

## 建築確認申請図書における保有水平耐力の余裕度

### その2 : アンケート調査の結果

正会員 ○坂本 成弘\*1 同 石川 孝重\*3  
同 菊池 正彦\*2 同 平田 京子\*3

保有水平耐力 アンケート調査  
建築確認申請 確認検査機関  
余裕度分布 K-S 検定

#### 1. はじめに

前報(その1)に続き、アンケート調査に基づく保有水平耐力の余裕度について報告する。

#### 2. 調査結果

##### 2.1 保有水平耐力余裕度の平均値と標準偏差

###### (1) 構造種別と架構形式による違い

RC系とS系の各々について、3種類の架構形式に分類して集計した保有耐力余裕度(各階  $Q_u/Q_{un}$  の最小値)を図1(1)に示す。■と□がRC系の余裕度の平均値と標準偏差であり、●と○がS系の値である。図中の表には標本数を示している。純ラーメン架構では、RC系の平均値が1.16、標準偏差が0.162となっているのに対して、S系では平均値1.60、標準偏差0.520と共に大きい値となっている。耐震要素併用、耐震要素のみの架構ではこの傾向が逆転するが、データ数の多い純ラーメンの傾向を反映して、全架構によるRC系の余裕度が平均値・ばらつき共にS系より小さくなっている。これは目標耐力に対して鉄筋本数を微妙に調整できるRC系(特にラーメン架構)と、部材断面が層間変形角や床たわみ・振動数制限等によって決定されることがあり結果的に耐力に余裕が出やすいS系との違いによるものと考えられる。

###### (2) 建物規模による違い

階数による影響を図1(2)に示す。図1(1)と同様の図である。RC系、S系共に8階建までは階数が少ないほどh平均値は大きく、8階建て以上ではRC系の場合にほぼ一定となる。2~5階の平均値はRC系とS系で全体平均(図中右端)ほどの差はないことから、S系全体の平均値の高さは工場・店舗等の平屋と8階以上、特に12階以上のホテル・事務所における余裕度の高さ( $Q_u/Q_{un} = 1.5 \sim 2.0$ )に影響されていると言える。標準偏差は、RC系、S系共に階数が多くなるほど小さくなる傾向が確認できる。

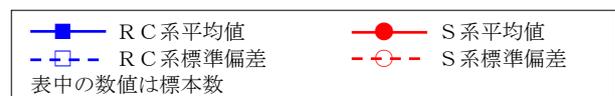
一方、延べ面積による影響を比較した図1(3)では、あまり明確な傾向は見られなかった。ほぼ全ての延べ面積において、RC系よりS系の方が余裕度の平均値とばらつきが大きくなっている。

##### 2.2 保有水平耐力余裕度の分布形状

###### (1) 全データによる分布形状と構造種別による影響

余裕度  $Q_u/Q_{un}$  から1を減じて自然対数をとった値、即ち  $\ln((Q_u/Q_{un})-1)$  (以下、 $R'$ とする)の分布を図2(1)に示す。調査建物の長辺短辺各方向データ401件のうち、余裕度  $Q_u/Q_{un} = 1.00$  の方向が1件あったため、これを除く

400件について示している。柱が頻度分布、赤実線が累積分布であり、青破線が  $R'$  と同じ平均値とばらつきの正規分布の確率密度分布と累積分布である。また、 $R'$  の分布の正規分布に対するコルモゴロフスミルノフ検定(K-S検定)  $Dn\sqrt{N}$  を黒折線で示している。ここに、 $Dn$  は  $R'$  の分布と正規分布の差の絶対値、 $N$  は標本数であり、 $Dn\sqrt{N}$



架構形式	純ラーメン	耐震要素併用	耐震要素のみ	全
RC系	171	76	11	258
S系	117	16	10	143

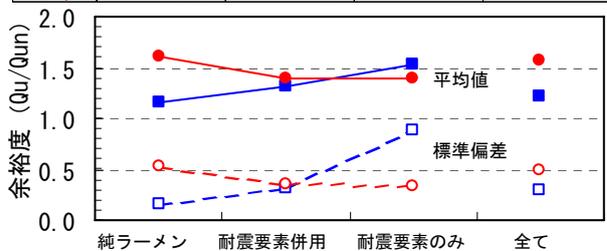


図1(1) 架構形式と余裕度の関係

階数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	全	
RC系		2	20	23	30	35	34	18	14	12	16	18	16	8	10				2	258
S系	23	48	24	10	8	6		10	8				2	4						143

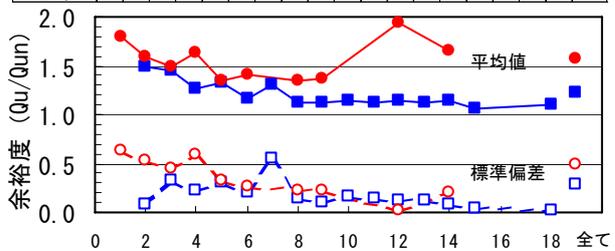


図1(2) 階数と余裕度の関係

延べ面積	<1000	<2000	<3000	<4000	<5000	<7000	<10000	10000≤	全
RC系	28	50	52	34	37	27	12	18	258
S系	53	32	6	12	10	4	16	10	143

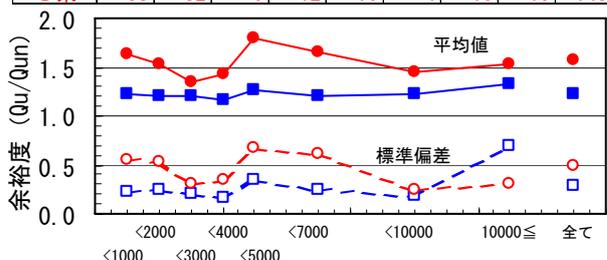


図1(3) 延べ面積と余裕度の関係

= 1.07 が有意水準 20%である。図2の他図も同様であり、図2(2-1)、(2-2)ではRC系とS系の分布を示している。

図2(1)に示している全データの分布では、 $Qu/Qun = 1.05$  に対応する  $R' = -3.0$  付近と  $Qu/Qun = 1.27$  前後に対応する  $R' = -1.3$  付近で頻度が高い。構造種別で見ると、RC系では前者、S系では後者が最頻値となっている。RC系とS系共通の余裕度のピーク値 1.05 は、複数の審査機関における保有耐力余裕度の指導値として説明できるが、S系の最頻値 1.27 については明確には説明できない。また、S系の分布では、 $Qu/Qun = 1.6\sim 2.5$  に対応する  $R' = -0.5\sim 0.4$  付近でも比較的頻度が高い。

図2では  $R'$  の累積分布と頻度分布を正規分布と比較しており、 $R'$  がほぼ正規分布に従うことがわかる。即ち、 $(Qu/Qun)-1$  が対数正規分布に従うことになる。全データによる分布の K-S 検定  $Dn\sqrt{N}$  の最大値は 1.16 であり、有意水準 13%程度となる。 $Dn\sqrt{N}$  が最大値を示すのは  $R' = -2.5$  においてであり、 $R' = -3.0\sim 2.5$  付近の頻度が高いことによるものである。RC系においても同様に  $R' = -3.0\sim 2.5$  付近の頻度が高く、 $Dn\sqrt{N}$  が最大値を示す。RC系とS系を比較すると、S系の方が  $Dn\sqrt{N}$  最大値が小さいため正規分布への適合性が良いと言えるが、 $Qu/Qun$  の大きい  $R' > -1$  ではややRC系の方が正規分布への適合性が良い。上述したように、S系の分布では  $R' = -0.5\sim 0.4$  付近の比較的頻度が高いためであり、 $R'$  が正規分布に比べ

て右側、即ち余裕度の大きい側の裾野が長くなっていることによるものである。

### (2) 架構形式による影響

架構形式の違いによる分布を図2(3-1)~(3-3)に示す。純ラーメンの架構の件数が 287 件、即ち全体の 72%であることから、図2(1)に示した全データによる分布とほぼ同様のものとなっている。耐震要素併用、耐震要素のみの件数はそれぞれ 92 件と 21 件であり、やや標本数が少ないため、構造種別の違いは明確には見えない。

### 3. まとめ

確認申請図書の調査に基づく保有水平耐力余裕度（各階の必要保有水平耐力に対する保有水平耐力の比の最小値）を示した。

- 1) 全データによる余裕度の分布は、平均値 1.34、中央値 1.19、最頻値 1.05 の「正の歪み」を持つ分布形状である。余裕度から 1 を減じた分布はほぼ対数正規分布に従っており、その有意水準は 10%以上である。
- 2) 全体の余裕度分布と比べ、RC系の余裕度の平均値は 0.1 程度小さく、ばらつきも小さい分布となっている。一方、S系は平均値が 0.2 程度大きく、ばらつきも大きい分布となっている。
- 3) 上記 2)の傾向は純ラーメン架構についてより顕著であり、RC系では平均 1.16、標準偏差 0.162 と小さく、S系では平均値 1.60、標準偏差 0.520 と大きい。

参考文献：伊藤學、亀田弘行、阿部雅人、能島暢呂：改訂 土木・建築のための確率・統計の基礎、丸善、2007.1.

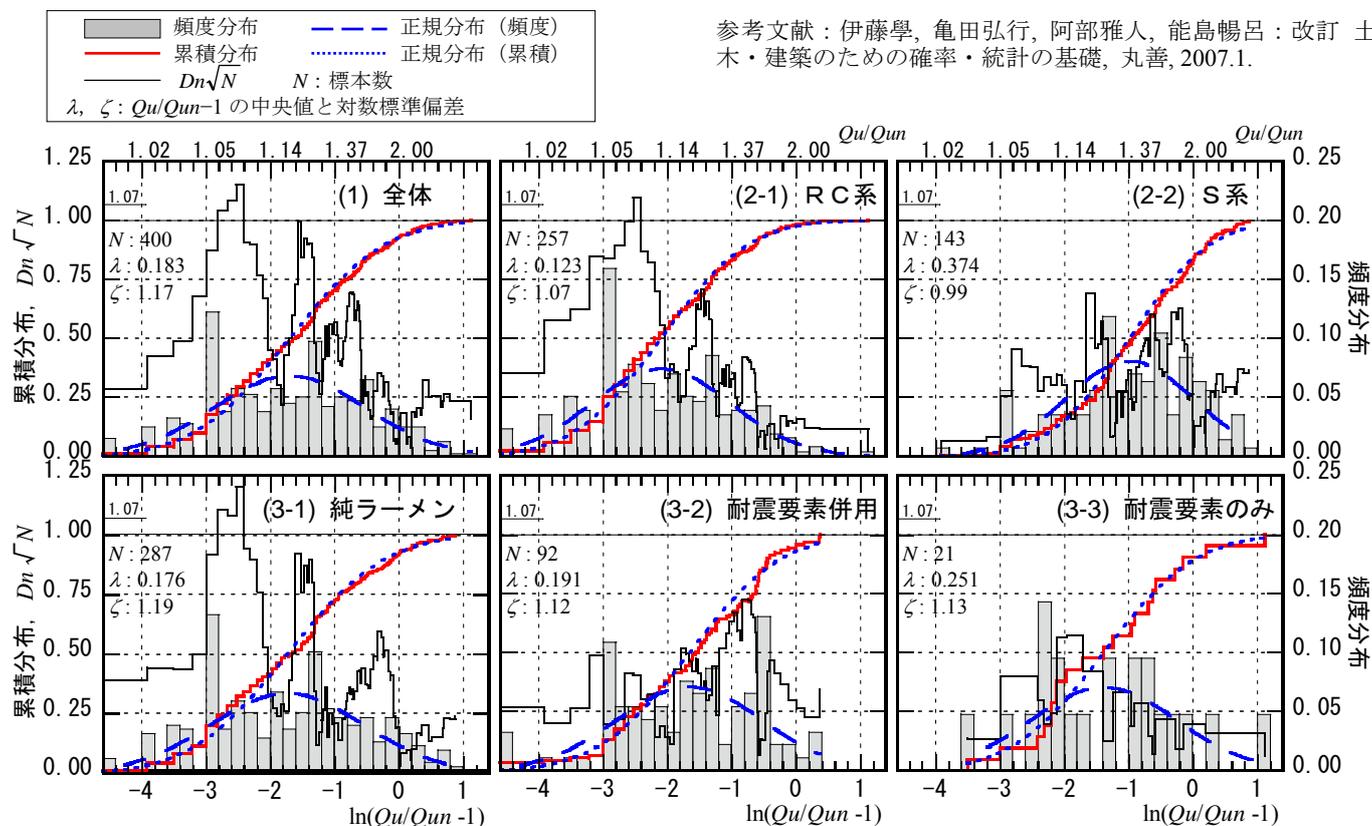


図2 保有水平耐力余裕度の分布

\*1 大成建設 技術センター

\*2 大林組 構造設計部

\*3 日本女子大学 家政学部住居学科

\*1 Technology Center, Taisei Corporation

\*2 Structural Design Department, Obayashi Corporation

\*3 Department of Housing and Architecture, Japan Women's University