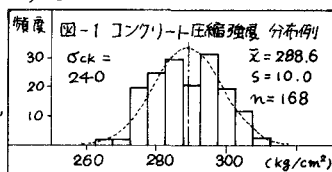


表-2 部材寸法相対誤差調査結果

部材寸法 階層	幅					高さ				有効 高さ	かぶり
	0.5~1m	1~2m	2~4m	4~7.5m	7.5m以上	0.5~1m	1~2m	2~4m	4~7.5m		
サンプル数 n	123	111	76	101	58	79	40	21	20	238	402
相対誤差平均(%)	+0.11	+0.10	+0.11	+0.034	+0.050	+0.25	+0.17	+0.24	+0.053	+0.13	+0.51
部材寸法変動係数	0.23%	0.10%	0.12%	0.067%	0.035%	0.36%	0.31%	0.13%	0.09%	0.23%	2.7%

4. 考察

今回調査したコンクリート圧縮強度は、標準養生を行なった円柱供試体の材令28日における強度であり、構造物内のコンクリートとは打込み、締固め、養生方法などが異なると思われる。よって実際に打込まれたコンクリートの平均値や変動性は、ここから得られたコンクリートのそれとは必ずしも同一とは思われない。構造物からコアを抜いたり、コンクリート打設時に更構造物内にモールドを埋め込む更勝より構造物内のコンクリート強度は標準養生をした供試体に比べて材令28日では3割程度、材令1年では1~2割程度小さくなっていると推定される。(表-3)

表-3 コア、モールド、標準供試体の圧縮強度(45%信頼区間を推定)(kg/cm^2)

供試体 材令	コ ア		モ ー ル ド		標 準	
	サンプル	平均値	サンプル	平均値	サンプル	平均値
28日	218	219.3 ± 10.2 (68%)	248	231.7 ± 16.4 (72%)	317	321.8 ± 8.9 (100%)
	217		226		314	
	237		230		331	
	214		226		323	
	217		245		331	
	213		209		315	
1年	295	280.3 ± 31.6 (80%)	264	288.0 ± 53.1 (82%)	358	350.7 ± 21.7 (100%)
	272		295		353	
	274		305		341	

鉄筋については、強度と断面積の両者について調べる必要があるが、今回は鉄筋断面積に関する資料は得られなかった。

以上より、安全性の検証に用いるコンクリート圧縮強度、鉄筋降伏点強度の確率的情報としては、(表-4)に示したものを採用すればよいと思われる。

コンクリート圧縮強度、鉄筋降伏点強度の変動係数としては、各母集団の変動係数の分布の上側5%程度の値とした。

部材寸法については、(表-2)より部材寸法が50cm以上のものについては、その変動係数が最大のもので0.36%と小さいことから、安全性の検証においては場合によっては部材寸法を確定値として取り扱ってもよいと思われる。

5. まとめ

今回調査した構造変数のうち、構造物内のコンクリート圧縮強度に関しては、コアを抜いたものや、モールドを埋め込んだものについてのデータが少なかつたために、精度の高い推定を行なうことが出来なかった。今後は構造物からコアを抜いたり、構造物にモールドを埋め込む更勝、またシュミットハンマーによる試験などから、標準養生を行なった供試体と構造物内のコンクリートの強度の対応を調べる必要があると思われる。

また構造変数のうち構造物の安全性に最も影響を及ぼす荷重に関して確率的情報を把握することが必要である。

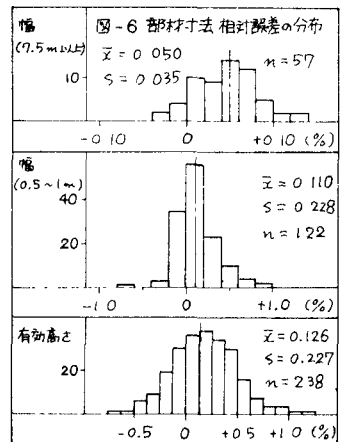
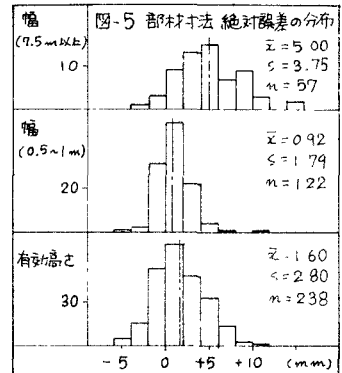


表-4

構造変数	コンクリート 圧縮強度	鉄筋 降伏点強度
平均値	1.0	1.2
設計基準強度 (または公称値)	1.2	1.4
変動係数	8~10%	5~6%
分布形	正規分布	正規分布