

コンクリート強度試験

1 班

学籍番号 081770442

氏 名 町田 弦

第 2 回目

目次

1. 実験の目的	1
2. 実験の方法	2
2.1 圧縮強度試験.....	2
2.2 引張強度試験.....	2
2.3 曲げ強度試験.....	3
3. 実験の結果と考察.....	5
3.1 圧縮強度試験.....	5
3.2 引張強度実験.....	8
3.3 曲げ強度実験.....	8
4. 参考文献.....	11

1. 実験の目的

本実験の目的は各種応力化における硬化コンクリートの強度実験を行うことにより、硬化コンクリートの力学特性について理解することである。硬化コンクリートの強度特性は、圧縮・引張・せん断・ねじり・衝撃・支圧・疲労などに分類される。本実験では、このうち、コンクリートの圧縮強度、引張強度及び曲げ強度試験を行う。コンクリートの基本的性質を観察するとともに、応力－ひずみ関係、ひび割れ面の観察等を行う。

2. 実験の方法

2.1 圧縮強度試験

① 円柱供試体の高さの中央で、互いに直行する 2 方向の直径を 0.2mm まで計る (d1)。これを別の方向でも繰り返し (d2)、その平均を供試体の直径 d として、有効数字 3 桁まで求める。

$$d = (d1 + d2) / 2$$

② ひずみゲージを鉛直方向及び水平方向に各 2 つ貼付する。

③ 試験機を点検・調整する。試験機は秤量の 1/5 から秤量までの範囲で使用する。

④ 供試体に衝撃を与えないように一様な速度で荷重を加える。

荷重を加える速度は、最大荷重の 50%程度までは比較的早くても良いが、その後はゆっくり積荷する。厳密には、圧縮応力の増加が毎秒 $0.6 \pm 0.4 \text{ N/mm}^2$ になるようにする。

⑤ 供試体が破壊されるまでに試験機が示す最大荷重を有効数字 3 桁まで読み、圧縮強度 f_c' を次式で有効数字 3 桁まで計算する。

$$f_c' \text{ (N/mm}^2\text{)} = P / (\pi d^2 / 4)$$

(P は最大荷重 (N))

⑥ 2 個の試験結果より、平均値を求め圧縮強度 f_c' とする。

⑦ 各 2 つずつのひずみゲージによりひずみを測定し、その平均値を試供体のひずみとする。

⑧ 応力-ひずみ関係図を作成するとともに、コンクリートのヤング係数及びポアソン比を測定する。ヤング係数及びポアソン比は最初に得られた実験値から、最大荷重 P の 30~40%までの測定データを用いて算定する。

2.2 引張強度試験

① 供試体に荷重を加える方向の直径を 2 箇所 0.2mm まで計り、その平均値を試供体の直径とする。

② 試験機を点検・調整する。試験機は秤量の 1/5 から秤量までの範囲で使用する。

③ 供試体を試験機の加圧板の上に偏心しないように横に据える。この場合、加圧板と供試体との接触線にすきまがないことを確認する。

④ 供試体に衝撃を与えないように一様に荷重を加える。なお載荷速度は毎秒 0.06 ± 0.04 (N/mm²) 程度とする。

⑤ 供試体が破壊されるまでに、試験機が示す最大荷重を有効数字 3 桁まで読む。

⑥ 供試体の割裂面における長さを 2 箇所でも 0.2mm まで測定し、その平均値を供試体の長さとし、有効数字 4 桁まで求めておく。

⑦ 引張強度 f_t を次式で計算し、有効数字 3 桁まで求める。

$$f_t \text{ (N/mm}^2\text{)} = 2P / \pi d l$$

(P は最大荷重 (N)、d は供試体の直径 (mm)、l は供試体の長さ (mm))

⑧ 2 個の試験結果より、平均値を求め引張強度 f_t とする。

2.3 曲げ強度試験

① 供試体は所定の養生を終わった直後の状態で試験する。

② 型枠にコンクリートを打ち込んだときの側面を上下の面として載荷試験を行う。試験に先立ち、試験時に側面、底面となる面に支点位置、載荷点位置を記しておく。底面にはスパン方向の中心線も記しておく。

③ 供試体を静かに「曲げ試験装置」にのせ、供試体の支点、載荷点位置を試験装置に合致させる。ついで供試体の面と載荷装置と接触面との間に隙間がないことを確かめる。

④ 3 等分・均等に、かつ衝撃を与えないように荷重を与え、曲げ引張で破壊する。

⑤ 荷重を加える速度は、縁応力度の増加が標準として毎分 8~10kgf/cm² となるようにする。したがって、断面寸法 15cm×15cm の供試体の載荷速度は約 10kgf/sec になる。ただし、破壊荷重の 50% までは比較的早い速度で荷重を加えても良い。

⑥ 試験機の示した最大荷重を有効数字 3 桁まで読む。

⑦ 破壊断面の幅を 3 箇所で 0.2mm まで測定し、その平均値を有効数字 4 桁まで求めて高さとする。

⑧-a 供試体が引張側表面(底面)のスパン方向の中心線の 3 等分の間で破壊した時は、曲げ強度を次式で計算する。(図 2 参照)

$$\sigma_b = Pl/bd^2$$

(σ は曲げ強度 (N/mm²)、 P は試験機の示す最大荷重 (N)、 l はスパン (mm)、 b は破壊断面の平均幅 (mm)、 d は破壊断面の平均高さ)

⑧-b 供試体が引張側表面(底面)のスパン方向の中心線の 3 等分の外側で破壊し、かつ 3 等分点から破壊断面と中心線との交点までの距離がスパンの 5%以内である場合は、曲げ強度を次式で計算する。(図 2 参照)

$$\sigma_b = 3Pa/bd^2$$

(a :破壊断面とこれに近い方の外側支点との距離を引張側表面でスパンの方向に 2 箇所図ったものの平均値(mm)で有効数字 4 桁まで求めた値)

⑧-c 供試体が引張側表面(底面)のスパン方向の中心線の 3 等分の外側で破壊し、かつ荷重点から破壊断面までの距離がスパンの 5%以上である場合は、その試験結果を無効とする。

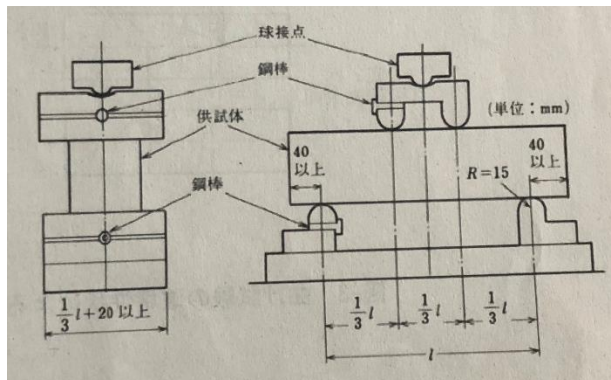


図 1 曲げ強度試験方法

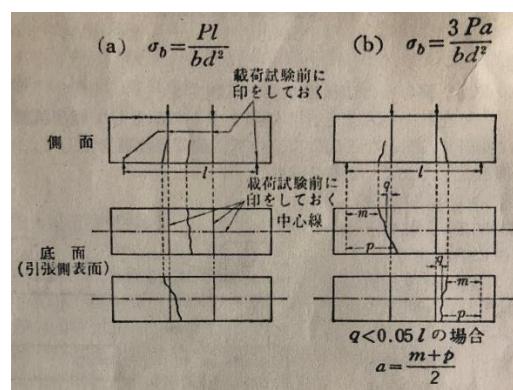


図 2 計算方法の場合分け

3. 実験の結果と考察

3.1 圧縮強度試験

図3 供試体の直径と最大荷重

	d_1 (mm)	d_2 (mm)	d (mm)	P (kN)
供試体 1	99.7	100.0	99.85	340.7
供試体 2	99.8	100	99.90	315.5

図3より、供試体1の断面積は $A = \pi d^2/4 = 7830.43 \text{ mm}^2$ であり、圧縮強度は $f_{c1}' = P/A = 43.50 \div 43.5 \text{ N/mm}^2$ である。

同様に供試体2について、 $A = 7852.41$ 、 $f_{c2}' = 40.17 \div 40.2 \text{ N/mm}^2$ である。

以上よりこのコンクリートの圧縮強度は平均値をとって $f_c' = 41.83 \div 41.8 \text{ N/mm}^2$ である。

以下に図4～7によって、供試体1・2それぞれの応力-ひずみ関係を示す。圧縮開始からコンクリート破壊までのデータを基にしている。

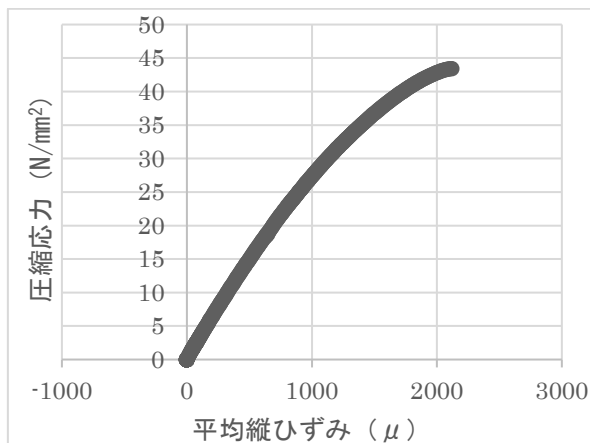


図4 供試体1の応力-縦ひずみ関係

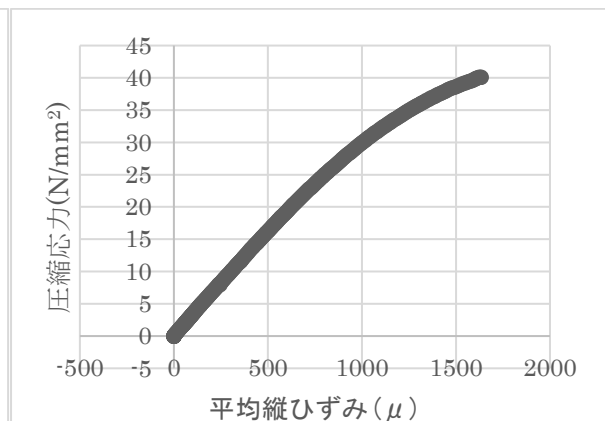
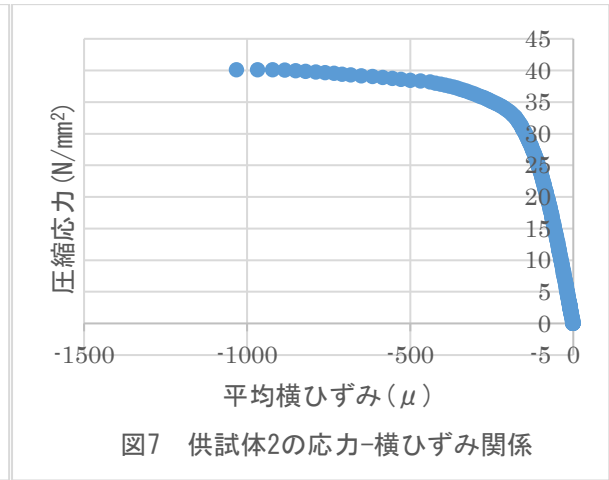
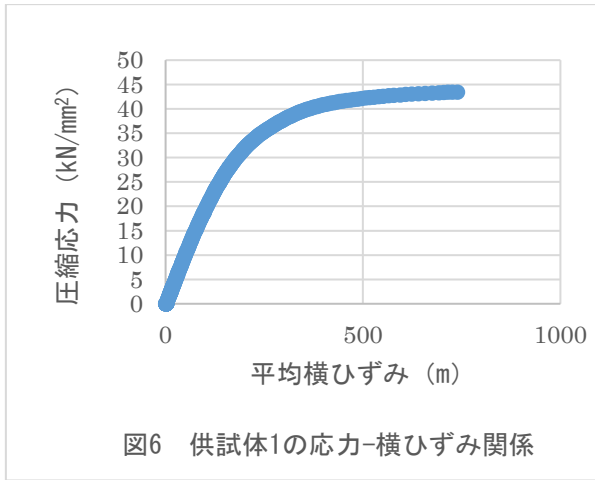
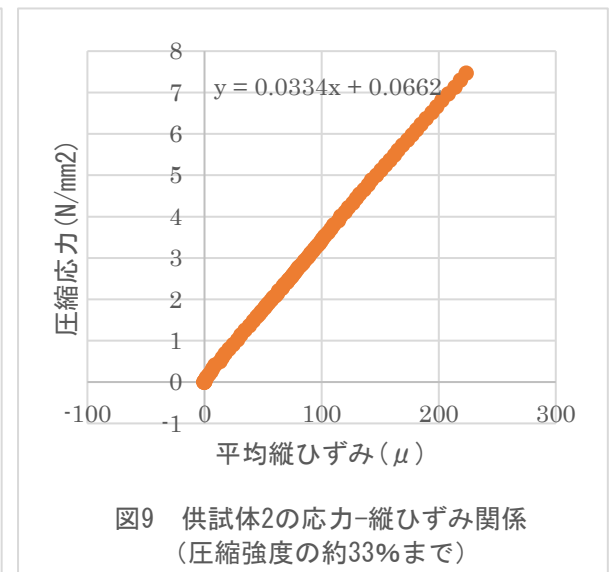
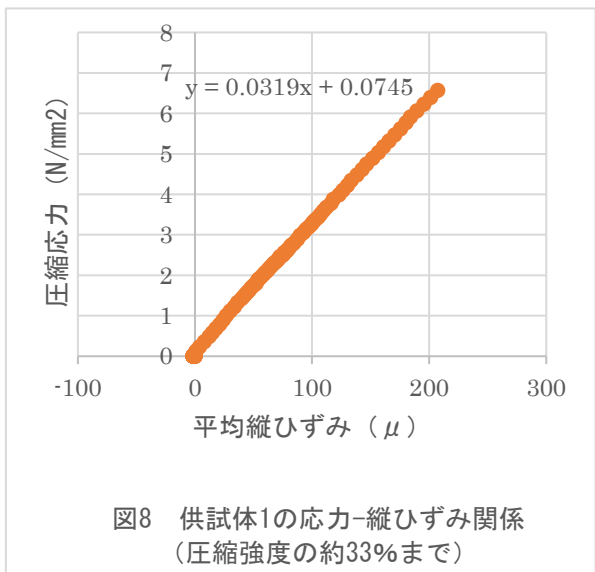


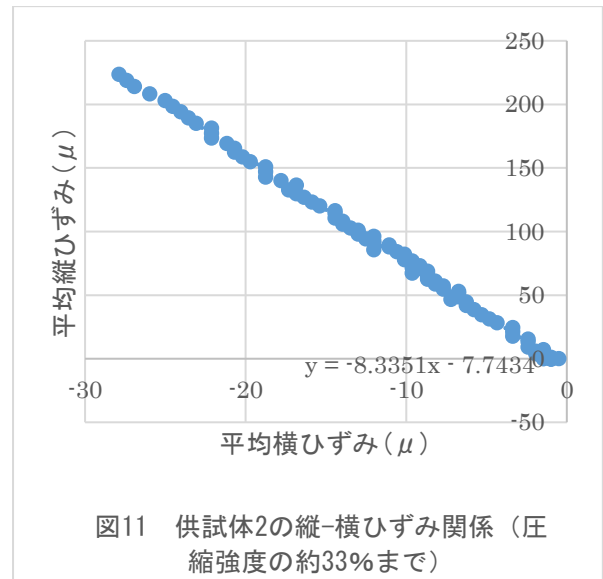
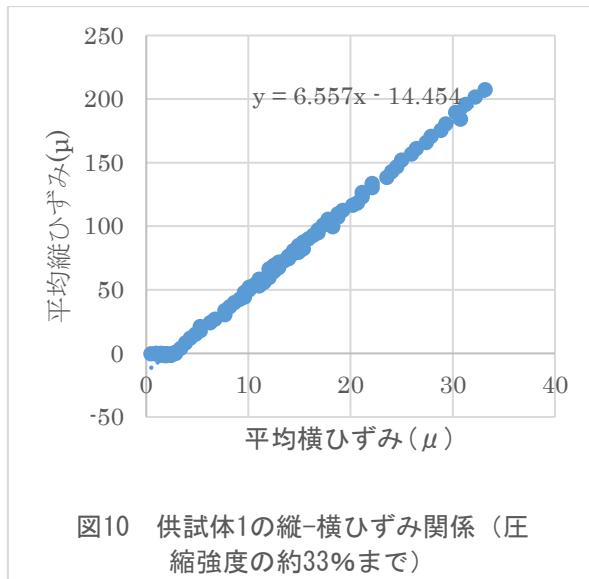
図5 供試体2の応力-縦ひずみ関係



*供試体 1 の応力-横ひずみ関係について、横ひずみが正になっているが引張方向が負のため、正負が逆だと考えられる。

次に応力-縦ひずみ曲線の圧縮強度の約 33%までの直線の傾きにより、コンクリートの初期弾性係数を求める





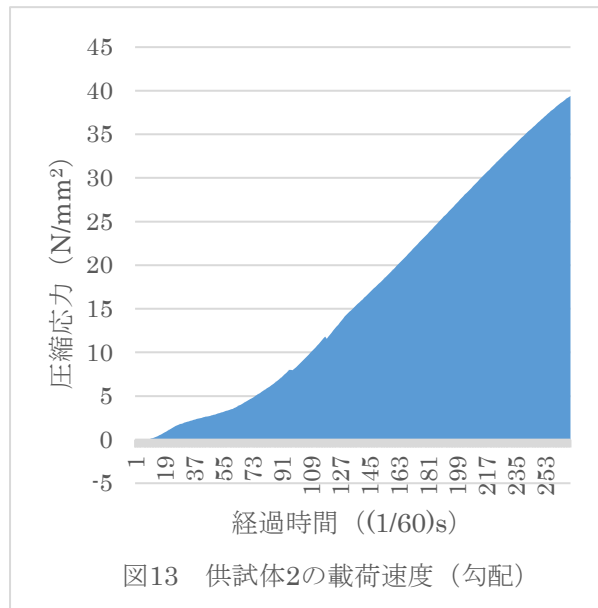
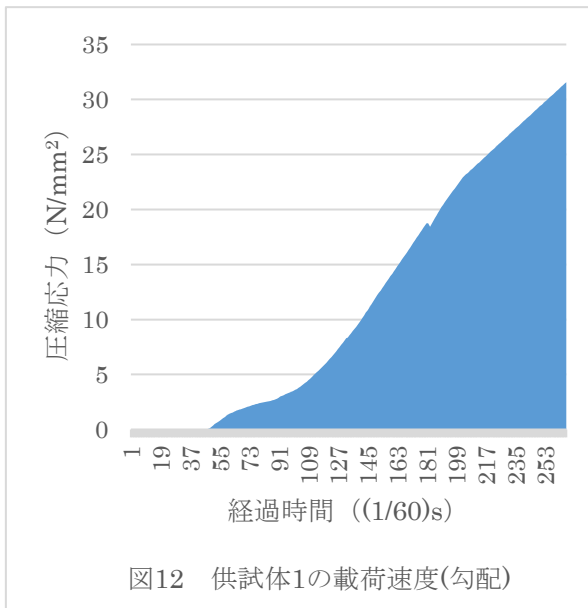
$\sigma = \varepsilon E$ なので図より読み取るとそれぞれ $0.0319 \times 10^6 \text{N/mm}^2$ 、 $0.0334 \times 10^6 \text{N/mm}^2$ となる。平均値をとって、 $E = 0.03265 \times 10^6 \div 3.27 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ である。

ポアソン比も図 10, 11 より同様に $\nu = [(1/6.557) + (1/8.335)]/2 = 0.1362 \div 0.136$ である。

・考察

コンクリートの圧縮強度は一般的に $18 \sim 150 \text{kN/mm}^2$ ⁽¹⁾ であり、標準値に収まる結果となった。図 2～5 を見ると、圧縮強度の約 1/3 のところでひずみが加速度的に大きくなっている。これはコンクリートが変形し始め、外力に対してより脆くなっているためと考えられる。

2 つの供試体で圧縮強度やひずみ曲線に違いが生じた理由について考察する。試験時の荷重を加える速度に注目してみると、図 12, 13 を見てわかる通り全体的に供試体 1 の方が載荷速度が大きい。他の実験結果では⁽²⁾、載荷速度が毎秒 1.0N/mm^2 のとき圧縮強度は 1～3%大きくなり、毎秒 0.2N/mm^2 のとき 2～5%小さくなるという結果が出ている (0.6N/mm^2 基準)。よって載荷速度が大きくなったことが供試体 1 の強度を大きくした原因であると考えられる。



3.2 引張強度実験

図 14 供試体の直径、高さと最大荷重

	d_1	d_2	d (mm)	l_1	l_2	l (mm)	P (kN)
供試体 1	99.7	99.8	99.75	198.35	198.10	198.225	82.9
供試体 2	100.5	99.6	100.05	200.90	200.30	200.60	70.3

式 f_t (N/mm²) = $2P / \pi d l$ より、引張強度を求める

$$f_{t1} = 2.669 \div 2.67, f_{t1} = 2.229 \div 2.23$$

平均値をこのコンクリートの引張強度として $f_t = 2.45 \text{ N/mm}^2$ である。

・考察

圧縮強度は 41.8 N/mm^2 、引張強度は 2.45 N/mm^2 と約 17 倍の差があった。コンクリートは圧縮に比して引張方向の応力に弱いことが分かった。

3.3 曲げ強度実験

図 15 供試体の幅、スパンと最大荷重

	b_1	b_2	b (mm)	d_1	d_2	d (mm)	P (kN)
供試体	101.90	102.70	102.30	100.25	100.30	100.275	15.9

供試体が 3 等分線の間で破壊した(実験方法⑧-1)。よって式 $\sigma_b = Pl/bd^2$ によって曲げ応力を求める。(l=300mm)

$$\sigma_b = 4.637 \div 4.64 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

・考察

曲げモーメントの分布が図のようになるため、最も曲げモーメントの大きい箇所でコンクリートが破壊されるのを確認できた。

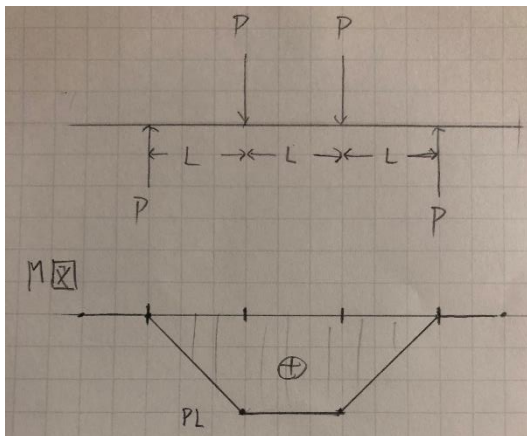


図 16 供試体の曲げモーメント図

・圧力強度試験についての追加考察 1

圧縮強度試験を行うとき、供試体は図 17 のように圧縮によって生じる横方向の膨張を抑えようとする摩擦力の影響を受ける。供試体の高さ（断面積）の比が小さくなると、コンクリートに摩擦力が及ぼす影響が相対的に大きくなり、横ひずみが小さくなるため圧縮強度は大きくなる。

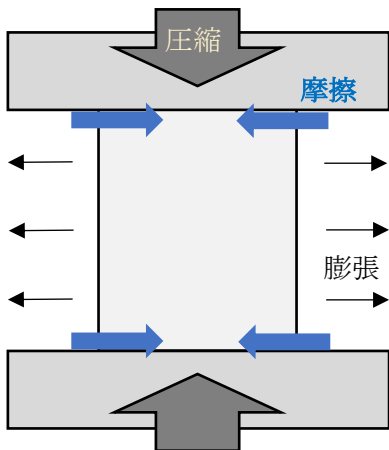


図 17 摩擦力

・圧力強度試験についての追加考察 2

圧縮強度試験において両端部にゴムを挟むと、図 18 のようにゴムはコンクリートよりポアソン比が大きいためコンクリートより大きく膨張する。図 17 と比較して摩擦力が無くなりコンクリートが拘束されなくなり、圧縮強度が小さくなる。

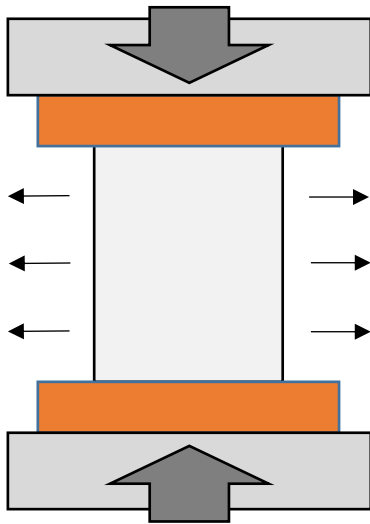


図 18 作用・反作用の力

4. 参考文献

1) コンクリートの強度、白鳥生コン株式会社、水嶋クリエイティブグループ

<http://mizushima-cg.com/shiratori/strengthoutline>

2) 論文 圧縮強度試験における荷重速度と強度レベルがコンクリートの強度・変形性状に及ぼす影響、小山 善行他

http://data.jci-net.or.jp/data_pdf/31/031-01-1062.pdf