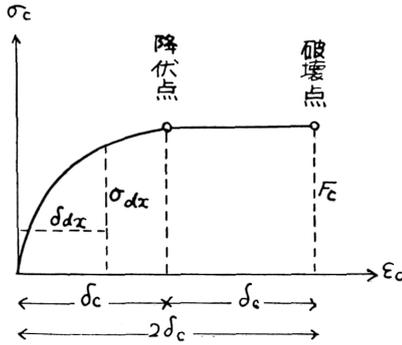


する目的で、曲げ強度算定法について検討してみる。

コンクリートの応力、歪関係の仮定

(a) 圧縮の場合、コンクリートの圧縮応力度、歪度曲線は、第1.9図の如くパラボラと、これに続く直線からなり、その接点はコンクリートの降伏後も増大し、降伏歪と同じだけ歪んで破壊する。



第1.9図 圧縮応力度歪度曲線

パラボラ方程式は

$$\sigma_{dx} = \frac{(2\delta_c - \delta_c) dx}{\delta_c^2} \cdot P_0 = a(2-a)P_0 \dots (1.16)$$

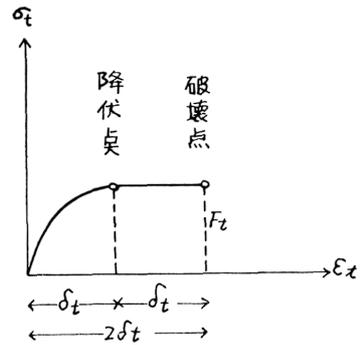
ただし $a = \frac{\delta_c}{\delta_c}$

P_0 = 標準供試体圧縮強度 kg/cm²

とする¹⁶⁾。

(b) 引張の場合、コンクリートの引張応力度、歪度曲線は第1.10図の如く、圧縮の場合と同様に仮定する。

(c) 前記(a)(b)の仮定の如きコンクリートの応力度、歪度関係は、コンクリート梁が曲げを受ける場



第1.10図 引張応力度歪度曲線

合の梁断面にも、そのまま適用されると仮定し、更に曲げを受けた梁断面は、平面保持の法則が成立するものとする。

コンクリート梁が曲げを受ける場合、中立軸は断面中央に生ずることは殆んどなく、且つ曲げの増大と共に移動する。その位置は縁辺部の応力の大きさと、コンクリートの圧縮、引張強度との関係によって変る。

引張側コンクリートの縁辺部の歪が、引張破壊歪 $2\delta_t$ に達したとき引張側に亀裂が生じ、この時の圧縮側の縁辺部の歪は、圧縮降伏点歪より遙かに小さい。

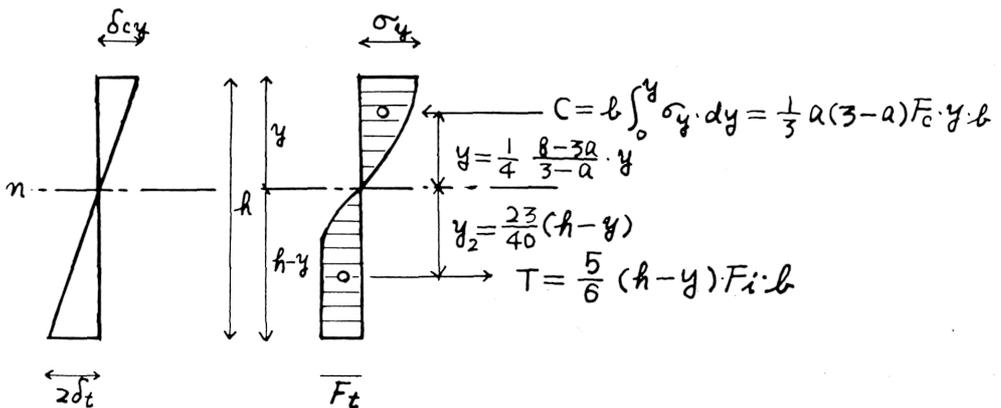
従つて、断面に於ける歪及び応力分布は第1.11図の如くである。

力の平衡条件から、 $C=T$ 即ち、

$$\frac{1}{3} a (3-a) F_c \cdot y = \frac{5}{6} (h-y) F_t \dots (1.17)$$

平面保持の法則から

$$\frac{y}{h-y} = \frac{\delta_{cy}}{2\delta_t} = \frac{a\delta_c}{2\delta_t} = \alpha \cdot a \dots (1.18)$$



第1.11図 梁断面の歪及び応力分布

亀裂の発生するモーメントは、

$$M = \frac{5}{6} (h-y)b \cdot F_t (y_1+y_2)$$

$$= \frac{5}{6} (h-y)b \cdot F_t \left\{ \frac{1}{4} \frac{8-3a}{3-a} y + \frac{23}{40} (h-y) \right\} \dots (1.19)$$

従つて曲げ破壊係数は、

$$F_b = \frac{6M}{bh^2} = 5F_t(1-y_0) \left\{ \frac{1}{4} \frac{8-3a}{3-a} y_0 + \frac{23}{40} (1-y_0) \right\} \dots (1.20)$$

ただし $y=y_0h$

モーメント係数 μ は、

$$\mu = 5(1-y_0) \left\{ \frac{1}{4} \frac{8-3a}{3-a} y_0 + \frac{23}{40} (1-y_0) \right\} \dots (1.21)$$

とすれば、(1.20) (1.10) 式より

$$F_b = \mu F_t = \mu \cdot 0.507 F_c^{0.695} \dots (1.22)$$

(1.17) 式より

$$\frac{y}{h-y} = \frac{5}{2} \cdot \frac{1}{a(3-a)} \cdot \frac{F_t}{F_c} \dots (1.23)$$

(1.18) (1.23) 式より

$$\frac{y}{h-y} = \frac{5}{2} \frac{1}{a(3-a)} \cdot \frac{F_t}{F_c} = \alpha \cdot a \dots (1.24)$$

$$\frac{F_t}{F_c} = k \quad \text{とすると}$$

$$\frac{1}{k} a^2 (3-a) = \frac{5}{2\alpha} \dots (1.25)$$

引張破壊時の歪度及び圧縮破壊時の歪度は、第 1.8 表、第 1.9 表の如くである。

普通コンクリート、軽量コンクリートともに

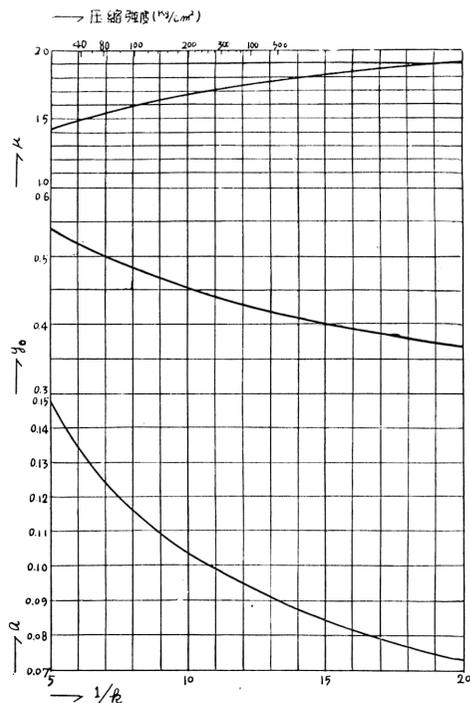
$$\alpha \approx 8 \dots (1.26)$$

として良い。又、(1.8) 式から

$$k = 0.507 F_c^{-0.305} \dots (1.27)$$

である。

従つて、圧縮強度が分ると、(1.27)(1.26)(1.25)式



第 1.12 図 a, y_0, μ

第 1.8 表 コンクリートの引張破壊時歪度⁽¹⁷⁾

コンクリート	F_c	F_t	$\epsilon_{max} \times 10^{-5}$
普通	kg/cm ² 150 ~ 230	kg/cm ² 16 ~ 23	10 ~ 20
大島軽量(川砂)	120 ~ 170	14 ~ 18	12 ~ 15
浅間・榛名(川砂)	100 ~ 150	12 ~ 17	15 ~ 20
浅間軽量(軽砂・軽砂利)	60 ~ 100	7 ~ 11	17 ~ 23

第 1.9 表 コンクリートの圧縮破壊時歪度⁽¹⁸⁾

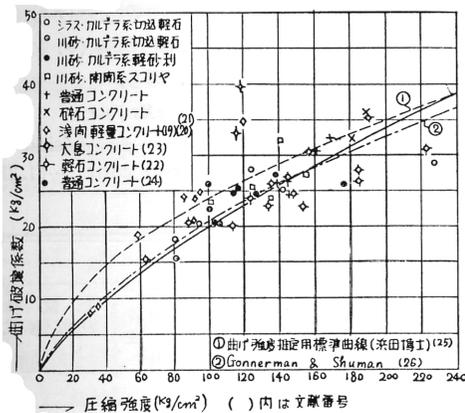
コンクリート	F_c	$\epsilon_{m: x} \times 10^{-4}$
普通	kg/cm ² 125 ~ 437	15.9 ~ 31.2
大島軽砂利・軽砂	15.5 ~ 281	25.3 ~ 57.2
浅間軽砂利・川砂	48.1 ~ 205	21.3 ~ 35.4
浅間軽砂利・軽砂	67.6 ~ 158	26.8 ~ 34.0

から a が決定され、次いで (1.23) 又は (1.24) によつて γ が求められる。 a, γ が決定されると、(1.21) 式でモーメント係数 μ が求まり、かくて、曲げ破壊係数が求められる。第 1.12 図に k と a, γ_0, μ との関係を示す。

第 1.10 表に筆者の行つた実験結果及び参考例を示す。引張強度の資料のないのは (1.10) 式によつて求めた。* じるしを除いて、実験値と理論計算値とは比較的よくあうようである。

第 1.9 表の実験値、浜田博士の曲げ強度推定用標準曲線、Gonnerman & Shuman 氏の曲げ強度曲線、及び筆者の理論計算値とを第 1.13 図に示した。

筆者の計算値は、圧縮強度 150kg/cm^2 以下では Gonnerman & Shuman 氏の曲線とは一致するが、



第 1.13 図 圧縮強度と曲げ破壊係数

第 1.11 表 コンクリートの調合

切込軽石/シラス	セメント kg/m ³	シラス kg/m ³	切込軽石 kg/m ³	W/C (シラス・軽石の含水を含む) 0/wt	Slump cm
2.5	340	217	545	135	19
2.0	340	264	538	134	20

第 1.12 表 打継面処理方法

供試体記号	打継面処理方法
A	打継なし
B	無処理
C	水洗・ワイヤーブラシ
D	水洗・ワイヤーブラシ・セメントペースト敷き (W/C=0.40, 厚さ 1 mm 刷毛引)
-1	バイブレーター 約 1.5 秒
-2	バイブレーター 約 2.5 秒

それ以上ではやゝ上回る。

以上の理論的解析の結果は、略々妥当なものと思われるが、この種の関係 (圧縮強度と曲げ強度、或いは前述の圧縮強度と剪断強度等) は、塑性論と統計論との結合に於て明瞭にされる性質のものであろう。

1.9 打継面強度

普通コンクリートの打継面強度については、国分博士の研究²⁷⁾、堯天博士の研究²⁸⁾があるが、軽量コンクリートの打継面強度に関する実験はないようである。

軽量コンクリートの打継面強度は、殆んど普通コンクリートの場合と同様な結果を示すであろうと思われるが、普通コンクリートに比して強度が弱い点から、打継面の処理によつては、普通コンクリートの場合より有利であることも考えられる。

鉛直打継の実験には、赤沢氏の引張試験による方法を、水平打継の実験には、前記堯天博士の加圧剪断による方法を用いた。

使用材料

セメント：ポルトランドセメント (O社製)，フロー 197mm, 4週強度 315kg/cm^2

シラス：鹿児島市新上橋産，5mm以下，吸水率 7.4 o/wt, 使用時の含水率 20 o/wt,

軽石：カルデラ系軽石 (鹿屋市古江産)，20mm以下切込，吸水率 28 o/wt, 使用時の含水率 35 o/wt

調合

調合は第 1.11 表、ただし、シラス、切込軽石は絶乾重量である。

供試体の製作

圧縮試験用の型枠を用い、鉛直打継は型枠の中央を板で分ち、高さ 20 cm に片側を 2 層に分け、突数 15 で打込み、24 時間後打継面を処理した後、新コンクリートを前と同様に打込み、翌日脱型水中養生とした。

水平打継は型枠を 60° 傾斜させ、1/2 を 2 層に分ち各 15 回突いて打込み、24 時間後打継面を処理して、新コンクリートを同様に打込み、翌日キャッピング、その翌日脱型水中養生とした。

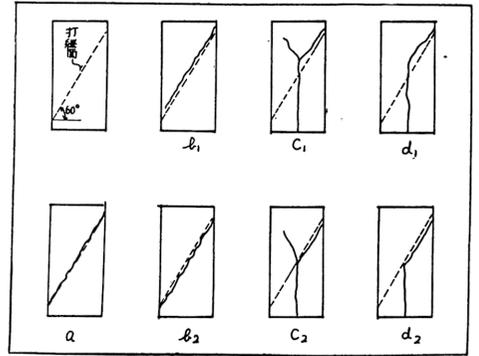
打継面の処理は、第 1.12 表の如くである

バイブレーターは、新コンクリート打込後、20分前後経過してから、床用バイブレーター（林製作所製、振動数等詳細不明）をさかさにし、その上に型枠を載せた。

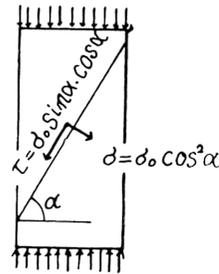
試験方法及び実験結果

供試体材令は新コンクリート打込後 4 週とし、鉛直打継は前述の如く赤沢氏の引張試験法、水平打継は圧縮試験に準じて行つた。

実験結果は第 1.13 表の如くで、水平打継の破壊形式は第 1.14 図の如くである。



第 1.14 図 水平打継圧縮試験破壊形式



第 1.15 図 打継面応力

加圧剪断による附着強さ係数は、亮天博士によれば²⁰⁾次の如く解析される。打継面剪断抵抗力(τ)は、打継自身の強度 (Ks) と、Normal stress (σ) に比例する。即ち、

$$\tau = Ks + \mu\sigma$$

$$Ks = \tau - \mu\sigma = \sigma_0(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)\cos\alpha \dots(1.28)$$

第 1.13 表 打 継 面 強 度

切込 軽石 / シラス	供試体 No.	鉛 直 打 継			水 平 打 継			供 試 体 破 壊 形 式	
		引 張 強 度 係 数 kg/cm ²	打継引張強度 / 打継なし引張強度	打継面割離面積 / 打継面積	圧縮強度 kg/cm ²	打継強度 / 才継なし強度	加圧剪断に於ける附着強さ係数 kg/cm ²		
2.5	A	11.2			80.2				
	B - 0	1	4.7	0.42	1.00	51.4	0.64	14.9	a
		2	5.1	0.46	0.90	49.8	0.62	14.4	a
			4.8	0.43	0.93	45.7	0.57	13.2	a
	C - 0	1	5.6	0.50	0.56	68.2	0.87	19.7	a, b ₁
		2	7.7	0.69	0.40	70.6	0.88	20.4	b ₁ , b ₂ , c ₁
			5.8	0.52	0.50	65.8	0.82	19.0	〃
	D - 0	1	11.0	0.98	0.00	78.8	0.98	22.7	c ₁ , c ₂ , d ₁
		2	10.3	0.92	0.00	86.6	1.08	25.0	c ₁ , c ₂ , d ₂
			6.1	0.55	0.26	75.5	0.94	21.0	c ₁ , c ₂ , d ₂
	2.0	A	12.9			104.1			
		B - 0	1	5.2	0.40	1.00	62.5	0.64	18.0
2			5.5	0.44	0.95	67.7	0.65	19.6	a
			5.6	0.44	0.87	54.2	0.52	15.6	a
C - 0		1	7.2	0.56	0.60	85.2	0.82	24.7	a, b ₁
		2	11.5	0.89	0.00	92.8	0.89	26.8	b ₁ , b ₂ , c ₂
			7.7	0.60	0.62	86.5	0.83	25.0	b ₁ , b ₂ , c ₁
D - 0		1	12.1	0.94	0.00	102.0	0.98	29.5	c ₁ , c ₂ , d ₂
		2	12.8	0.99	0.00	107.5	1.03	31.1	c ₁ , c ₂ , d ₁
			8.8	0.68	0.22	99.0	0.95	28.6	c ₁ , c ₂ , d ₂

(第1.15図参照)で、 K_s が最大のときに迂り破壊を生ずる。

α について微分して0とおくと

$$\mu = -\cot 2\alpha = \tan\left(2\alpha - \frac{\pi}{2}\right) \dots\dots(1.29)$$

$\mu = \tan \phi$ とおくと、

$$\alpha = \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}$$

実験的には、 $\alpha = 60^\circ$ が破壊面となる。そのとき $K_s = 0.289 \sigma_0 \dots\dots(1.30)$

となる。この K_s を加圧剪断に於ける 付着強さ係数とする。

水平打継の供試体制作法に疑問がないわけではないが、以上の実験結果から、大略、次のようなことが分つた。

鉛直打継、水平打継に共通していえることは、

(イ) 打継面処理によつて生ずる打継面強度の差異は、普通コンクリートの場合と略々同様な傾向である。

(ロ) 無処理に比して、水洗、ワイヤーブラシで20~40%打継面強度は上昇する。

(ハ) 更にモルタル敷したものは、打継のないものに比して、やゝ劣るが殆んど大差ないといつてもよい。

(ニ) 或る程度バイブレーションしたものは、打継面強度は上昇するが、過度になるとかえつて低下する

(ホ) 無処理のものは、バイブレイターの効果は殆んど認められない。

鉛直打継に於ては、バイブレーションしないものは、沈みのために打継面上部に全く付着していない部分が見られる。従つて、打継高さが高くなれば、更に打継強度は低下すると思われる。この点については、沈みの大きい軽量コンクリートでは、更に研究の余地がある。

水平打継では、供試体の破壊状態から、水洗、ワイヤーブラシの上モルタル敷きしたものは、打継のないものと殆んど差はないとしてよい。

1.10 付着強度

1.10.1 序

付着強度は圧縮強度などに比して、調合、水セメント比等による変化が少いため、軽量コンクリートと鉄筋との付着強度に関する研究は、浜田博士の梁による実験³⁰⁾、平賀氏の引抜試験による実験³¹⁾、大島博士のパイプを使用した引張による研究³²⁾の他、1, 2³³⁾ を数えるだけで比較的少い。

付着強度は、実験法によつて異つた値を示すが、引抜試験による平均付着強度と、引張引抜試験による付着強度との相違、及び、かぶり、コンクリートの深さによる水平筋の平均付着強度の変化を見る目的で、2, 3 の実験を試みた。

使用材料

セメント：ポルトランドセメント（O社製）性状は第 1.14 表。

第 1.14 表 使用セメント

比 重	Flow mm	4週圧縮強度 kg/cm ²	4週曲げ強度 kg/cm ²
3.15~3.16	190~202	326~373	64.5~65.7

骨 材：種類及び性状は第 1.15 表。

AE剤：チューポール、及びダレックス

1.10.2 実験 1—鉛直鉄筋

目 的

付着強度の試験は、一般に引抜試験によつて行われているが、引抜試験はいうまでもなく、鉄筋に引張が働き、コンクリートに圧縮が作用している状態で試験

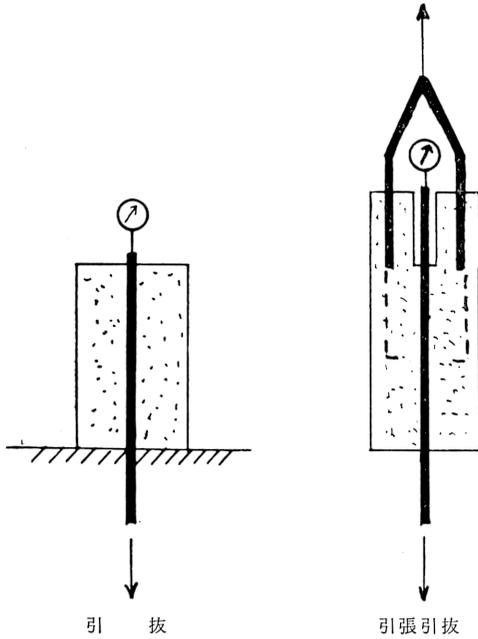
第 1.15 表 使 用 骨 材

種 類	産 地	通 過 率 (0/wt) 篩 目 (mm)								見掛比重	吸 水 率 (0/wt)
		20	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15		
川 砂 利	検 校 川	79.2	24.8	1.6						2.52	3.1
	鹿 屋 市 古 江	98.6	67.1	4.5						0.78	40.1
切 込 軽 石	〃	99.3	79.6	40.4	20.5	14.9	11.0	7.5	5.0	0.85	36.2
	甲 突 川			99.4	97.8	74.4	38.4	8.8	0.6	2.39	7.1
シ ラ ス	鹿 児 島 市 郡 元			100	97.2	88.2	69.0	50.4	24.8	2.25	7.4

される。然し、実際には鉄筋、コンクリート共に引張、或いは圧縮の状態で付着強度が要求されるのであるから、引抜試験は妥当な試験法とはいえない。そこで、引抜試験より実際に近く、且つ比較的試験法の簡単な引張引抜試験と、引抜試験とを比較し、併せて鉛直鉄筋の平均付着強度を試験した。

コンクリート

川砂（甲突川産）、軽砂利（カルデラ系、鹿屋市古江）コンクリートを使用し、現場容積調合で 1 : 2.35 : 3.20、AE 剤はチューポール、水セメント比は略々 70%（4 週強度 100kg/cm² 程度を目標とした）、スラ



第 1.16 図 付着力試験（その 1）

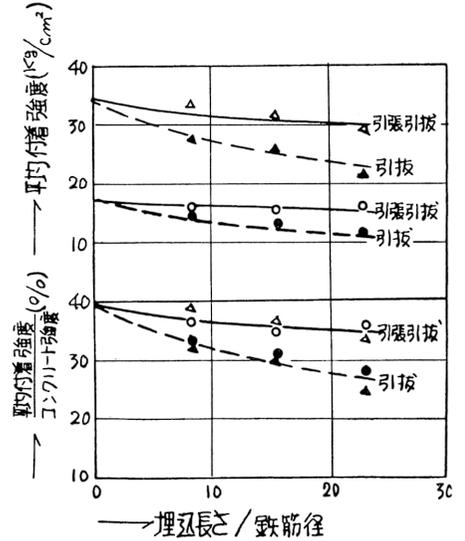
ンプは 19.6cm、養生は水中養生とした。

埋込長さ及び試験方法

引抜試験の場合、Gilkey は、 l/d （埋込長さ/鉄筋径）=24 までは平均付着強度は埋込長さが長い程緩やかに下がるが、24 以上になると急激に低下し、 l/d のもつとも適当なものは 10~16 であるとしている³⁴⁾、Abrams は、 $l/d=8$ をすすめている。

この実験では、鉄筋は 13φ を使用し、鉛直埋込として埋込長さを 10、20、30cm、即ち l/d を 7.7、15.4、23.1 とした。供試体及び試験方法は、第 1.16 図の如くで、10cm 角柱、10×20cm 角柱各 6 本とし、鉄筋のすべりは、自由端で 1/100mm ダイヤルゲージで測定した。

実験結果



第 1.17 図 平均付着強度（鉛直筋）

第 1.16 表引抜・引張引抜による平均付着強度（鉛直筋）

埋込長さ cm	埋込長さ / 鉄筋径	コンクリート強度	引 抜			引 張 引 抜			平均付着強度 引張引抜 引 抜
			平均付着強度 最大~最小 kg/cm ²	平均	平均付着強度 コンクリート強度 %	平均付着強度 最大~最小 kg/cm ²	平均	平均付着強度 コンクリート強度 %	
10	7.7		15.3~12.4	14.5	33.1	16.7~14.0	16.0	36.6	1.10
20	15.4	43.8	16.3~11.0	13.6	31.0	15.4~15.2	15.3	34.9	1.13
30	23.1	(1 週)	14.5~11.0	12.2	27.9	18.0~14.4	15.8	36.1	1.29
10	7.7		28.7~25.8	27.7	32.0	30.7~38.3	33.6	38.8	1.21
20	15.4	86.7	27.4~24.5	25.9	29.9	25.9~35.2	31.4	36.3	1.21
30	23.1	(4 週)	22.0~20.9	21.4	24.7	23.6~32.1	29.0	33.5	1.35

最大荷重に達しない内に自由端がすべり初めたので、自由端がすべり初めた時の値を平均付着強度とした。実験の結果は、第 1.16 表及び第 1.17 図の如くである。

理由は明かでないが、コンクリート強度が意外に低かつたので、充分に目的を達したとはいへ得ないが、次のようなことがいえる。

引抜、引張引抜ともに埋込長さが長くなる程、平均付着力度は低下するが、低下の割合は、引抜は極めて大きく、引張引抜は極めて小さい。

引張引抜の平均付着強度は、引抜の場合の平均付着強度より大きく、埋込長さが長くなればなる程その差は大きい。平均付着強度の試験法としては、引抜による試験より、引張引抜による試験法が秀れている。

コンクリート強度が高くなれば、(平均付着強度)/コンクリート強度)は、第 1.16 表、第 1.17 図に示される値より小さくなることも考えられるが、一応安全を見て、鉛直埋込みの場合の付着強度は、コンクリート強度の 30%程度としてよい。

4 週圧縮強度で 100 kg/cm² 以上の軽量コンクリートを使用すると、安全率を 3 とすれば鉛直鉄筋の長期許容付着応力度は、大島博士提案³⁵⁾ $9 \leq 0.07F_c$ (F_c は 4 週圧縮強度) が適当と思われる。

1.10.3 実験 2—水平鉄筋 (1)

目的

水平鉄筋の付着強度は、コンクリートの沈みによつて、鉛直鉄筋に比して小さくなり、沈みの大きい軽量コンクリートは特にその影響が大きいと考えられる。そこで、水平鉄筋のかぶり、及び鉄筋下のコンクリートの厚さによる付着強度の変化を知るために実験を試みた。

コンクリート及び試験方法

コンクリートの調査及び 4 週圧縮強度は、第 1.17 表

の如くであつた。

鉄筋は 13φ を使用し、埋込長さは 20 cm とした。

試験方法は、実験 1 より、引抜試験で充分安全側の結果が得られたので、引抜試験によることにした。

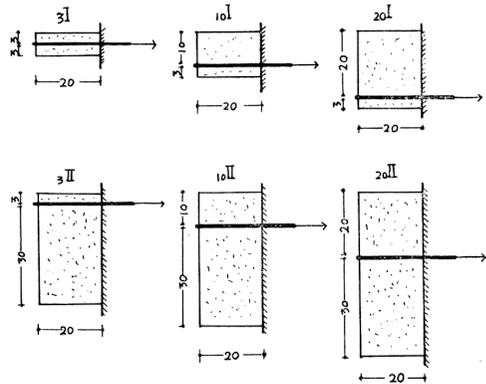
供試体は第 1.18 図の如く鉄筋下のコンクリート厚さを 3cm とし鉄筋上のコンクリートのかぶりを 3, 10, 20cm としたのを I 型とし、鉄筋下のコンクリートの厚さを 30cm とし、鉄筋上のコンクリートのかぶりを 3, 10, 20cm としたのを II 型として、各 6 本づつを試験した。養生は水中養生、材令は 4 週とした。

実験結果

実験結果は、第 1.18 表及び第 1.19 図の如くである。

鉄筋上のコンクリートのかぶりが厚くなれば、I 型、II 型ともに略々平行して平均付着強度は上昇する。但しダレックスを使用したものは川砂の場合もシラスを使用した場合も、II 型では逆の傾向を示したが、その原因は明かにし得なかつた。ダレックスを使用する場合の付着力については、更に検討を必要とする。

II 型の平均付着強度は、I 型に比して甚だ小さく。



第 1.18 図 付着力試験(その 2)(寸法: cm)

第 1.17 表 コンクリートの調査及び強度

符 号	調 合 (現 場 容 積 調 合)						A. E. 剤	W/C 0/wt	Slump cm	4 週圧 縮強度 kg/cm ²
	セメント	川 砂	シラス	川砂利	軽砂利	切込軽石				
P	1	3.14		3.22			—	65.4	20.0	210
RC-C	1	2.45			3.2		チューポール	68.7	20.2	113
RC-D	1	2.45			3.2		ダレックス	69.9	19.7	110
SC-C	1		1.46			3.44	チューポール	88.0	19.5	99
SC-D	1		1.46			3.44	ダレックス	86.0	19.7	100

第1.18表 引抜試験による平均付着強度 (水平筋)

符 号	鉄筋がずれ始めた時					最 大 荷 重 時				
	平均付着強度		平均付着強度	10-20 I/3 I 又は 10-20 II/3 II	II/I %	平均付着強度		平均付着強度	10-20 I/3 I 又は 10-20 II/3 II	II/I %
	最大~最小 kg/cm ²	平 均 kg/cm ²	コンクリ ート強度 %	最大~最小 kg/cm ²		平 均 kg/cm ²	コンクリ ート強度 %			
P - 3 I 10 I 20 I	31.9~28.4 39.2~28.9 41.2~36.7	30.9 32.4 38.5	14.7 15.7 18.4	1.00 1.05 1.24		33.4~31.8 42.7~29.5 47.7~40.0	32.6 34.9 42.8	15.5 16.6 20.4	1.00 1.05 1.31	
RC-C-3 I 10 I 20 I	25.2~22.0 27.7~21.9 29.2~25.4	23.2 24.7 26.9	20.6 22.1 23.8	1.00 1.06 1.16		26.9~24.3 28.9~25.5 40.6~25.9	25.7 27.1 31.1	22.8 24.0 27.5	1.00 1.05 1.21	
RC-D-3 I 10 I 20 I	29.5~13.1 22.3~17.1 24.9~19.6	19.3 19.4 23.1	17.5 17.6 21.0	1.00 1.01 1.20		31.0~13.1 28.0~19.6 33.4~28.0	19.7 26.3 29.7	17.9 23.9 27.0	1.00 1.34 1.51	
SC-C-3 I 10 I 20 I	25.1~14.0 22.8~19.5 26.3~18.6	19.6 21.4 22.6	19.8 21.6 22.8	1.00 1.09 1.16		26.6~15.3 29.3~18.5 29.9~23.1	21.4 23.1 25.8	21.6 23.3 26.1	1.00 1.08 1.21	
SC-D-3 I 10 I 20 I	14.2~ 9.4 15.4~10.7 20.7~11.9	11.4 13.0 16.7	11.4 13.0 16.7	1.00 1.14 1.47		19.8~ 9.4 16.5~10.7 22.5~16.6	13.8 13.7 19.4	13.8 13.7 19.4	1.00 0.99 1.41	
P - 3 II 10 II 20 II	23.5~15.6 26.2~17.2 30.8~21.6	19.3 21.7 25.7	9.2 10.3 12.2	1.00 1.12 1.36	63 66 66	32.0~15.6 27.6~15.9 30.8~22.3	21.6 23.2 26.3	10.3 11.0 12.5	1.00 1.08 1.23	66 66 61
RC-C-3 II 10 II 20 II	24.4~17.5 23.5~17.5 31.8~19.2	20.8 21.0 26.4	18.4 18.6 23.4	1.00 1.05 1.27	84 84 98	24.6~18.7 26.6~19.3 34.4~20.4	21.6 22.8 27.6	19.1 20.2 24.4	1.00 1.06 1.28	84 84 89
RC-D-3 II 10 II 20 II	15.4~ 3.8 12.2~ 6.7 10.1~ 7.7	11.3 9.5 8.9	10.3 8.6 8.1	1.00 0.84 0.79	59 49 39	15.4~ 4.3 12.8~ 6.7 10.8~ 7.7	12.0 11.7 9.3	10.9 10.7 8.5	1.00 0.98 0.78	61 46 32
SC-C-3 II 10 II 20 II	14.2~ 7.7 13.6~ 9.6 19.8~10.1	10.4 11.1 14.5	10.5 11.2 14.6	1.00 1.07 1.40	53 52 54	14.2~ 8.1 13.9~11.3 21.4~11.1	11.9 12.8 15.6	12.0 13.0 15.8	1.00 1.08 1.31	56 52 61
SC-D-3 II 10 II 20 II	17.3~ 6.3 12.8~ 5.4 9.6~ 6.1	12.4 8.7 8.1	12.4 8.7 8.1	1.00 0.70 0.65	109 67 49	18.9~ 6.3 12.8~ 5.4 11.2~ 6.1	12.7 8.7 8.7	12.7 8.7 8.7	1.00 0.69 0.69	92 64 45

ほぼ 60 %程度である。ダレックスを使用したものは更に小さく、32 %に低下しているものもある。

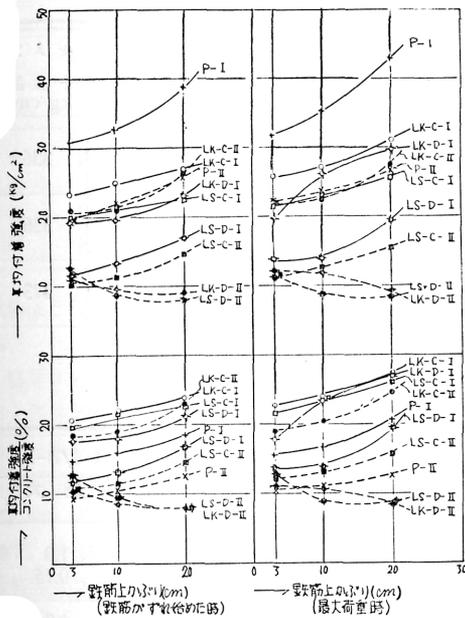
チューポールを使用したコンクリートは、沈みが少ないので、鉄筋下のコンクリートの厚さによる平均付着強度の低下が少ないことを期待したが、それを確認することは出来なかつた。ただし、ダレックスを使用したものよりもその低下は少ない。

鉄筋下のコンクリートの厚さによる平均付着強度の低下は、軽量コンクリートが普通コンクリートに比して大きいと考えられたが、必ずしも大きいとは云えない。特に川砂を使用した軽量コンクリートの場合は、むしろその低下は少ないこともある。

シラスを使用したものは、シラスの細粒部分が多いため、沈みが大きく、鉄筋下のコンクリートの厚さによる平均付着強度の低下は、川砂を使用したものにしてやゝ大きい。

鉄筋がずれ始めた時の平均付着強度は、最大付着強度の 90 %内外であるが、低強度のもの程近い値を示す。

実験 1 より、引張引抜による平均付着強度は、引抜による平均付着強度のほゞ 1.2 倍 (13φ で埋込長さ 20cm の場合) としてよいので、水平鉄筋の場合も之が適用出来るものとすれば、水平鉄筋の (平均付着強度)/(コンクリート強度) は、I 型の場合ほゞ 18 %、



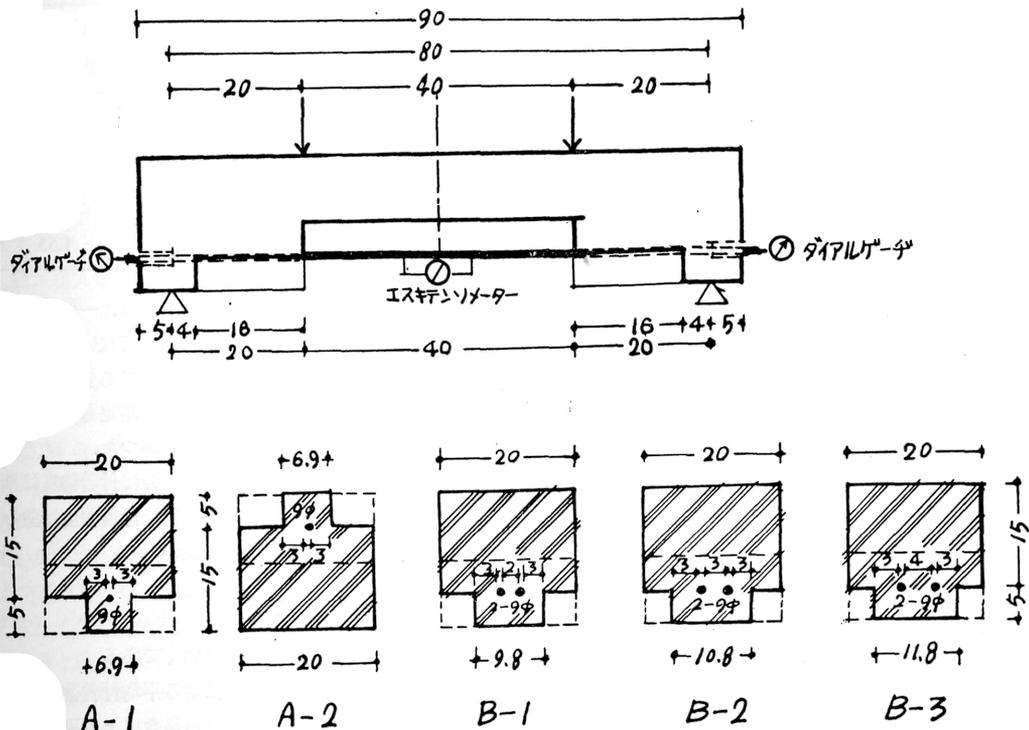
第 1.19 図 平均付着強度（水平筋）

II 型の場合 $\geq 14\%$ と考えてよい。(ただし、ダレックスを使用した場合は一応除くものとする)

4 週圧縮強度 100kg/cm^2 以上の軽量コンクリートを使用するものとして、安全率を 3 とすれば、一般に水平筋の長期許容付着応力度の下限を、下端筋で 6kg/cm^2 、上端筋の 5kg/cm^2 としている。下端筋の 6kg/cm^2 は一応妥当と考えられるが、施工上の諸問題、例えば、木片等雑物の混入、柱、壁等のコンクリート打込時のコンクリートのこぼれ等を考えると、それ程の付着力の期待は出来ない。従つて、上端筋と下端筋の許容応力度は同一値とし、軽量コンクリートの水平筋の長期許容応力度は、大島博士の提案する³⁶⁾ $4 \leq 0.03F_c$ が妥当なものであると思われる。

1.10.4 実験 3—水平鉄筋 (2)

梁の状態に於ける平均付着強度、及び鉄筋間隔による平均付着強度の相違を見るために、第 3.20 図の如き供試体及び試験方法を用い、第 3.19 表の如き調合で試験を行った。供試体は水中養生、材令 4 週である。



第 1.20 図 付着力試験(その3)(単位: cm)

第1.19表 調合及び強度

符 号	調 合 (現場計量) 1 : m : n					混 和 剤	W/C 0/wt	Slump cm	4 週強度 kg/cm ²	セメン ト強度 kg/cm ²
	セメント	川砂	シラス	川砂利	軽石 切込軽石					
P - A B	1	: 2.35		: 3.08		—	65 65	20.2 19.5	151.4 153.7	336
RC-A B	1	: 3.02		: 3.02		チュ ーポール "	57.2 52.0	21.0 20.5	77.3 81.1	326
SC-A B	1		: 1.4		: 3.3	チュ ーポール	52.0 57.4	20.0 20.2	101.2 117.6	373

シラス：鹿児島市郡元産，軽砂利・切込軽石：カルデラ系軽石（鹿屋市古江産）

第1.20表 付着力試験結果（その3）

符 号	圧 縮 強度 F_c kg/cm ²	平均付着強度 F_a		F_a/F_c		1/A-1 又は 1/B-1	
		降伏点 kg/cm ²	最 大 kg/cm ²	降伏点 %	最 大 %	降伏点	最 大
P - A - 1 A - 2	151.4	32.2	35.6	21.3	23.5	1.0	1.0
		22.5	26.8	14.9	17.7	0.70	0.75
RC - A - 1 A - 2	77.3	16.8	20.2	21.7	26.2	1.0	1.0
		16.1	17.1	20.8	22.1	0.96	0.84
SC - A - 1 A - 2	101.2	19.7	22.2	19.5	22.0	1.0	1.0
		17.7	20.8	17.5	20.6	0.90	0.94
P - B - 1 B - 2 B - 3	153.7	12.1	19.7	7.9	12.8	1.0	1.0
		18.0	20.0	11.7	13.0	1.48	1.02
		21.2	23.2	13.8	15.1	1.75	1.18
RC - B - 1 B - 2 B - 3	81.1	14.7	20.3	18.2	25.1	1.0	1.0
		20.7	21.2	25.6	26.2	1.41	1.04
		24.2	24.5	29.8	32.0	1.64	1.28
SC - B - 1 B - 2 B - 3	117.6	14.7	16.7	12.5	14.2	1.0	1.0
		18.3	25.2	15.6	21.4	1.25	1.51
		23.8	29.5	20.2	25.1	1.62	1.55

試験結果は第1.20表の如くであつた。

但し、平均付着強度は、鉄筋中央部の伸びを、エキステンソメーターによつて測定し、別に同一鉄筋の応力度-歪度曲線を測定して求めて置き、その対応によつて応力を求め、平均付着強度を算定した。

測定値は、いずれも供試体3本の平均である。

降伏点とあるのは、鉄筋端のすべりが急速に増す点から求めたものである。

実験Aは、前述の結果と同じく、鉄筋下コンクリートが厚くなければ平均付着強度は低下することを示しているのは云うまでもない。

実験Bでは、鉄筋間隔2cmに比して、3cmのものは20~50%、4cmのものは60~90%平均付着強度が増加することを示している。

実験2の引抜による平均付着強度より、一般に大きい測定値を示したが、その理由は明かでない。しかし一個所の鉄筋の平均付着強度が支配的であり、測定値はかなり散らばり、供試体の作製及び測定もやゝ複雑で、試験方法としては一般的ではなかつた。

いずれにしろ、鉄筋間隔の狭いものは付着強度は期待出来ない。鉄筋間隔の2cm以下は付着強度は望み得ず、出来得れば4cm以上としたい。

1.10.5 結 び

以上を要約すれば、大略次の如くである。

引抜試験と引張引抜試験とによる平均付着強度は、後者が幾分大きな値を示し、埋込長さによる平均付着強度の変化は、前者より後者が少い。平均付着強度の

第 1.21 表 現場軽量コンクリート強度

年		度	1955	1956	1957	1958	1959
試	験	件	3	24	34	34	20
4 週 強 度	年	度	133		128	115	108
	標	準	22.9	30.5	18.8	28.0	
	変	異	17.2	23.9	16.3	25.9	

試験法としては、引張引抜きによる方法が秀れている。

軽量コンクリートの鉛直鉄筋の長期許容付着応力度は大島博士提案の $9 \leq 0.07F_c$ 、水平鉄筋の長期の長期許容付着応力度は、同じく $4 \leq 0.03F_c$ が妥当である。

鉄筋間隔による平均付着強度は、4cm のものに比して、3cm で 80 % 内外、2cm で 60 % 内外に低下するので、鉄筋間隔 2cm 以下は付着強度を期待しがたく鉄筋間隔は 4cm 以上が望ましい。

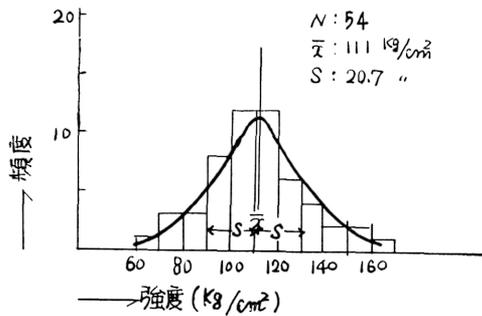
1.11 鹿児島県に於ける現場軽量コンクリート強度の様相

鹿児島県に於ける現場軽量コンクリートは、殆んどシラス、カルデラ系切込軽石を使用したものである。桜島黒神産軽石を使用したもの、川砂、カルデラ系切込軽石を使用したものが 2, 3 例あるが、いずれもワーカビリティが悪く失敗している。川砂、カルデラ系切込軽石で、川砂の粒度配列をシラスで補つて適当粒度として使用したものは成功しているが、その例は 2 例にすぎない。

鹿大建築材料実験室で試験したシラス、カルデラ系切込軽石、2, 3 例ではあるがシラス、桜島系ボラの現場軽量コンクリートの試験件数及び平均強度は、第 1.21 表の如くである。

試験件数は 1955 年から増加し、1957 年、1958 年共に 34 件であるが、1959 年は 20 件に減少している。試験件数の減少は、工事の減少を示すように考えられるが、実際には、軽量コンクリート工事は減少していないで、むしろ増加している。標準的な調合が定まっているので、比較的強度が安定していることによる安心感から、強度試験を行っていないことが原因していると思われる。

平均強度も年々低下しているが、初期は不慣れによる不安感から、工事の入念さとセメント量の増加が見られ、次いで標準的な調合をそのまま使用して安定



第 1.21 図 現場軽量コンクリート強度ヒストグラム及理論曲線

し、近年では、軽量コンクリートの施工になれたため、やゝ施工が粗雑になり、未経験の業者がいゝかげんに施工しているといった感をまぬがれない。これは、標準偏差、変異係数からも相像出来るようである。

シラス、カルデラ系切込軽石、2, 3 例ではあるが、シラス、桜島系ボラの現場軽量コンクリートの 4 週強度の 1955 年乃至 1959 年のヒストグラム及びその理論曲線は第 1.21 図の如くである。略正規分布と見て良いが、 90kg/cm^2 以上を合格とすれば、合格率は略々 85 % で、鹿児島県に於ける現場軽量コンクリート強度は、一般に合格としてよいと思われる。

ただし、この種の統計的な施工上の級別の判断は、強度の変動振巾が狭く、且つ基準強度が低い場合に、普通コンクリートと同様に規定されるかどうかは疑問である。この点については、別に報告する予定である。

§ 2 南九州産軽量骨材を使用した軽量コンクリートの弾性的性質

2.1 序

普通コンクリートの弾性的性質は、骨材による差異は少く、主として、調合、従つて、強度との関連によ

つて定まるが、軽量コンクリートの場合、強度と同じように、骨材によつて弾性的性質は異なるものと考えなければならぬ。浅間産、榛名産、大島産軽石等を使

用した軽量コンクリートの弾性的性質については数多くの研究があるが、南九州産軽量骨材を使用した軽量コンクリートの弾性的性質については筆者のもの³⁷⁾³⁸⁾

第2.1表 圧縮強度とヤング係数 $E_{s1/2}$ 及び強度時歪度例

No.	骨材の種類		調合(容積計量は現場計量)			W/C %	Slump cm	混和剤	強度 kg/cm ²	$E_{s1/2}$ ×10 ⁻⁴ kg/cm ²	強度時歪度 ×10 ⁻⁴	材令 W
	細	粗	セメント kg/m ³	細 m ³ /m ³	粗 m ³ /m ³							
SC-1			1	2.18	6.14	130	20.5		49.5	6.23	21.6	4
2			1	3.19	6.37	134	19		50.3	5.88	19.2	4
3			1	2.16	6.16	130	20		50.5	5.91	19.3	4
4			1	2.07	6.35	125	19		53.6	5.55	18.6	4
5			1	2.09	6.33	120	18		54.0	6.43	20.2	4
6			1	3.14	6.32	130	19		58.2	6.20	20.1	4
7			1	2.46	5.52	114	21		60.4	6.16	21.3	4
8			1	2.41	5.45	104	19		62.7	6.54	20.7	4
9			1	1.99	5.87	109	19		65.2	7.10	22.2	4
10			1	1.90	5.08	84	19		65.4	5.77	19.8	4
11	シ	カル	1	1.73	5.05	107	20		69.7	6.50	20.1	4
*12		デラ	1	1.68	3.97	60	19	C	73.5	6.91	22.0	4
13		系	1	1.83	5.13	80	20		74.3	6.13	20.1	4
14	ラ	切	1	1.75	5.03	107	20		77.2	6.91	22.8	4
15		込	1	1.81	5.15	82	19		80.9	6.95	22.4	4
16		込	1	1.46	4.34	87	20		81.0	7.65	23.6	4
17		込	1	1.60	4.32	86	20		81.3	8.60	24.8	4
18	ス	石	1	2.13	4.57	92	20		86.3	6.18	21.3	4
19			1	1.70	3.95	61	19		86.7	7.30	23.0	4
20			1	1.57	4.67	88	21		88.6	6.95	21.9	4
*21	(鹿)	(鹿)	1	1.65	4.00	88	20	C	88.7	7.45	23.5	4
22	鹿	鹿	1	1.77	3.93	92	20		95.2	5.95	20.9	4
*23	鹿	鹿	1	1.68	3.97	86	20	D	97.2	7.92	24.7	4
24	鹿	鹿	1	1.79	3.97	81	21		98.6	7.58	24.1	4
25	鹿	鹿	1	2.04	4.58	92	20		101.1	7.05	23.3	4
26	鹿	鹿	1	1.67	4.62	77	19		101.3	7.65	24.6	4
*27	鹿	鹿	1	1.68	3.97	63	19	C	103.7	8.38	25.8	4
*28	鹿	鹿	1	1.68	3.97	85	19	D	104.5	8.51	26.0	4
*29	鹿	鹿	kg/m ³	m ³ /m ³	m ³ /m ³	71	18	C	106	9.13	27.1	4
30	鹿	鹿	355	0.319	0.945	85	21		106.5	7.93	24.7	4
31	鹿	鹿	1	1.54	4.50	80	19		109	7.67	24.3	4
32	鹿	鹿	1	1.67	4.62	80	19		109	7.67	24.3	4
33	鹿	鹿	1	1.56	4.35	87	20		110.5	7.35	23.3	4
	鹿	鹿	1	1.84	5.32	90	22		110.5	6.45	22.1	13
*34	鹿	鹿	kg/m ³	m ³ /m ³	m ³ /m ³	73	19	D	111	8.02	25.3	4
35	鹿	鹿	350	0.373	0.944	92	20		113	7.91	25.2	4
*36	鹿	鹿	1	1.77	3.94	92	20		113	7.91	25.2	4
37	鹿	鹿	1	1.68	3.97	77	19	C	114	8.74	26.5	4
	鹿	鹿	1	1.84	5.32	96	20		116	7.57	24.6	13
*38	鹿	鹿	kg/m ³	m ³ /m ³	m ³ /m ³	69	22	P	122	8.92	27.3	4
39	鹿	鹿	363	0.376	0.96	82	20		129	7.64	25.5	4
40	鹿	鹿	1	1.84	5.16	81	21		129.5	8.64	26.8	13
	鹿	鹿	1	2.04	4.57	81	21		129.5	8.64	26.8	13
*41	鹿	鹿	1	1.68	3.97	57	20	C	134	8.28	26.8	4
42	鹿	鹿	1	2.04	4.55	80	20		139.5	8.45	26.9	13
RC-1			kg/m ³	m ³ /m ³	m ³ /m ³	58	18	C	54	7.21	17.2	1
2			332	0.646	0.646	85	22		57.7	7.85	17.3	1
3			364	0.620	0.620	80	21	A	58	7.51	18.8	1
4			345	0.633	0.633	80	21	A	58	7.51	18.8	1
5			314	0.660	0.660	57	19	C	59.3	7.03	16.8	1
6			350	0.630	0.630	74	22		60.3	8.63	18.1	1
7			347	0.632	0.632	81	21	A	66.0	9.24	19.7	1
8			322	0.651	0.651	62	20		66.0	7.35	17.0	1
9			359	0.631	0.631	68	17	P	72.3	8.42	18.3	1
10			360	0.616	0.610	72	21		73.4	7.31	17.6	1
			307	0.666	0.660	62	19	C	75.0	8.29	18.6	1