

ALA CONCRETE

靱性能とせん断強度

人工軽量骨材コンクリート部材の靱性能とせん断強度の構造試験について

ご／あ／い／さ／つ

当協会におきましては、人工軽量骨材コンクリートの特性をより良く活用していただくために、技術資料を作成しておりますが、今回は「人工軽量骨材コンクリート部材の靱性能とせん断強度の構造試験について」を取りまとめました。

本号は建設省建築研究所、(社)建築業協会、(財)日本建築センターによる共同研究プロジェクト「高層鉄筋コンクリート壁式ラーメン構造(HFW構造)の研究開発」の一環として実施された軽量コンクリートの構造試験結果を抄録したものです。参考資料としてご利用いただければ幸いです。

今後とも人工軽量骨材業界およびコンクリート業界の発展のために、皆様方のご指導とご鞭撻をお願い申し上げます。

人工軽量骨材協会

1989年 8 月

1989年度 技術課題

1. 高強度軽量コンクリートの構造試験。
2. 建設省通達による高強度軽量コンクリート (240kgf/cm^2 , 270kgf/cm^2) のポンプ施工の認定。
3. 建設省総合プロジェクト「鉄筋コンクリート造建築物の超軽量・超高層化技術の開発」に関する共同研究。
4. 軽量コンクリート技術資料の作成。

目 次

1. まえがき…………… 1
2. 靱性試験…………… 1
3. せん断試験…………… 7
4. 結 び……………10

■ 最近の軽量コンクリート施工例

軽量コンクリート技術資料発行内容

- No. 1 床の遮音
- No. 2 ポンプ施工
- No. 3 耐 久 性
- No. 4 力学的特性
- No. 5 高強度コンクリート

(資料提供)

1. ま え が き

近年、建築物の高層化に伴い構造物の軽量化が要求されてきており、特にコンクリートの軽量化および高強度化が注目されている。

人工軽量骨材協会では、これらの趨勢に対応するため、先に、建設省建築研究所に“高強度軽量コンクリートの基礎的物性試験”を委託し、その実験結果ならびに考察を技術資料 No.5「高強度コンクリート」に収録、刊行した。さらに、引き続き、その実用化のため、鉄筋コンクリート部材による諸実験を実施しているところである。

本稿は、建設省建築研究所、(財)建築業協会、(財)日本建築センターが昭和60年度から3年計画で実施の「高層鉄筋コンクリート壁式ラーメン構造 (HFW 構造) の共同研究」の一環として行われた、軽量コンクリートの構造実験による研究成果を抄録したものである。

この実験研究では、軽量コンクリートを用いた鉄筋コンクリート部材で、従来、やや不明確であった靱性能とせん断強度の特性に注目し、HFW 構造への適用を考慮して、鉄筋コンクリート梁の靱性およびせん断試験を実施し、普通コンクリートとの対比において、それらの特性を把握している。

なお、これら一連の研究成果は、(財)日本建築センターの「高層 (12~15階) を中心とした壁式ラーメン構造の構造設計に関するガイドライン及び技術資料」に収録されており、軽量コンクリートを HFW 構造に採用する際の構造評定における技術基準が確立されたことを付記したい。

2. 靱 性 試 験

軽量コンクリート梁の靱性について、肋筋量とコンクリート強度を主要なパラメータとし、普通コンクリートとの比較を行った。

表1 試 験 体 一 覧

No.	$b \times l$ (cm)	主 筋 p_t (%)	p_w (%)	肋 筋	コンクリートの種類	$\sigma_B^{(1)}$ (kgf/cm ²)	せん断余裕度 ²⁾	共 通 事 項
1	17.5 × 27.0	4-D13 (1.20)	0.41	2-D6@90	普 通	226	1.05	・ $M/QD=2.5$ ・ スラブ厚 5 cm ・ スラブ幅片側 50cm ・ スラブ軸方向筋 16-D4 (ダブル) ・ スラブ配力筋 D4@135 (ダブル) ・ 鉄筋降伏強度 (kgf/cm²) D13-3780 D 6-3687 D 4-4206
2			0.60	2-D6@61			1.17	
3			0.90	3-D6@61			1.34	
4			0.41	2-D6@90	軽 量 (第1種)	292	1.12	
5			0.60	2-D6@61			1.25	
6			0.90	3-D6@61			1.41	
7			0.41	2-D6@90		331	1.16	
8			0.60	2-D6@61		432	1.29	
9			0.41	2-D6@90			1.28	
10			0.60	2-D6@61			1.40	
11			0.60	2-D6@61		225	1.17	
12			0.60	2-D6@61			1.17	

注1) コンクリートの圧縮強度 (材料試験結果)

2) せん断余裕度とは、表2の cQ_{su}/cQ_y ①である

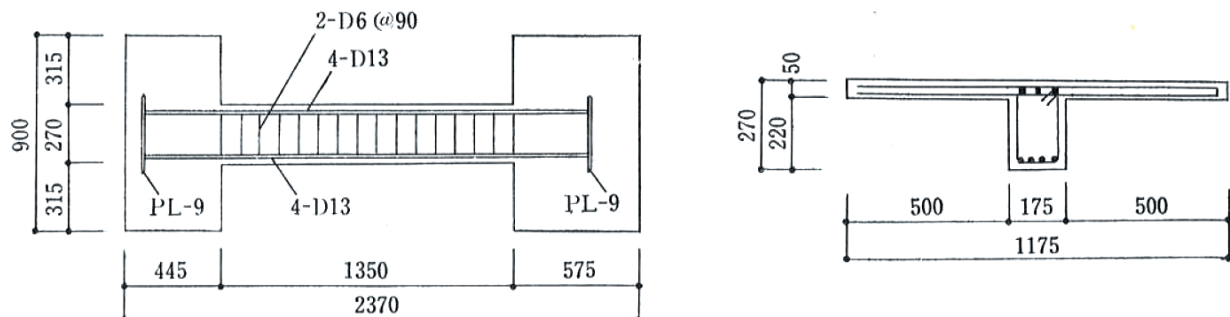


図1 試験体配筋図 (No.1)

(1) 試験体

表1に全試験体の諸元を、図1にその配筋例を示す。試験体は、15階建て建物の中・下層階を想定した1/3縮小モデルとし、せん断スパン比(M/QD)を2.5、スラブ厚さを5cm、スラブ幅を梁片側で50cmとした。主筋は、上端筋、下端筋とも4-D13の一段配筋で、肋筋量およびコンクリート強度を主要なパラメータとしている。各試験体のコンクリートの設計基準強度は、No.1~3では $F_c=240\text{kgf/cm}^2$ 、No.4~6では $L_c=270\text{kgf/cm}^2$ 、No.7,8では $L_c=300\text{kgf/cm}^2$ 、No.9,10では $L_c=360\text{kgf/cm}^2$ 、No.11,12では $L_c=240\text{kgf/cm}^2$ とした。また、スラブ軸方向筋は片側で8-D4とし、配力筋はD4@135でのおおのダブル配筋とした。

(2) 使用材料

表1に各コンクリートの圧縮強度を示す。使用した

粗骨材は、軽量コンクリートでは最大径10mmの軽量骨材を、普通コンクリートでは最大径10mmの砕石を用いた。細骨材は両コンクリートとも砕砂を用いた。図2に各コンクリートの σ - ϵ 曲線の一例を示す。また、表1に鉄筋の降伏強度を示す。

(3) 加力および測定方法

加力には、図3に示す建研式逆対称加力装置を用いた。スタブの移動・回転を拘束しつつ、水平変形を加える方法を採用した。荷重履歴は、部材角 $R=\pm 1/200$, $\pm 1/100$, $\pm 1/50$, $\pm 1/33$ を2回, $\pm 1/20$ を1回行った後、最後に正側で押し切った。ただし、No.8については、一方向加力と繰返し加力による違いをみるため荷重履歴を変えた。すなわち、 $R=\pm 1/20$ を1回行った後、正側で押し切った。測定はスタブ間の水平変形、鉛直変形を変位計で、主筋、肋筋およびスラブ筋の歪をワイヤーストレインゲージで測定した。

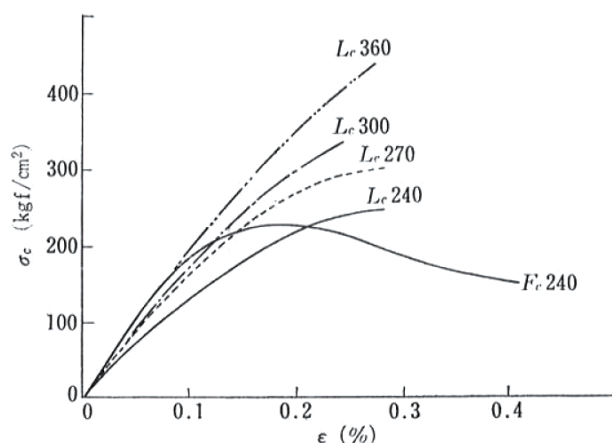


図2 コンクリート σ - ϵ 曲線

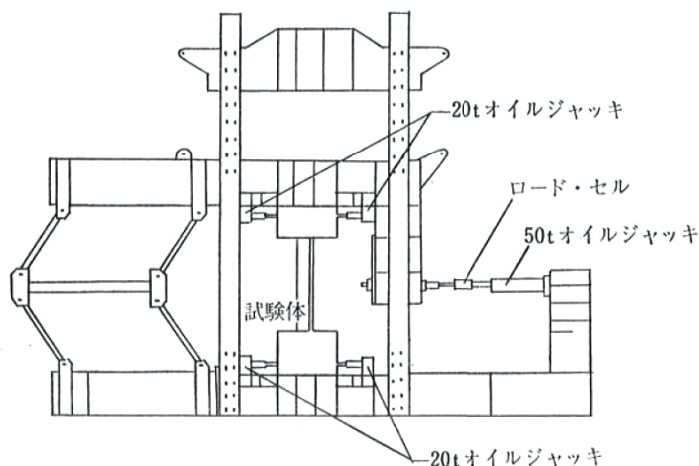


図3 加力装置図

(4) 実験結果

図4に $p_w=0.41\%$ 試験体の荷重変形曲線の包絡線を、図5に $p_w=0.60\%$ 試験体の包絡線を、図6に No. 1～6 の包絡線をおのおの示す。また、No. 2と No. 11の荷重変形曲線を図7に示す。

① 破壊経過

図4、5および図6より、各試験体とも想定した終局変形 $R=1/33$ ※までの挙動を比較すると大きな差はみられないが、それ以降において差がみられた。すなわち、No. 1, 4, 7, 11, 12については、 $R=1/20$ の加力において梁下端に付着割裂破壊が生じ、耐力低下を起こした。

一方、その他の試験体については、梁端部に生じたせん断ひびわれが拡大し、端部のコンクリートが圧壊するせん断圧縮破壊であった。耐力低下は、No. 2, 9, 10では $R=1/20$ の負側の加力で、No. 5では $R=1/15$ の加力でおおの起きた。

また、 $p_w=0.90\%$ の No. 3と No. 6については、最後まで顕著な耐力低下はみられなかった。

※ 地震波の最大加速度を350gal(震度階ほぼ6に相当)としたときの動的解析結果によると、応答最大変形時における梁の部材角は約1/50であり、 $R=1/33$ はさらに大変形を想定した過酷な状態である。

② コンクリート強度が及ぼす影響

図4と図5より、軽量コンクリート試験体においてコンクリート強度が高くなるにつれ、靱性能が向上していることがわかる。また、コンクリート強度が高くなるにつれ、端部にせん断ひびわれが集中しないで材全長に分散する傾向がみられた。

③ コンクリートの違いによる影響

図7より、ほぼ同じコンクリート強度の普通コンクリート試験体(No. 2)と軽量コンクリート試験体(No. 11)の挙動を比較すると、 $R=1/33$ 以降で差がみられた。すなわち、軽量コンクリート試験体では、梁下端で付着割裂破壊が生じ耐力低下をおこしているのに対し、普通コンクリート試験体では、せん断圧縮破壊で耐力低下が緩やかであった。

④ 筋筋量の増加による影響

図6より、普通コンクリート試験体(No. 1～3)および軽量コンクリート試験体(No. 4～6)において、コンクリート強度を一定とし筋筋量を増やすことにより、梁の靱性能が向上していることがわかる。

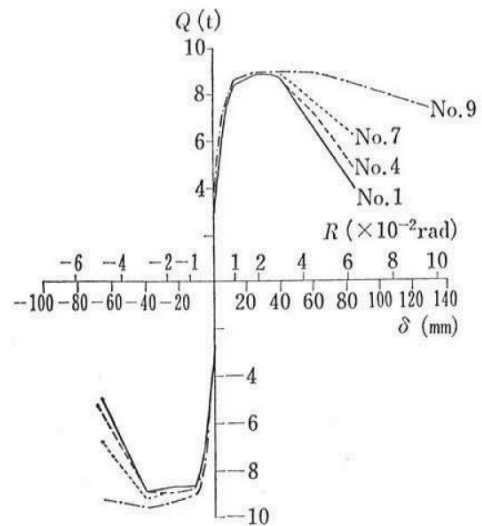


図4 荷重変形曲線の包絡線
($p_w=0.41\%$ 試験体)

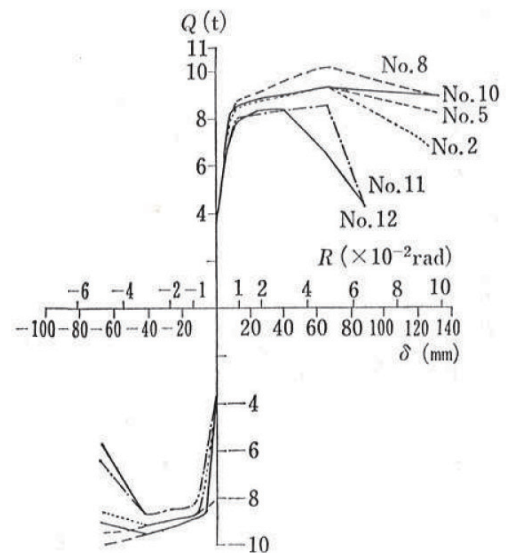


図5 荷重変形曲線の包絡線
($p_w=0.60\%$ 試験体)

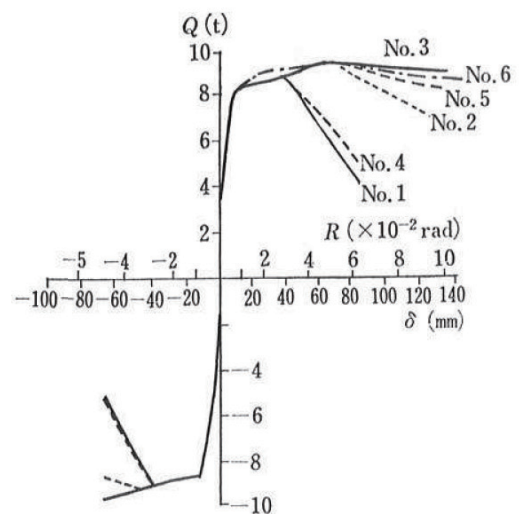


図6 荷重変形曲線の包絡線
(No. 1～6 試験体)

表2 諸強度一覧

No.	曲げひびわれ		せん断ひびわれ		曲げ強度						せん断		破壊モード
	$\frac{eQ_{bc}}{(t)}$	$\frac{eQ_{bc}}{cQ_{bc}}$	$\frac{eQ_{su}}{(t)}$	$\frac{eQ_{su}}{cQ_{su}}$	$eQ_y(t)$	$eQ_{max}(t)$	$cQ_y①(t)$	$cQ_y②(t)$	$\frac{eQ_y}{cQ_y①}$	$\frac{eQ_{max}}{cQ_y①}$	$cQ_{su}(t)$	$cQ_{su}(t)$	
1	2.18 -1.21	1.63 -0.90	4.36 -3.96	1.09 -0.99	8.49 -8.61	8.91 -8.95	7.24	7.58	1.17 -1.19	1.23 -1.24	7.59	7.59	F→B ₀
2	3.18 -1.14	2.37 -0.85	4.73 -4.84	1.18 -1.21	8.49 -8.83	9.43 -9.20	7.24	7.58	1.17 -1.22	1.30 -1.27	8.49	8.49	F→SC
3	2.24 -1.18	1.67 -0.88	5.59 -4.90	1.40 -1.23	8.51 -8.13	9.45 -9.58	7.24	7.58	1.18 -1.12	1.31 -1.32	9.65	9.65	F→SC
4	2.85 -1.69	1.76 -1.04	4.46 -3.28	1.01 -0.75	8.69 -8.82	8.89 -9.00	7.24	7.58	1.20 -1.22	1.23 -1.24	8.13	8.13	F→B ₀
5	2.28 -1.24	1.41 -0.77	4.75 -3.71	1.09 -0.85	8.53 -8.73	9.48 -9.49	7.24	7.58	1.18 -1.21	1.31 -1.31	9.03	9.03	F→SC
6	1.26 -0.59	0.78 -0.36	4.40 -2.95	1.01 -0.68	8.49 -8.44	9.54 -9.64	7.24	7.58	1.17 -1.17	1.32 -1.33	10.19	10.19	F→SC
7	0.90 -1.40	0.52 -0.81	2.91 -3.91	0.64 -0.86	8.58 -8.90	9.05 -9.25	7.24	7.58	1.19 -1.23	1.25 -1.28	8.42	8.42	F→B ₀
8	3.40	1.98	4.26	0.93	8.74	10.23 -9.94	7.24	7.58	1.21	1.41 -1.39	9.34	9.34	F→SC
9	1.38 -3.19	0.73 -1.69	1.79 -3.50	0.35 -0.68	8.62 -9.02	9.11 -9.56	7.24	7.58	1.19 -1.25	1.26 -1.32	9.27	9.27	F→SC
10	3.48 -3.71	1.84 -1.96	4.78 -4.73	0.93 -0.92	8.75 -8.82	9.58 -9.56	7.24	7.58	1.21 -1.22	1.32 -1.32	10.17	10.17	F→SC
11	2.51 -1.66	1.93 -1.21	3.40 -3.29	0.85 -0.82	8.16 -8.43	8.69 -8.78	7.24	7.58	1.13 -1.16	1.20 -1.21	8.48	8.48	F→B ₀
12	1.49 -0.61	1.09 -0.44	3.61 -3.04	0.90 -0.76	7.89 -8.27	8.54 -8.72	7.24	7.58	1.09 -1.14	1.18 -1.20	8.48	8.48	F→B ₀

注1) 添字のe, cはおのおの実験値, 計算値を示す

2) 数字は2段になっている場合は, 上段は正, 下段は負加力時の値である

3) $cQ_{bc}=1.8\sqrt{F_c}\cdot Ze$

$$cQ_{sc}=\left(0.085k_c\frac{500+F_c}{M/QD+1.7}\right)\cdot b\cdot j$$

$$cQ_y①=\sum 0.9at\cdot\sigma_y\cdot d \text{ (スラブ幅を最大で1.0m有効)}$$

$$cQ_y②=\sum 0.9at\cdot\sigma_y\cdot d \text{ (スラブ全幅を有効)}$$

$$cQ_{su}=\left(0.053p_{te}^{0.23}\frac{F_c+180}{M/QD+0.12}+2.7\sqrt{p_{we}\cdot\sigma_{wy}}\right)\cdot b\cdot e\cdot j$$

4) 破壊モード F: 曲げ降伏, SC: 端部でのせん断圧縮破壊, B₀: はり下端での付着割裂破壊

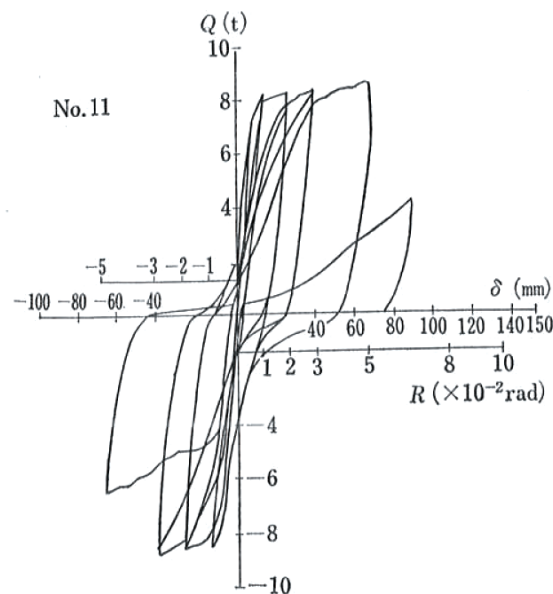
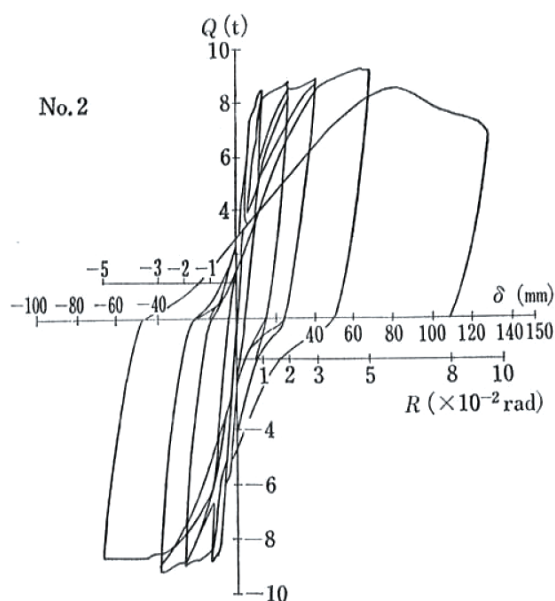


図7 荷重変形曲線

⑤ 諸強度の検討

諸強度の実験値と計算値の比較を表2に示す。なお、計算値は材料試験結果の値を用いている。曲げひびわれ強度については、普通コンクリート試験体および軽量コンクリート試験体ともバラツキがみられた。せん断ひびわれ強度の計算値に対する実験値の比は、正側の荷重で普通コンクリート試験体で平均して1.22、軽量コンクリート試験体で0.92と軽量コンクリート試験体のほうがやや低い。曲げ強度については、スラブ幅を実大で1.0mを有効として求めた計算値(cQ_y ①)と降伏荷重、最大荷重を比較した。繰返しを行った試験体では、計算値に対して正負の荷重を平均しておの

おの18%、27%程度上回っている。なお、計算では加力ビームの重さを無視しているが、これを考慮すると曲げ強度は0.37 t、せん断強度は0.19 t増加する。

⑥ せん断余裕度と梁の靱性能

試験体の靱性能を比較するため、せん断余裕度(cQ_{su}/cQ_y ①)と限界変形および耐力維持率の関係について検討を行った。ここで、限界変形とは、正側の荷重変形曲線の包絡線上で荷重が最大荷重の80%に低下したときの変形と定義し、耐力維持率とは、 $R=1/33$ の2回目のサイクルで得られた実験値と最大荷重の比と定義した。

図8にせん断余裕度と限界変形の関係を、図9にせ

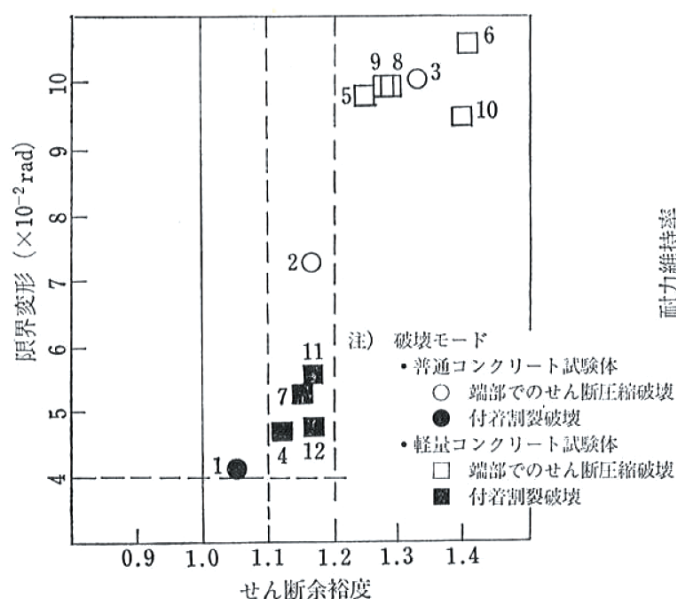


図8 せん断余裕度と限界変形

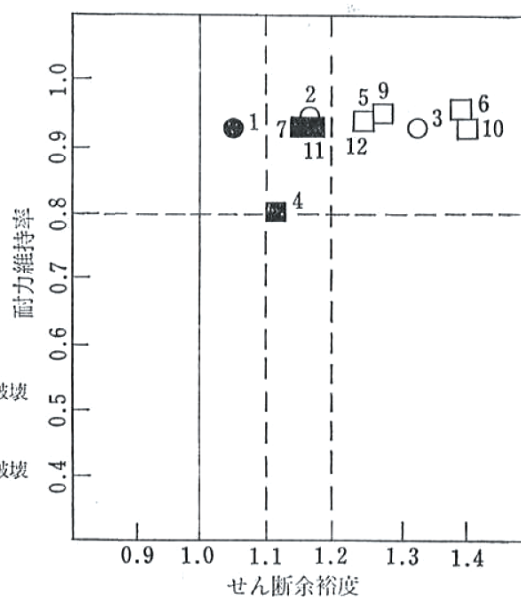


図9 せん断余裕度と耐力維持率

ん断余裕度と耐力維持率の関係をおのおの示す。なお、各試験体に添えた数字は試験体番号を示し、耐力維持率を求める際の実験値は正負の平均値とした。

図8および図9より、すべての試験体において限界変形は $R=1/25$ をこえ、耐力維持率も80%以上であった。ただし、せん断余裕度が普通コンクリートでは1.1以下、軽量コンクリートでは1.2以下の試験体では最終的に付着割裂破壊が生じた。

⑦ 付着割裂強度と限界変形の関係

図10に柴田・桜井式から求めた付着割裂強度(cQ_u)と曲げ強度(cQ_y ①)の比と限界変形の関係を、図11に森田・藤井式から求めた付着割裂強度(τ_b)と平均付着応力度(τ_{mu})の比と限界変形の関係をおのおの示す。ここで、主筋の平均付着応力度は次式により求めた。曲げ降伏後の繰返し载荷下で、主筋引張り側 $1.0D$ については付着を喪失していると考え、有効付着長を $(L-D)$ とした。また、圧縮側については圧縮降伏していると仮定した(図12参照)。

$$\tau_{mu} = 2.0 \sum a_t \cdot \frac{\sigma_y}{(L-D) \sum \phi}$$

ここに、

τ_{mu} : 曲げ降伏後の主筋の平均付着応力度
(kgf/cm²)

a_t : 主筋の断面積(cm²)

D : 梁成(cm)

ϕ : 主筋の周長(cm)

図10と図11で、横軸が大きくなるにしたがい付着割裂破壊が生じにくくなると考えられる。柴田・桜井式によると、普通コンクリート試験体では、付着割裂破壊が生じた試験体の計算値の比は1.0以下の範囲にあり、その比が大きくなるにしたがい限界変形が増している。それに対して、軽量コンクリート試験体では、付着割裂破壊が生じた試験体の計算値の比は1.1以下の範囲にある。

森田・藤井式から求めた計算値の比が柴田・桜井式のものよりやや高めであるが、森田・藤井式から求めた計算値の比と限界変形の関係をみると柴田・桜井式と同様な傾向を示している。

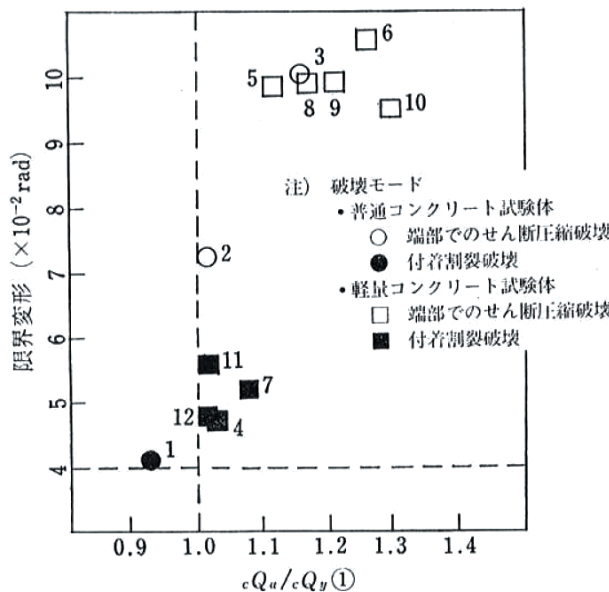


図10 柴田・桜井式と限界変形

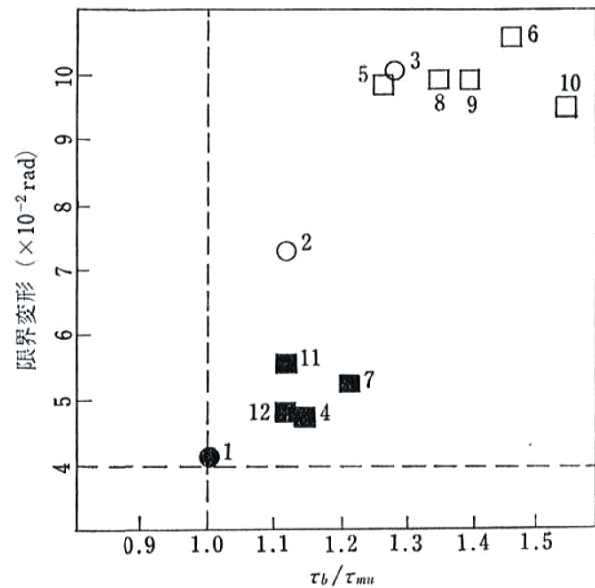


図11 森田・藤井式と限界変形

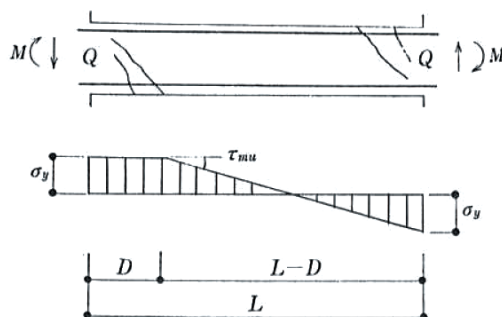


図12
主筋応力分布の仮定

(5) ま と め

- ① 梁の靱性能はコンクリート強度を上げること、および筋筋量を増やすことによりかなり改善することができる。
- ② 梁の曲げ変形能力について、ほぼ同じコンクリート強度を有する同配筋の試験体（せん断余裕度が1.17）の挙動を比較すると、想定した終局変形（ $R=1/33$ ）までの挙動においては、普通コンクリートと大きな差はみられなかった。
- ③ 軽量コンクリート試験体では、せん断余裕度が1.1をこえていれば、限界変形は $R=1/25$ をこえ、耐力維持率は80%を確保しているが、せん断余裕度が1.1~1.2の範囲では最終的に大変形において付着割裂破壊が生じた。
- ④ 付着割裂破壊に関して既往の強度算定式により実験結果との対応を検討した。普通コンクリート試験体では柴田・桜井式および森田・藤井式ともおおむね良い対応を示しているが、これらの普通コンクリートの式を軽量コンクリート試験体に適用する場合には、その付着割裂強度を若干低減したほうが良いと思われる。

3. せん断試験

軽量コンクリート部材のせん断試験により、断面形状がせん断耐力に及ぼす影響を含め、その破壊性状、せん断耐力について普通コンクリートとの比較を行った。

(1) 試験体

試験体一覧を表3に、配筋図の一例を図13に示す。試験体は、せん断スパン比 $a/D=1.5, 2.0$ の2水準とした総数16体である。基準となる矩形梁の断面は $b \times D=17.5 \times 27.0\text{cm}$ で、これは実大の1/3縮尺を想定したものである。T形梁は、スラブ厚さ $t=5.0\text{cm}$ を一定として、スラブ幅 $b_a=15.0\text{cm}$ ($3t$), 30.0cm ($6t$) を設けた2水準の断面とし、同時にこれらと等価な矩形断面をもつ試験体も製作した。主筋は上端、下端とも4-D13とし、部材のせん断破壊を先行させるため焼入れを施し降伏耐力を高めた。せん断補強筋は、D6 (SD 30) を使用しピッチを変化させて、せん断補強筋比 (p_w) を0.41, 0.68, 0.91, 1.22%の4水準とした。スラブ筋は梁と直交・材軸方向とも D6 (SD 30) を用いた。

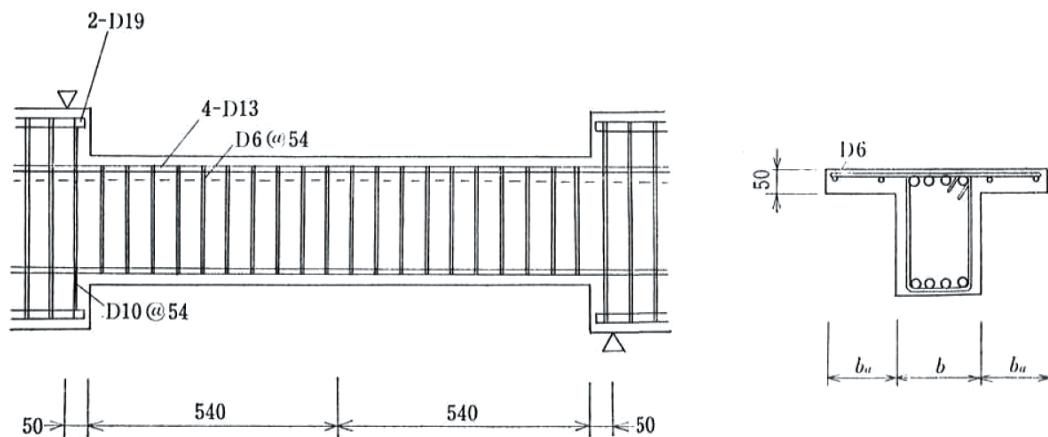


図13 配筋図の一例

(2) 使用材料

コンクリートは設計基準強度 $F_c=240\text{kgf/cm}^2$ とした1種軽量コンクリートで、粗骨材には最大骨材径10

mmの人工軽量骨材を用いた。人工軽量骨材は現在生産されている2社のもの（軽量骨材Ⅰおよび軽量骨材Ⅱ）を使用した。材料試験結果を表4、5に示す。

表5 鉄筋の材料試験結果

	圧縮強度 (kgf/cm^2)	引張強度 (kgf/cm^2)	ヤング係数 (kgf/cm^2)
軽量骨材Ⅰ	227	17.2	1.52×10^5
軽量骨材Ⅱ	204	15.5	1.37×10^5

	降伏強度 (kgf/cm^2)	引張強度 (kgf/cm^2)	ヤング係数 (kgf/cm^2)
主筋 D13	10700	12700	1.79×10^5
補強筋 D6	3200	4310	1.63×10^5
スラブ筋 D6	3320	3970	1.97×10^5

表3 試験体および実験結果一覧

試験体名	せん断 スパン比 a/D	はり幅 b (cm)	スラブ幅 b_a (cm)	引張 鉄筋比 $p_t(\%)$	せん断 補強筋比 $p_w(\%)$	載荷 履歴	実験値		計算値		比較値	
							eQ_{su} (t)	cQ_{su} (t)	cQ_{su1} (t)	Q_{su2} (t)	$\frac{eQ_{su}}{cQ_{su1}}$	$\frac{eQ_{su}}{cQ_{su2}}$
R0-M-1.5-41-I	1.5	17.5	0	1.20	0.41	一方向	11.0	8.3	8.3	6.2	1.33	1.77
R0-M-1.5-68-I					0.68		13.1	9.4	9.4	7.1	1.39	1.85
R0-M-1.5-91-I					0.91		14.7	10.1	10.1	7.6	1.46	1.93
R0-M-1.5-122-I					1.22		16.1	11.0	11.0	8.3	1.46	1.94
T6-M-2.0-41-I	2.0	17.5	30.0	1.20	0.41	正負	11.8	7.2	7.2	5.4	1.64	2.19
T6-M-2.0-91-I					0.91		15.6	9.0	9.0	6.8	1.73	2.29
R0-M-2.0-68-I					0.68		13.1	8.3	8.3	6.2	1.58	2.11
R0-C-2.0-68-I					0.68		13.0	8.3	8.3	6.2	1.57	2.10
T3-M-2.0-68-I	1.5	23.1	15.0	0.90	0.51	一方向	14.1	8.3	8.3	6.2	1.70	2.27
T6-M-2.0-68-I					0.51		14.3	8.3	8.3	6.2	1.72	2.31
R3-M-2.0-68-I					0.41		13.0	9.8	9.8	7.4	1.33	1.76
R6-M-2.0-68-I					0.41		13.1	11.2	11.2	8.4	1.17	1.56
R0-M-1.5-41-II	1.5	17.5	0	1.20	0.41	一方向	11.4	8.1	8.1	6.1	1.41	1.87
R0-M-1.5-68-II					0.68		13.5	9.1	9.1	6.8	1.48	1.99
R0-M-1.5-91-II					0.91		14.9	9.9	9.9	7.4	1.51	2.01
R0-M-1.5-122-II					1.22		16.9	10.7	10.7	8.0	1.58	2.11

注1) 試験体名の説明 R0-M-1.5-41-I ※ただし, R3, R6はおおのT3, T6を等価な矩形断面としたものである
(1) 断面形状 (2) スラブ幅 (3) 載荷方向 (4) せん断スパン比 (5) せん断補強筋比 (6) 軽量骨材の種類
R: 矩形 M: 一方向単調 a/D=1.5, 2.0 p_w(%)×100
T: I形 C: 正負繰返し

2) 計算値の説明 cQ_{su1} : 大野・荒川min式によるせん断終局耐力計算値 ($k_u=0.72$)
 $cQ_{su1} = bf(0.053p_t^{0.23} \frac{F_c + 180}{M/QD + 0.115} + 2.7\sqrt{p_w \cdot w\sigma_y})$
 $cQ_{su2} = 0.75 \cdot cQ_{su1}$

(3) 加力および測定方法

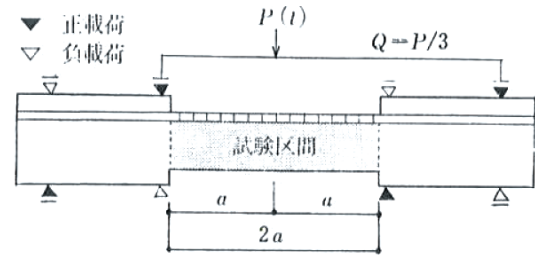
加力模式図を図14に示す。加力は逆対称モーメント形式で一方向および正負交番繰返し载荷とした。繰返し载荷においては、一方向加力の試験体の最大耐力の80%で正負5回繰返し、6回目の正载荷で最大耐力を確認した。測定は、荷重をロードセル、支点間相対変位をダイヤルゲージ、主筋およびせん断補強筋のひずみをひずみゲージで測定した。

(4) 実験結果

主筋に貼ったワイヤーストレインゲージによると、曲げ降伏した試験体はなかった。以下、破壊性状、せん断耐力について検討を行う。

① 破壊性状

最終ひびわれ状況の一例を図15に示す。R0の試験体において、普通コンクリートの試験体では、コンクリートの圧縮破壊で決まったのに対し、軽量コンクリ



a/D	a (cm)
1.5	40.5
2.0	54.0

図14 加力模式図

ートは、下端主筋に沿った割裂破壊で最大耐力を迎えた。それ以外の試験体では、軽量コンクリート梁のひびわれ性状および破壊性状は普通コンクリートとほぼ同様な様相を示した。

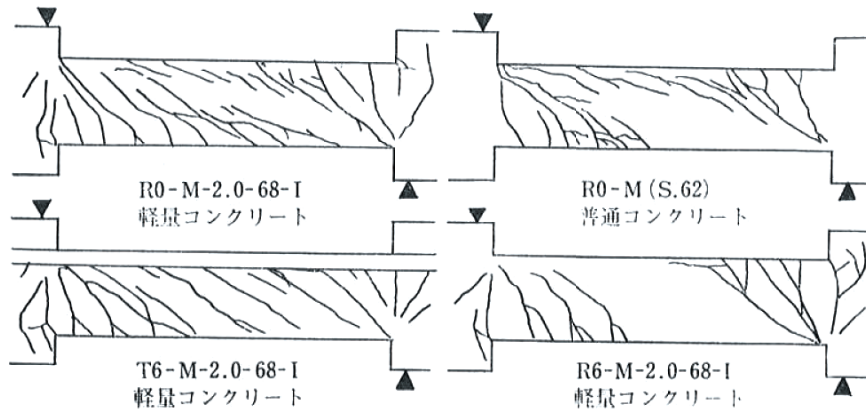


図15 最終ひびわれ状況の一例

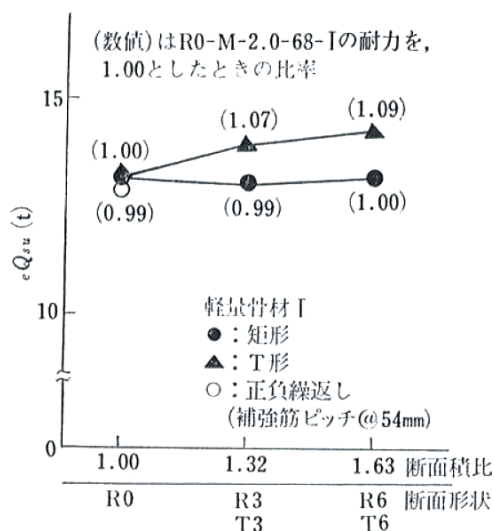


図16 せん断耐力-断面形状関係

② せん断耐力

実験結果一覧を表3に、せん断耐力-断面形状関係を図16に示す。矩形梁において、梁幅が増大してもせん断耐力は上昇せず、T形梁においても、R0のせん断耐力を1.00としたときの比率が、T3, T6でそれぞれ1.07, 1.09となり、普通コンクリートを用いた場合と同様、スラブ幅の影響は、あまりない結果を示した。

次に、過去に行われた実験において、1～3種軽量コンクリートの実験値(eQ_{su1})と普通コンクリートの実験値(eQ_{su2})との比較を再整理したものを図17に示す。3種軽量コンクリートは、普通コンクリートに比べて、せん断耐力が0.75倍ほど低くなっているが、1, 2種軽量コンクリートは、普通コンクリートとほぼ同等のせん断耐力を示した。

次に、表3の実験値(eQ_{su})と大野・荒川min式に

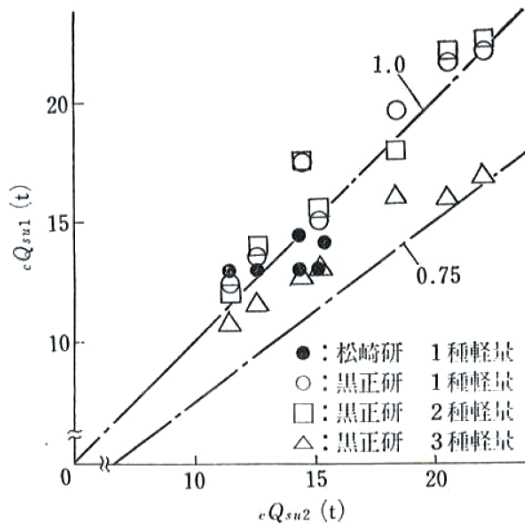


図17 $eQ_{su1}-eQ_{su2}$ の関係

よる計算値 (eQ_{su1}) との関係を図18に示す。軽量コンクリートでは全試験体について、比較値 eQ_{su}/eQ_{su1} で1.00を上回り、十分安全側に評価でき、普通コンクリートの場合とほぼ同等な比較値を示した。

以上のことから、1, 2種軽量コンクリートにおいては、普通コンクリートとほぼ同等のせん断耐力評価を行ってもよいのではないかとと思われる。

(5) ま と め

軽量コンクリートを用いたときの断面形状がせん断耐力に及ぼす影響についてみると、梁幅、スラブ幅の影響はほとんどないものと思われる。また、普通コンクリートと比較してみると、破壊性状はほぼ同様な様相を示し、せん断耐力についても、ほぼ同等のせん断耐力評価をしてもよいものと思われる。

4. 結 び

人工軽量骨材協会では、HFW 構造試験に引き続き、昭和63年度から2年計画で、高強度軽量コンクリート（設計基準強度 360kgf/cm²）の構造試験を建築研究振興協会に委託し、現在、関係機関において各種の構造

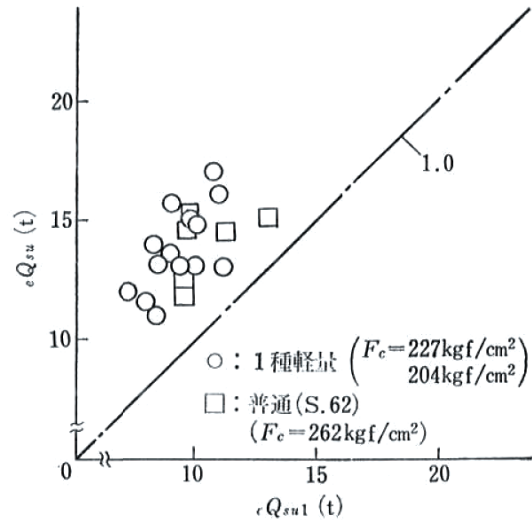


図18 $eQ_{su}-eQ_{su1}$ の関係

実験が行われている。

一方、ここ数年来の軽量コンクリート構造試験の研究成果は、日本建築センター、日本建築学会の指針・規準類にも反映されつつある。前述のように、今回のHFW 構造実験では、軽量コンクリートのHFW 構造に関するガイドラインができた。また、日本建築学会の「鉄筋コンクリート構造計算規準」1988年改訂に際し、その解説において、軽量コンクリート梁の終局時のせん断強度係数が、従来、普通コンクリートに対し0.75倍であったものが0.9倍に改正された。

さらに、今後の実験研究により、軽量コンクリートの構造特性が明らかになるにつれ、建設省通達、学会規準、設計施工指針等における軽量コンクリートの設計数値の見直し、あるいは整備がされていくものと期待される。

なお、本稿の大部分の資料は、藤沢・市川・山下共著の「軽量コンクリートを用いたT形ばりの靱性」および松崎・鈴木・稲永共著の「人工軽量骨材を用いたRC梁のせん断性状に関する実験研究」（日本建築学会大会学術講演梗概集，昭和63年10月）より参照させていただいた。各氏に厚く謝意を表するものである。

最近の軽量コンクリート施工例（平1.7.30）

（※ スランピング印は流動化コンクリート）

工 事 件 名	構造・階数	設 計 事 務 所	建 設 会 社	設計強度 kgf/cm ²	コンクリート比重 t/m ³	スランピング cm ※	工 期 年/月	地 区
（建築関係）								
日中友好協会 B 棟	SRC 12F	日建設計	大成建設、飛鳥建設、五洋建設、不動建設、大木建設JV	240	1.85	18	62/1	東 京
三井西麻布ビル	SRC 20F	日本設計	三井建設、熊谷組JV	210	1.75	18	62/3	〃
三井箱崎倉庫	S 19F	三井建設	三井建設、竹中工務店JV	210	1.85	15→21	62/12	〃
京橋郵便局	RC 6 F	郵政省	鹿島建設、辰村組JV	210	1.60	15	62/5	〃
東京都金属プレス工業	SRC 8 F	鈴木梅建築研究所	佐藤工業、坂田建設JV	210	1.60	18、21	62/12	〃
住友ツインビル	S 24F	日建設計	鹿島建設、竹中工務店、清水建設、住友建設JV	210	1.75	18	62/10	〃
〃	S 21F	〃	〃	180	1.65	18	62/10	〃
ノーバンネット	SRC 15F	NTT都市開発	大成建設、他JV	210	1.85	18	62/9	〃
都民東邦新宿ビル	SRC 8 F	現代建築研究所	清水建設、大林組、鹿島建設JV	210	1.85	18	62/10	〃
新宿 6 丁目ビル	SRC 11F	石本建築事務所	東海興業	210	1.90	18	62/4	〃
平井住宅（都住）	SRC 14F	東京都住宅局	清水建設、他JV	240	1.85	21	62/7	〃
光が丘住宅（都住）	SRC 14F	〃	村本建設、藤栄建設JV	180	1.85	18	62/4	〃
東京工科大学	SRC 12F	久米建築事務所	大林組	210	1.85	18、21	62/3	〃
新宿西口共同ビル	S・SRC 31F	清水建設	清水建設、他JV	210	1.70	18	62/11	〃
大塚システムセンター	SRC 7 F	竹中工務店	竹中工務店	210	1.85	18	63/3	〃
特許庁総合庁舎	S・SRC 16F	日建設計	竹中工務店、安藤建設、三井建設JV	210	1.65	18	63/3	〃
東京生命本社ビル	SRC 20F	大成建設	大成建設、矢島建設、野村建設JV	210	1.85	21	63/3	〃
赤坂 1 丁目ビル	SRC 12F	入江三宅設計事務所	大林組	210	1.65	18	63/2	〃
市ヶ谷KNビル	SRC 11F	石本建築事務所	大林組、他JV	210	1.90	18、21	63/3	〃
吾妻橋 1 丁目再開発、業務棟	S 22F	日建設計	熊谷組、大林組、前田建設工業JV	210	1.75	18	63/9	〃
富士火災長堀本社ビル	SRC 17F	安井建築事務所、久米建築事務所	清水建設	210	1.65	18	63/3	〃
東京中央卸売市場	S 3 F	日建設計	大林組、他JV	180、210	1.85	18	63/4	〃
福山ビル	SRC 10F	大塚一級建築士事務所	真柄建設	210、240	1.60	18	63/8	〃
エスビル	SRC 8 F	鹿島建設	鹿島建設	210、225	1.90	18	63/9	〃
三軒茶屋共同ビル B 棟	SRC 6 F	GEN建築設計、東海興業	東海興業	210	1.70	18	63/8	〃
本多電機ビル	SRC 6 F	日本設計	西松建設	180	1.85	18	63/11	〃
伊勢万ビル	SRC 9 F	タカラ設計	東急建設	180	1.65	18	63/12	〃
日野旭ヶ丘住宅	SRC 14F	住宅都市整備公社	鹿島建設、他JV	210	1.85	21	63/10	〃
光ヶ丘住宅（都住）	SRC 13F	東京都住宅局	五洋建設、他JV	210	1.85	21	63/10	〃
〃	〃	〃	大成建設、他JV	210	1.85	21	63/10	〃
国分寺住宅（都住）	SRC 13F	〃	森本組、他JV	210	1.85	21	63/10	〃
後楽園西新宿ビル	SRC 9 F	竹中工務店	竹中工務店	240	1.85	18	63/10	〃
八王子東町ビル	SRC 14F	連合設計	熊谷組	210	1.75	20	63/9	〃
聖蹟桜ヶ丘マンション	SRC 13F	K設計	小田急建設	210	1.85	20	63/9	〃
西新宿KDN街区再開発	S・SRC 29F	日本設計	清水建設、大林組、鹿島建設、竹中工務店、大成建設、戸田建設JV	240	1.75	18	63/10	〃
美津濃本社	SRC 8 F	竹中工務店	竹中工務店	210	1.85	18	63/9	〃
大川端リバーシティ 21 G 棟	SRC 19F	住宅都市整備公社、日本設計	奥村組、神崎組JV	210	1.85	21	63/12	〃
大井町Nビル	SRC 15F	清水建設	清水建設	210、225	1.85	18	63/3	〃
西葛西京葉ビル	SRC 11F	イスコ建築事務所	石原建設	240	1.85	18	63/3	〃
佐藤金属東陽町ビル	SRC 7 F	竹中工務店	竹中工務店	180、210	1.85	18	63/8	〃
東京温泉ビル	S 12F	鉄道会館設計	清水建設	210	1.85	18	63/7	〃
木場野田ビル	SRC 8 F	清水建設	〃	210	1.85	18	63/8	〃
ニチレイ明石町ビル	SRC 18F	横河建築設計、清水建設	清水建設、銭高組、戸田建設JV	210	1.65	18、20	63/4	〃
NICアーバンハイム亀有	SRC 9 F	大幸建築設計	佐藤工業	210	1.80	18	63/12	〃
富士通電算センター	S 21F	山下設計	清水建設	240	1.85	18	62/3	神奈川
川崎駅西口興和ビル	SRC 20F	日本設計	長谷川工務店	210、180	1.75、1.85	19、18	62/3	〃
川崎駅西口リタルートビル	SRC 20F	入江三宅設計事務所	清水建設、竹中工務店、東急建設JV	210	1.65	18	62/2	〃
川崎駅西口東芝ビル	SRC 14F	東芝、石本建築事務所	清水建設、竹中工務店、三井建設JV	210	1.85	18	62/3	〃
興和川崎東口ビル	SRC 21F	松田平田坂本設計事務所、石本建築事務所	竹中工務店	225	1.85	18	62/7	〃
夢星ショッピングセンター	SRC 10F	石本建築事務所	竹中工務店、大林組、鹿島建設、銭高組JV	210	1.85	18、21	62/5	〃
ロイヤルパークホテル	SRC 18F	三菱地所	清水建設、他JV	180	1.85	21	63/6	〃

工 事 件 名	構造・階数	設 計 事 務 所	建 設 会 社	設計強度 kgf/cm ²	コンクリート比重 t/m ³	スランプ cm ※	工 期 年/月	地 区
日栄建設本社資材ビル	SRC 8F	日栄建設	日栄建設	210	1.80	18	63/5	神奈川
新横浜交通ビル	SRC 8F	NKエンジニアリング	フジタ工業、紅梅組JV	210	1.85	18	63/10	〃
新多摩川ハイム	SRC 14F	日建設計	鹿島建設、他JV	240, 270	1.85	15→20	63/4	〃
神奈川サイエンスパーク	SRC 10F	日本設計	飛鳥建設、他JV	210	1.90	18	63/11	〃
産業文化センター	S 31F	日建設計	フジタ工業	180	1.75, 1.85	18	62/4	埼 玉
川口総合文化センター	SRC 14F	創造社	飛鳥建設、他JV	210	1.85	20	63/11	〃
パークフィールドみさと4号棟	SRC 21F	フジタ工業	フジタ工業	210	1.75	18	63/9	〃
ららぽーと第二期工事	RC 7F	ららぽーと共同企業体	三井建設JV	210	1.85	15, 18, 21	62/10	千 葉
千葉中央地区再開発 A棟	SRC 17F	日建設計	大林組、竹中工務店、戸田建設、三井建設JV	210	1.55	18	63/9	〃
〃 B棟	SRC 14F	〃	〃	210	1.55	18	63/10	〃
千葉TNビル	SRC 12F	東急建設	東急建設	225	1.90	21	63/9	〃
角屋商事ビル	SRC 10F	琢磨建築設計	新日本建設	210	1.85	18→21	63/10	〃
中山競馬場スタート改築	SRC 6F	松田平田坂本設計	安藤建設、他JV	210	1.85	18	63/8	〃
成田空港博物館	RC 4F	梓設計	飛鳥建設	210	1.85	18	63/5	〃
成田空港ターミナル改修	RC 4F	梓設計、日建設計	鹿島建設、大成建設	210	1.55	18	63/3	〃
成田全日空ホテル	SRC 17F	日建設計	清水建設	210, 240	1.85	18	63/2	〃
鴨川加入者ホーム	RC 7F	丸ノ内建築事務所	奥村組、中野組、不動建設JV	210, 225	1.85	18	63/8	〃
グラントコウリ No.2	RC 8F	多田建設	多田建設	240	1.75	18	63/12	〃
雪印乳業野田工場	S 5F	雪印乳業装置技術部	東海興業	240, 270	1.85	15	63/10	〃
江見リゾートマンション	RC 14F	東急建設	東急建設	210~270	1.85	18	63/9	〃
ホテルマロウド筑波	S-SRC 13F	堀建築設計	間組	210	1.85	18	63/9	茨 城
富士火災海上本社ビル	S-SRC 17F	安井建築事務所、久米建築事務所	清水建設	210	1.65	18	62/4	大 阪
住友生命新大阪ビル	SRC 23F	日建設計	大林組、鴻池組JV	210~240	1.85	15→21	62/3	〃
南海サウスタワ ホテル大阪	S 36F	〃	大林組、竹中工務店、南海建設JV	180	1.65	18	62/8	〃
松下IMPビル	S-SRC 26F	〃	鹿島建設、大林組、熊谷組、戸田建設、銭高組、前田建設JV	180	1.85	18	62/8	〃
リヒト産業ビル	S-SRC 16F	東畑建築事務所	不二建設	180	1.85, 1.65	18	62/6	〃
山川産業ビル	S-SRC 12F	日建設計	鹿島建設	180	1.85	18	62/3	〃
ビーバードルチェ平野公園	RC 8F	エムケイ設計事務所	松村組	210	1.85	18	62/3	〃
シティオ タウナ	SRC 10F	エトス設計室	富士工務店	225	1.85	18	62/2	〃
ミナトマンション1番館	RC 8F	エムケイ設計事務所	コーナン建設	210, 225	1.75	18	62/	〃
ライオンズマンション新大阪	SRC 15F	聖建社	鉄建建設	225	1.85	18	62/9	〃
オーエービル	S-SRC 16F	東畑建築事務所	不二建設	180	1.65	18	63/7	〃
アムニティ堺	SRC 11F	AAA総合設計	大成建設	210	1.85	18	63/8	〃
京阪京橋駅ビル北館	SRC 15F	日建設計	竹中工務店	210, 240	1.85	18	63/9	〃
朝日プラザシティサザンパーク	SRC 15F	AAA総合設計	東急建設	210	1.85	18	63/9	〃
フットワーク梅田	SRC 14F	長谷川工務店	長谷川工務店	210	1.85	15→18	63/11	〃
大阪商銀本社ビル	S 10F	尾崎建築設計	銭高組	225	1.85	18	63/12	〃
御堂筋グランドビル	SRC 15F	東畑建築、彦谷設計JV	大林組、他JV	210	1.85	18	63/12	〃
星ヶ丘厚生年金病院	RC 4F	安井建築設計	戸田建設	210	1.85	18	63/12	〃
アメリカン 4期	SRC 15F	長谷川工務店	鉄建建設	210, 225	1.85	15→20 18→20	63/2	〃
関目マンション	SRC 15F	聖建社	間組、他JV	225	1.85	18	63/4	〃
ボン・ヌーボー	S-SRC 7F	浅井謙建築研究所	大成建設	210	1.65	18	63/5	〃
近畿大学10号館	S-SRC 12F	安井建築設計	浅沼組	210	1.85	18	63/7	〃
日本火災海上大阪ビル	SRC 19F	日建設計	鹿島建設、大林組JV	180	1.85	18	63/8	〃
ライオンズ西本町ビル	SRC 11F	安井建築設計	森田建設	180	1.85	18	63/4	〃
神戸市新庁舎	S-SRC 30F	神戸市、日建設計	竹中工務店、大成建設、熊谷組、西松建設JV	180, 210	1.85	18	62/5	兵 庫
ホテルオークラ神戸	S-SRC 35F	観光企画設計社、構造計画研究所	鹿島建設、大成建設、大林組、野村建設JV	210	1.85	18	62/4	〃
神戸商工会議所	S-SRC 16F	安井建築事務所	竹中工務店	210	1.85	18	62/5	〃
KPI青少年センター	SRC 12F	神戸市、日建設計	大林組	225	1.85	18	63/1	〃
但馬大仏伽藍（五重塔）	SRC 5F	清水建設	清水建設	210	1.90	18	63/12	〃
神戸駅南住宅	SRC 15F	坂倉建築研究所	飛鳥建設	210, 225	1.85	18	63/6	〃
西新町PD	SRC 18F	鴻池組	鴻池組	210	1.85	18	62/6	京 都
西新道PJ	SRC 10F	〃	大末建設	210, 225	1.85	18	63/4	〃
大学生協京都館	SRC 9F	〃	竹中工務店	240	1.85	18	63/6	〃
草津駅前再開発ビル	SRC 18F	東畑建築事務所	大林組、佐久川建設JV	210	1.85	15→21	62/5	滋 賀
土山スカイハイツ	SRC 13F	長谷川工務店	鉄建建設	210	1.85	18	63/8	〃
名古屋AMNAT ホテル棟	SRC 28F	三菱地所、竹中工務店	竹中工務店	180, 210	1.85	18	62/9	愛 知
〃 事務棟	SRC 15F	〃	〃	180, 210	1.85	18	62/10	〃

工 事 件 名	構造・階数	設 計 事 務 所	建 設 会 社	設計強度 kgf/cm ²	コンクリート比重 t/m ³	スランプ cm ※	工 期 年/月	地 区
東海テレビ東館	SRC 15F	日建設計	大成建設	210	1.90	18	63/3	愛 知
雇用促進住宅木場宿舎	SRC 14F	石本建築事務所	鴻池組, 新井組, 石田建設JV	210	1.80	18	63/4	〃
真栄リゾートホテル	SRC 14F	中日本企画	前田建設	210	1.80	18	63/7	〃
安田火災海上名古屋ビル	SRC 19F	黒川紀章建築都市設計	清水建設, 大成建設, 他JV	210	1.80, 1.90	18	63/8	〃
白鳥ミュージアムプラザ	S・SRC 7F	住宅都市整備公団, 日建設計	大成建設, 鴻池組, 他JV	210	1.85	18	63/7	〃
リヴァージュ中沢ノ森	SRC 8F	楠山建築設計	中村建設	240	1.65	18	63/9	〃
雇用促進住宅岐阜宿舎	SRC 12F	岐阜建築設計センター	飛鳥建設, 大日本土木, 他JV	210	1.90	12→18	62/3	岐 阜
地産大垣ホテル	SRC 15F	久米建築事務所	竹中工務店	210	1.90	18	63/10	〃
北陸電力本社ビル	S・SRC 14F	日建設計	鹿島建設, 佐藤工業, 前田建設, 日本海建興, 林建設JV	210	1.85	18	63/5	富 山
東海テレビ東館	SRC 15F	日建設計	大成建設	210	1.85	18	62/9	静 岡
浜松総合庁舎	SRC 12F	横河建築設計	大成建設, 鈴与, 山平建設JV	180~225	1.90	15→21	63/7	〃
ダイカン岩原Ⅱ	SRC 14F	関越総合	奥村組, 森下組JV	210	1.85	18	63/9	新 潟
プリンスハイム	SRC 13F	隣総合企画	東鉄工業	210	1.85	18	63/12	〃
トナム・ザ・タワー第一期工事	S 36F	構造計画研究所	大林組	210	1.90	18→21	62/5	北海道
ピンクビル	SRC 9F	日本設計	東急建設	210	1.90	18	62/3	〃
ライベックス	S 27F	〃	熊谷組	210	1.85	18	62/5	〃
アドバンテスト基礎研究所	SRC 4F	構造設計社	清水建設	270	1.80	12	62/10	〃
札幌自治会館	SRC 13F	山下設計	大成建設	210	1.90	12→18	62/11	〃
7.1 ビル	SRC 13F	北海道コンサルタント 札幌日総建	伊藤組土建	210	1.85	18	63/4	〃
北海道コカコーラボトリング事務所	SRC 5F	伊藤組土建	伊藤組土建	180	1.85	21	63/8	〃
トナム・ザ・タワー第二期工事	S 36F	構造計画研究所	大林組	210	1.80	18→21	63/6	〃
宮城県庁舎	SRC 18F	三菱地所	大林組, 鹿島建設, 大成建設, フジタ工業JV	210	1.80	18	63/1	宮 城
仙台ターミナルホテル	SRC 21F	鉄道会館	大林組, 鹿島建設, 鉄建建設JV	210	1.70	21	62/4	〃
住友生命仙台中央ビル	SRC 31F	日建設計	熊谷組, 東海興業JV	210	1.60	18	62/8	〃
ダイヤパレスステーションプラザ五橋	SRC 12F	現代建築工房	日本国土開発	210, 240	1.90	21	63/8	〃
広島県情報プラザ	RC 6F	佐藤武夫設計事務所	フジタ工業, 鹿島建設, 錦建設JV	225	1.90	18	62/6	広 島
広島西区民文化センター	SRC 23F	安井建築設計, 都市建築研究所	大成建設, 五洋建設, 鴻池組, 西本建設JV	210~240	1.85	15→21	63/7	〃
三菱地所広島大手町ビル	SRC 12F	日建設計	大林組, 三菱建設JV	240, 270	1.85	18	63/6	〃
大倉ホテル丸亀	SRC 13F	大林組	大林組, 合田工務店JV	210	1.80	20	62/5	香 川
丸亀グランドホテル	SRC 10F	三木建築設計事務所	戸田建設, 光建設JV	210	1.80	18	62/6	〃
琴平ロイヤルホテル琴参閣	SRC 12F	〃	戸田建設	210	1.90	15→18	62/6	〃
第一宮崎ビル	SRC 10F	九建設計	熊谷組	210	1.85	18→21	62/9	宮 崎
福岡市庁舎行政棟	SRC 15F	菊竹清訓建築設計	鹿島建設, 大林組, フジタ工業, 他JV	240	1.60	18→21	62/5	福 岡
九州電力松浦発電所アパート	RC 4F	西日本技術開発	黒木建設	180	1.90	18	62/3	〃
ソラリアプラザビル	SRC 17F	日建設計	大成建設, 鹿島建設JV	180, 210	1.85	15→18	63/6	〃
ホテル日航福岡	SRC 13F	鹿島建設	鹿島建設	180, 210	1.80	15→18	63/8	〃
イムズビル	SRC 14F	三菱地所, 三島設計	間組, 鹿島建設, 大成建設, 三菱建設, 飛鳥建設, 辻組JV	180, 210	1.85	15→18	63/7	〃
(土木関係)								
新本牧センター歩車道建設	床板, 桁	大成建設	大成建設, 他JV	300, 400	1.85		63/10	神奈川
北総江戸川B (cp) 製架他一番	下 路 桁	鉄建公団	興和コンクリート	400	1.70		H1/1	千 葉
リニヤモーターカー宮崎実験線	桁	鉄道総研	鉄建建設	400	1.70		1/2	宮 崎

宇部興産(株)

本社／東京都港区赤坂1-12-32 アーク森ビル ☎03-3505-9371

工場／山口県宇部市大字小串1978-2

大阪セメント(株)

本社／大阪市北区堂島浜1-4-4 ☎06-345-1231

工場／大阪市大正区南恩加島7-1-49

日本セメント(株)

本社／東京都千代田区大手町1-6-1 大手町ビル 6階 ☎03-3214-1521

工場／大阪市西成区南津守2-3-18

日本メサライト工業(株)

本社／千葉県船橋市西浦3-9-2 ☎0474-31-8138

工場／同上

三菱マテリアル(株)

本社／東京都千代田区丸の内1-5-1 新丸ビル内 ☎03-3211-7428

工場／セイライト工業(株) 神奈川県横須賀市佐原1261

人工軽量骨材コンクリート技術資料 No.6

発行 1989年8月25日

発行人 人工軽量骨材協会 (発行責任者 高木 克也)

(ALA; Artificial Light-Weight Aggregate Association)

〒110 東京都台東区上野1-12-2 亀田ビル

☎03-3837-0445