

4. 4 壁土用原土の性質

4. 4. 1 原土の産出地

図 4.4.1-1~4.4.1-2 に採取地域および原土の写真を示す。

試料は各地域で壁土として用いられているものを使用した。また、届けられた試料で既に練混ぜられた物や量の少ない物は S/C85% およびせん断供試体の無い物もある。表 4.4.1-1 に地域と用途名称を示す。また、スサは、強度のばらつきを押さえるためモミスサを用いた。

試料は赤みをおびたもの、焦げ茶、黒いものなどが見られ、握り拳大の大きな塊、石および木根が混入しているものもある。

表 4. 4. 1-1 地域と用途

産地	用途名称	備考
基準		京都産の土を基準に用いる
京都府	原土	
福岡県糸島市本	原土	100mm 以上の塊が見られる、せん断供試体無し
福岡県糸島市飯原	原土	30~50mm 以上の塊が見られる、せん断供試体無し
京都府	荒壁土	製品、40~100mm の塊が見られる
埼玉県	荒壁土	製品、(荒木田土) せん断供試体無し
石川県輪島市	荒壁土	
岐阜県大垣市糸坂町	荒壁土	練混済、せん断供試体無し
岡山県倉敷市	荒壁土	
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	荒壁土	
京都府	中塗土	製品
滋賀県東近江市	中塗土	
兵庫県	中塗土	
福岡県糸島市飯原	中塗土	練混済、S/C85% 供試体無し
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	中塗土	
石川県輪島市	中塗土	練混済、S/C85% 供試体無し
福島県郡山	棟瓦用土	製品、50~70mm の塊が見られる

備考の用語

用途名称：配送元が明記したもの

製 品：製品として販売されているもの

練 混 済：配送元が練混ぜたもの

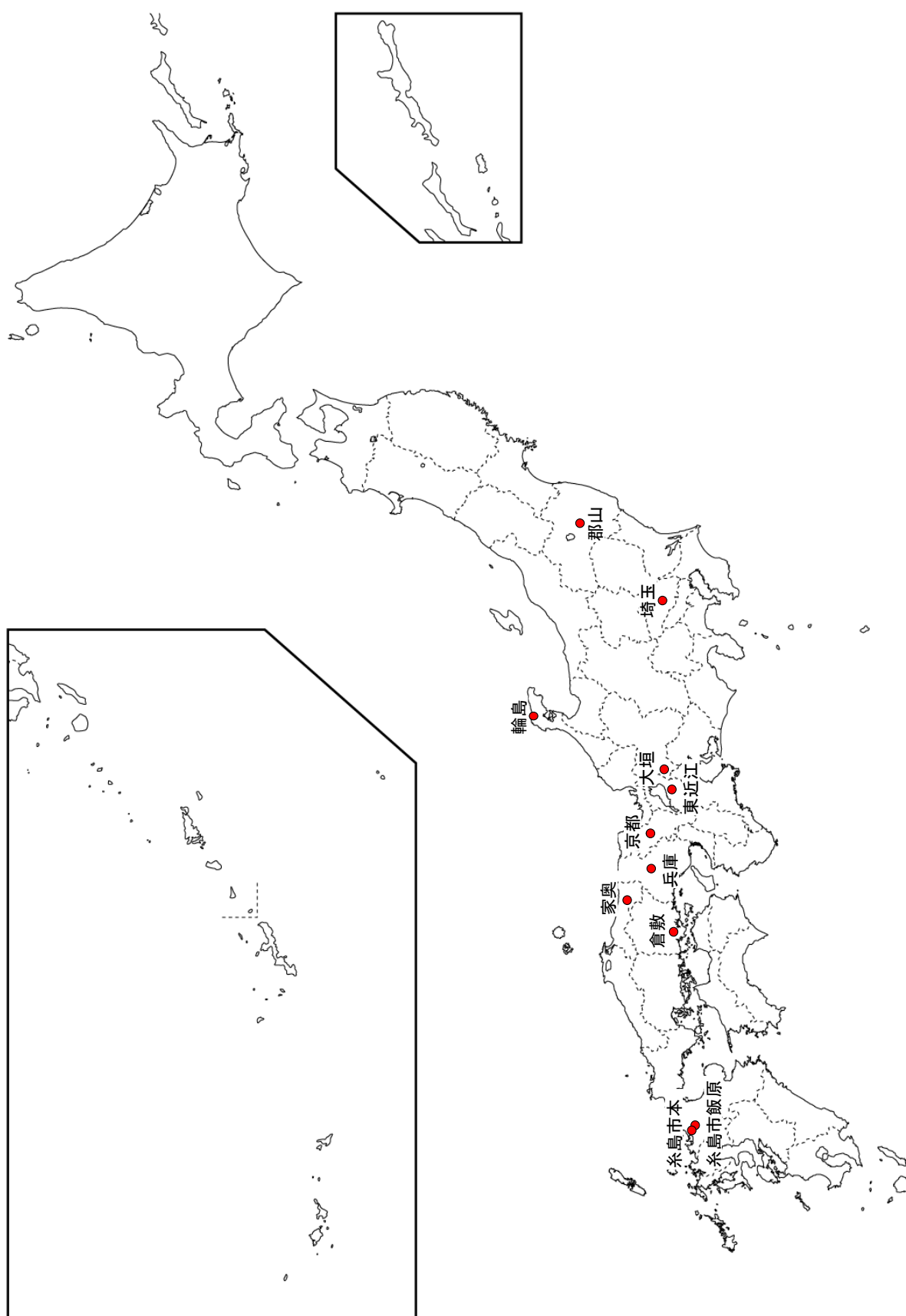
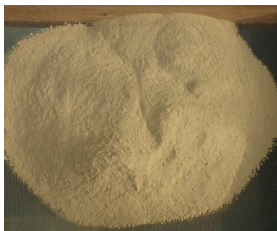


図 4.4.1-1 各土の採取地域

産地	用途名称	写真
基準		—
京都府	原土	
福岡県糸島市本	原土	
福岡県糸島市飯原	原土	
京都府	荒壁土	
埼玉県 (荒木田土)	荒壁土	
石川県輪島市	荒壁土	

岐阜県大垣市糸坂町	荒壁土	
岡山県倉敷市	荒壁土	
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	荒壁土	
京都府	中塗土	
滋賀県東近江市	中塗土	
兵庫県	中塗土	
福岡県糸島市飯原	中塗土	

鳥取県鳥取市用瀬町家奥	中塗土	
石川県輪島市	中塗土	—
福島県郡山	棟瓦用土	

図 4. 4. 1-2 原土の写真

4. 4. 2 原土の物理的性質

(1) 実験方法 (粒度特性)

1) 供試体の作製 ($\phi 20 \times 40\text{mm}$)

供試体の作製は、以下に示す。

- ① 土は、JISA 1204(土の粒度試験)に従い試験を行った。土は2mm ($2000\mu\text{m}$ ふるいを通過したもの)をそれぞれ150g採取した。
- ② 採取した土に水を重さの大略3割加え、ペースト状にする。
- ③ 内径2mm、高さ40mmの亚克力パイプの内側に薄くグリースを塗り、自由に収縮できるようにする。
- ④ アクリルパイプ5本に試料を流し込む。予備実験より、ペースト状で流し込まないと供試体に空隙が多く、途中で破損することから決定した。
- ⑤ 供試体乾燥後に2本の丸棒で平行になるように挟み、上下部の変形部分にやすりをかけて平行にする。
- ⑥ 5本の試験体は直径、高さを揃えるためにJISA 1107(コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮試験方法)を参考に補正している。

2) 養生方法

試験体の養生は、自然乾燥とし実験室内で温度、湿度に関わらず気中養生とした。脱型は供試体作製後7日目を目安とした。

3) 試験方法

a) 粒度分布

粒度分布試験は、レーザー回折式粒度分布測定装置 SALD-3000S(株式会社 島津製作所)を用い、原土約3gずつを攪拌水槽に投入し、測定値が安定するまで行った。

b) 土質試験

土質試験は、JIS規格に巡視し試験を行った。表4.4.2-1に試験項目を示す。

表 4. 4. 2-1 試験項目

試験項目	JIS 規格
土粒子の密度試験	JIS A 1202
土の粒度試験	JIS A 1204
土の液性限界・塑性限界試験	JIS A 1205

c) 圧縮試験

試験は JIS A 1216 (土の一軸圧縮試験) に従い、載荷速度は 0.5mm/min とした。圧縮強度 σ_c は JIS A 1107 (コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮試験方法) に従い、補正係数 S を乗じて求めた。

$$\sigma_c = N/A$$

ここに、 σ_c : 圧縮強度 (N/mm^2)、 N : 最大荷重 (N)、 S : 補正係数 A : 断面積 (cm^2)

表 4.4.2-2 補正係数 (JIS A 1107)

高さ と 直径 と の 比 h/d	補正係数	備考
2.00	1.00	h/d がこの表に表す値の中間に有る場合、補正係数は、補間して求める。
1.75	0.98	
1.50	0.96	
1.25	0.93	
1.00	0.87	

用語説明

粒径加積曲線 : 土の粒子の分布状態を粒径とその粒径より小さい粒子の質量百分率の関係を示したもの

均 等 係 数 U_c : 粒径加積曲線の傾きを表す。 $U_c \geq 10$ の土は「粒径幅の広い」といい、 $U_c < 10$ の土を「分級された」という。

曲率係数 U_c' : 粒径加積曲線のなだらかさを表す。 U_c' が 1~3 の場合、「粒径幅が広い」と言える。

(2) 実験方法 (基礎実験)

1) 基本調合

基本調合を表 4.4.2-3、砂原土比別基本調合を表 4.4.2-4 に示す。

調合は、絶対容積調合を基本とし、目標フロー 135 ± 10 とした。調合方法は以下に示す。また、実施調合で満足しない場合は加水調整して供試体の作製を行った。

a) 質量調合

質量調合は、一級左官技能士 (中村輝昭氏) による調合から材料を質量に換算するとともに、施工軟度 (以下、フロー値と称す) も測定した。フロー値は、水、砂および原土でフロー値 170 ± 10 とし、スサ混入後はスサ量でフロー値 135 ± 10 に調整した。

b) 絶対容積調合

絶対容積調合は、以下の補正式により求めた。

補正は基本調合で目標フロー値(135 ± 10)が得られない場合のみ行った。補正方法は、水を減少あるいは増加させることにより、原土および砂を増減させた。また、条件としてスサを一定量として行った。

●補正式

$$C + S + W + St = 1000 \text{ (ml)}$$

$$C_2 = C \pm C_1 \quad S_2 = S \pm S_1 \quad W_2 = W \mp W_1$$

$$C_1 = \{C / (C + S)\} \times W_1 \quad S_1 = \{S / (C + S)\} \times W_1$$

よって、 $C_2 + S_2 + W_2 + St = 1000 \text{ (ml)}$

ここに、C、S、W：補正前(ml)、C₁、S₁、W₁：補正量(ml)

C₂、S₂、W₂：補正後(ml)、St：スサ(ml)

表 4.4.2-3 基本調合

種類	密度 (g/cm ³)	質量調 合(g)	質量 ／密度 (ml)	絶対容 積(ml)	補正 (ml)	補正後 (ml)	絶対容積 ×密度 (g)	目標 フロー値
原土	2.65	1000	377.4	280.1	-10.7	269.4	714.0	135±10
砂	2.56	850	322.0	246.4	-9.33	237.07	606.9	
水	1.00	508	508.0	377.0	20.0	397.0	397.0	
スサ	0.2	26	130.0	96.5	—	96.5	19.3	
合計	—	—	—	1000	—	1000	—	

表 4. 4. 2-4 基本調合

砂原土比 S/C (%)	材料 (g)			
	原土 (C)	砂 (S)	水 (W)	スサ (St)
0	1096. 1	0. 0	449. 4	27. 4
85	710. 1	603. 6	394. 8	20. 3

2) 各原土の調合

表 4.4.2-5 および 4.4.2-6 に、目標フロー値 135±10、S/C 別の各原土の調合を示す。また、目標フロー値が得られない場合は加水調整を行った。

表 4. 4. 2-5 各原土の調合 (S/C0%)

地域	用途	材料 (g)				
		原土 (C)	砂 (S)	水 (W)	スサ (St)	加水量
基準		1096. 1	0. 0	449. 4	27. 4	—
京都府	原土	1096. 1	0. 0	449. 4	27. 4	—
福岡県糸島市本	原土	1096. 1	0. 0	449. 4	27. 4	—
福岡県糸島市飯原	原土	1096. 1	0. 0	449. 4	27. 4	—
京都府	荒壁土	1096. 1	0. 0	449. 4	27. 4	—
埼玉県	荒壁土	1150. 0	0. 0	75. 0	27. 4	125. 0
石川県輪島市	荒壁土	1096. 1	0. 0	449. 4	27. 4	100. 0
岐阜県大垣市糸坂町	荒壁土	1150. 0	0. 0	75. 0	27. 4	150. 0
岡山県倉敷市	荒壁土	1096. 1	0. 0	449. 4	27. 4	—
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	荒壁土	1096. 1	0. 0	449. 4	27. 4	—
京都府	中塗土	1096. 1	0. 0	449. 4	27. 4	—
滋賀県東近江市	中塗土	1096. 1	0. 0	449. 4	27. 4	333. 3
兵庫県	中塗土	1096. 1	0. 0	449. 4	27. 4	—
福岡県糸島市飯原	中塗土	1572. 9	0. 0	0. 0	0. 0	66. 7
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	中塗土	1096. 1	0. 0	449. 4	27. 4	—
石川県輪島市	中塗土	1572. 9	0. 0	0. 0	0. 0	—
福島県郡山	棟瓦用土	1096. 1	0. 0	449. 4	27. 4	—

表 4. 4. 2-6 各原土の調合 (S/C85%)

地域	用途	材料 (g)				
		原土 (C)	砂 (S)	水 (W)	スサ (St)	加水量
基準		710. 1	603. 6	394. 8	20. 3	—
京都府	原土	710. 1	603. 6	394. 8	20. 3	—
福岡県糸島市本	原土	710. 1	603. 6	394. 8	20. 3	—
福岡県糸島市飯原	原土	710. 1	603. 6	394. 8	20. 3	—
京都府	荒壁土	710. 1	603. 6	394. 8	20. 3	—
埼玉県	荒壁土	800. 0	603. 6	75. 0	20. 3	75. 0
石川県輪島市	荒壁土	710. 1	603. 6	394. 8	20. 3	100. 0
岐阜県大垣市糸坂町	荒壁土	800. 0	603. 6	75. 0	20. 3	—
岡山県倉敷市	荒壁土	710. 1	603. 6	394. 8	20. 3	66. 7
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	荒壁土	710. 1	603. 6	394. 8	20. 3	—
京都府	中塗土	710. 1	603. 6	394. 8	20. 3	—
滋賀県東近江市	中塗土	710. 1	603. 6	394. 8	20. 3	100. 0
兵庫県	中塗土	710. 1	603. 6	394. 8	20. 3	—
福岡県糸島市飯原	中塗土	—	—	—	—	—
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	中塗土	710. 1	603. 6	394. 8	20. 3	—
石川県輪島市	中塗土	—	—	—	—	—
福島県郡山	棟瓦用土	710. 1	603. 6	394. 8	20. 3	—

3) 砂のフロー試験

砂は、JISA 1109（細骨材の密度及び吸水率試験方法）に準じて調べ、表乾状態で使用した。

4) 壁土試料の作製

壁土の練混ぜには、公称容量 5ℓ のオムニミキサを用い、材料はスサ、砂、土および水の順に投入し、表 4.4.2-7 に従い所定時間練混ぜた。

表 4. 4. 2-7 壁土の練混ぜ時間（オムニミキサーを使用）

回転記号	回転数 (r/min)	時間 (秒)
5. 5～6. 0	330～380	15
6. 0	380	15
6. 5	425	30
		30
		60
練混ぜ時間	—	150

5) 壁土のフロー試験

フロー試験の方法は以下に示す。

フロー試験は JIS R 5201(セメントの物理試験方法)に従い行った。

- ① フローテーブルの上板中央に正しくフローコーンを置く。
- ② 練り混ぜた試料をフローコーンに 2 層に分けて詰めていく。この時、各層で突き棒の先端がその層の約 1/2 の深さまで入るよう、全面にわたり 15 回突く。
- ③ 突き終えた後、フローコーンの上面まで満たすように試料を補い表面をならす。
- ④ 直ちにフローコーンを鉛直に取り去り、フローテーブルのハンドルを回転させ 15 秒間に 15 回の落下運動をテーブルの上の試料に与える。
- ⑤ 試料が最も広がっている部分の長さ、この方向に直角な部分における試料の広がりを測定する。測定した 2 カ所の平均値をフロー値とする

6) 供試体の作製

供試体の作製方法を以下に示す。

練混ぜ後の壁土試料は、型枠に詰める前にセメントペースト練混ぜ用さじ（手練り用）でかき混ぜたのち型枠に取り出した。型枠は壁土を拘束せず、自由収縮出来るように内側にグリースを塗り使用した。

a) 型枠

型枠は、モルタル供試体成形用型（□40×40×160 mm）および壁土引張用三連型枠を使用した。

b) 成型

試料は型枠に二層に分けて詰め、モルタル供試体作製用型の突き棒（□35×35 mm）で各層 5 回突きを 4 回繰り返す(20 回)、仕上げは上端をならし成形した。

c) 強さ試験の供試体作製

供試体は、三連型枠（ようかん）を 2 つ用いて計 6 本作製した。せん断試験用に 3 本、曲げおよび圧縮試験用に 3 本を任意で選定した。また、引張用三連型枠 1 枠を用いて引張用の供試体を作製した。

7) 養生方法

試験体の養生は、自然乾燥とし実験室内で温度、湿度に関わらず気中養生とした。脱型は供試体作製後 7 日目を目安とした。

8) 試験方法

a) 質量変化

質量変化は、供試体の強度試験日の目安と乾燥状態を調べるために測定し、7 日おきに質量が安定するまで行った。

質量変化率は次式により求めた。

$$W = \{ (W_0 / W_n) \times 100 \} - 100$$

ここに、W：質量変化率（％）、W_n：供試体作製時の測定値（g）

W₀：所定材齢の測定値（g）

b) 乾燥変形

乾燥変形の測定位置を図 4.4.2-1 に示す。

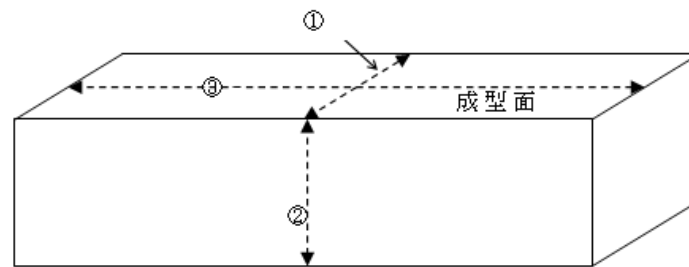
乾燥変形は、強度試験前の 1 本につき 3 箇所(①短辺、②高さおよび③長辺)とし、各測定箇所の中央部をデジタルノギスで測定した。

乾燥変形率は公称値□40×40×160mm を基準に次式により求め、3 試料の平均値とした。

$$Sh = \{ (Sh_n - Sh_0) / Sh_0 \} \times 100$$

ここに、Sh：乾燥変形率（％）、 Sh_0 ：公称値（mm）

Sh_n ：所定材齢の測定値（mm）



公称値：①短辺(40mm) ②高さ(40mm) ③長辺(160)

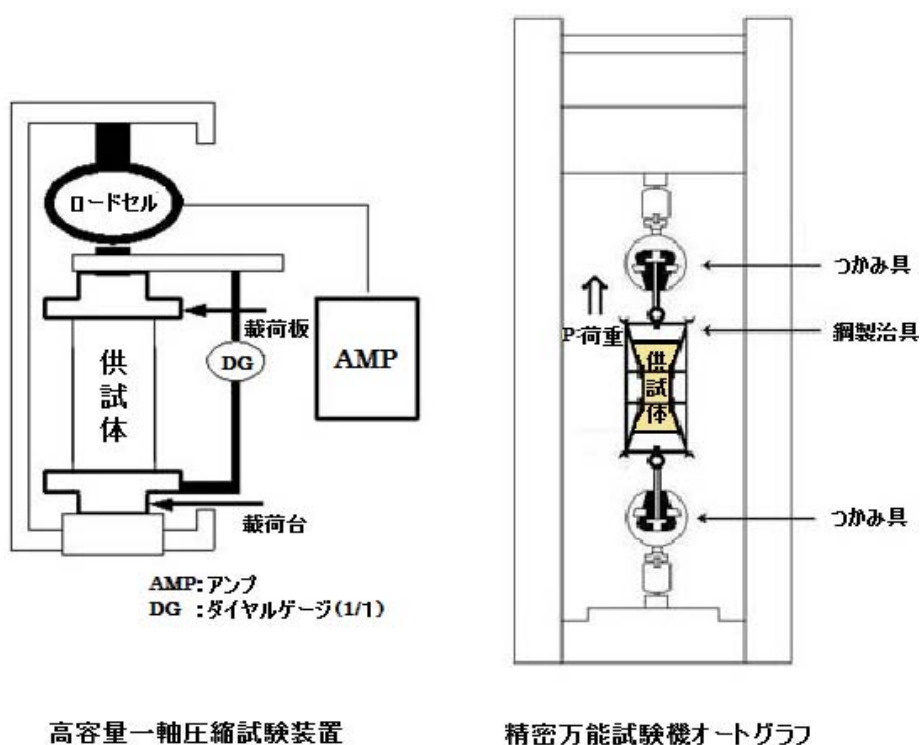
図 4. 4. 2-1 乾燥変形の測定箇所

c) 曲げ、圧縮、せん断および引張強度試験

曲げ、圧縮、せん断および引張試験装置を図 4.4.2-2 に示す。

曲げ、圧縮およびせん断強度試験は、高容量一軸圧縮試験装置を用いて行い、最大荷重値より大略 2 割減少した時点で終了した。また、破壊が目視により確認された場合、直ちに試験を終了した。試験は、最大で 5KN のロードセルおよび 1/100mm のダイヤルゲージを取り付け、1 分間に 2mm の載荷速度で、ダイヤルゲージが 0.05mm を示すごとに記録される荷重の値を用いて強度を求めた。

引張強度試験は、(株)島津製作所精密万能試験機オートグラフ AGS-K シリーズ (卓上タイプ) を用いて行い、最大荷重値より大略 2 割減少した時点で終了した。また、破壊が目視により確認された場合、直ちに試験を終了した。試験は、機械の勢いで供試体が破断してしまうことを考慮し、荷重速度を 2mm/min とした。



高容量一軸圧縮試験装置

精密万能試験機オートグラフ

図 4.4.2-2 各種試験装置

d) 曲げ試験

曲げ試験の載荷方法を図 4.4.2-3 に示す。

試験の載荷は JIS R 5201 (セメントの物理試験方法) に従い、曲げ強度は次式により求めた平均値とする。

$$\sigma_b = M / Z$$

ここに、 σ_b : 曲げ強度 (N/mm^2)、 M : 曲げモーメント ($\text{N} \cdot \text{cm}$)

Z : 断面係数 (cm^3)

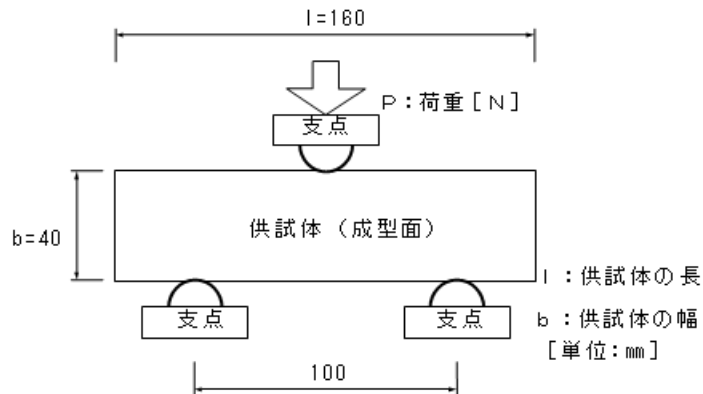


図 4.4.2-3 曲げ試験の載荷方法

e) 圧縮試験

圧縮試験の積荷方法を図 4.4.2-4 に示す。

試験の載荷は、JIS A 1216 (土の一軸圧縮試験) に従う。

尚、圧縮試験は、曲げ試験後の供試体を 2 分割したもので切片 6 本として用いた。圧縮強度は次式により求め、6 本のうちの最大および最小値を除いた 4 本の平均値とした。

$$\sigma_c = P / A$$

ここに、 σ_c : 圧縮強度 (N/mm^2)、 P : 最大荷重 (N)

A : 断面積 (cm^2)

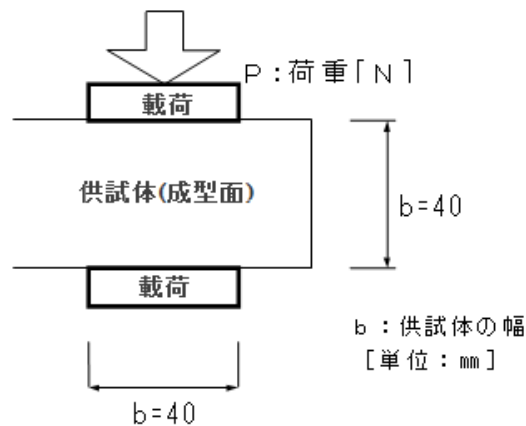


図 4.4.2-4 圧縮試験の載荷方法

f) セン断試験

せん断試験の積荷方法を図 4.4.2-5 に示す。

せん断試験の荷重は、土木学会コンクリート標準示方書[規準編]JSCE-G 553（鋼繊維補強コンクリートのせん断強度試験方法）を参考に二面せん断で行った。尚、曲げモーメントおよび斜め圧縮応力の影響を受けるが考えないものとした。上部載荷台寸法は、砂の粒径等を考慮し、35mm としている。せん断強度は次式により求めた 3 本の平均値とした。

$$\tau = P / 2A$$

ここに、 τ ：せん断強度（N/mm²）、P：最大荷重（N）

A：断面積（cm²）

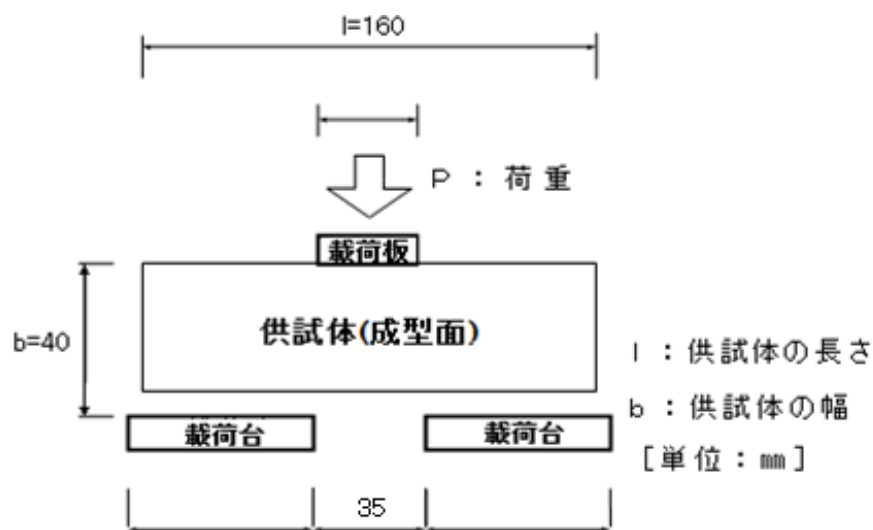


図 4.4.2-5 セン断試験の載荷方法

g) 引張試験

引張試験の載荷方法を図 4.4.2-6 に示す。

試験の載荷は、JIS A 1192-2008（コンクリート用連続繊維補強材引張試験方法）に従う。

引張試験機は引張治具の両端をピン（ヒンジ）の条件で載荷が可能となるよう、上下の把持装置にフックを装着する。

引張強さは、下式により求め 3 試料の平均値としている。

$$\sigma_t = N / A$$

ここに、 σ_t ： 引張強さ（N/mm²）、N：最大引張荷重（N）

A： 壁土の断面積（mm²）

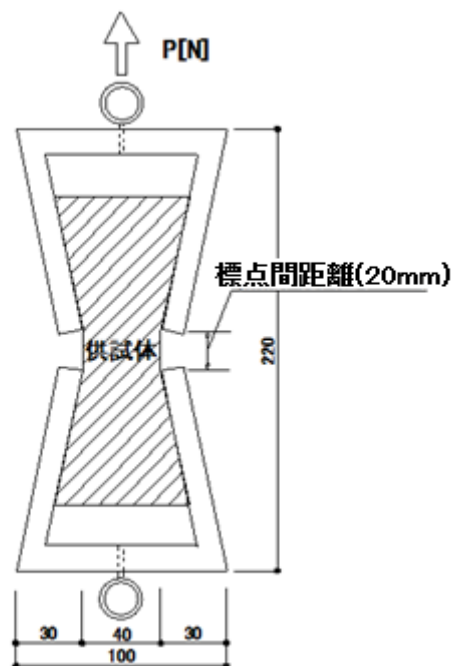


図 4.4.2-6 引張試験の載荷方法〔単位：mm〕

(3) 実験結果および考察 (粒度特性)

1) 粒度分布および土質試験

表 4.4.2-8 および 4.4.2-9 に SALD および土質試験 (JIS に準ずる) の粒度の原土特性を示し、図 4.4.2-7~4.4.2-9 および図 4.4.2-10~4.4.2-15 に粒径と頻度および平均粒径と各項目の関係を示す。

a) SALD 試験

図 4.4.2-7 より原土、荒壁土および中塗土でそれぞれ粒径頻度の分布が異なることが明らかで、原土では一部例外はあるものの大略 $0.5\sim 500\mu\text{m}$ を得る。同様に荒壁土および中塗土で $0.5\sim 800$ および $0.7\sim 900\mu\text{m}$ を示す。しかし、分布形状は原土および荒壁土で類似するのに対し、中塗土では異なる。前者で緩やかな山形をしている試料が多いのに対し、後者は急なものが多く見られる。このことから、原土および荒壁土は粒径の片寄は見られないが、中塗土では一部の粒径範囲が多く混入していることから、ふるいあるいは水通し等で人工的に手を加えていることが推察される。また、京都および鳥取産土では荒壁および中塗土に関係なく同じような傾向が確認される。これらを基準と比較したところ、原土および荒壁土の曲線が近い形をしていることが認められた。

図 4.4.2-8 より粒径加積曲線の傾きは一部例外もあるものの、原土および荒壁土で同様な傾向が見られるが、中塗土では僅かに異なる。前者は緩やかなのに対し、後者は急である。しかし、中塗土の様な傾きは前者の荒壁土の一部でも確認された。粒径加積曲線の分布は原土ではほとんどの試料は $75\mu\text{m}$ の線より左側に寄るのに対し、中塗土では中央または右側に寄る傾向が見られ、荒壁土では、前者と後者の両方の存在が認められる。ここでも、京都および鳥取産土では荒壁および中塗土に関係なく同じような状態が確認された。これらを基準と比較したところ、一部例外があるものの原土および中塗土で粒径加積曲線が近似することが認められる。

平均粒径は原土、荒壁土および中塗土で $0.0154\sim 0.128$ 、 $0.0048\sim 0.686$ および $0.0154\sim 0.365\text{mm}$ を得る。これらの値から、平均粒径の範囲が最も広いのは荒壁土であることが明らかとなった。

密度 (ここでの密度は $\phi 20\times 40\text{mm}$ 供試体から求めたものとする) は原土、荒壁土および中塗土で $1.553\sim 1.724$ 、 $1.444\sim 2.13$ および $1.488\sim 1.895\text{g/cm}^3$ を得る。それぞれの平均は、 1.649 、 1.754 および 1.696g/cm^3 を示し、あまり大きな違いが確認されなかった。

平均粒径と密度の関係は、僅かではあるが粒径が大きくなるに従い小さくなる傾向が見られる。参考までに、両者の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y = -0.477x + 1.7691 \quad (r=0.497 \quad n=15)$$

ここに、 y : 密度 (g/cm^3) x : 粒径 (mm)

式から明らかなように、両者は相関係数 $r=0.497$ ということから僅かではあるが関係していることが明らかである。

b) 土質試験 (JIS)

図 4.4.2-9 より粒径加積曲線の傾きは一部例外もあるものの、原土および荒壁土で同様な傾向が見られるが、中塗土では僅かに異なる。前者では曲線の形に違いが認められるがほとんどの試料が類似する曲線を示すのに対し、後者ではばらつき、粘りが有るものや無いものが混在していることが明らかである。

土の分類は、粘性土質砂、砂質シルト、砂質粘土、砂まじりシルトおよび粘土となり、最も粘性土質砂が多いことも確認される。

平均粒径は原土、荒壁土および中塗土で 0.0163~0.1776、0.0013~0.3557 および 0.0032~0.3197mm を得る。これらの値から、平均粒径の範囲が最も広いのは荒壁土であることが明らかとなった。

密度(ここでの密度は JIS A 1202 で求めたものとする)は原土、荒壁土および中塗土で 2.645~2.68、2.629~2.706 および 2.629~2.69g/cm³ を得る。それぞれの平均は、2.662、2.658 および 2.664 g/cm³ を示し、差異がない。

平均粒径と密度の関係は、僅かではあるが粒径が大きくなるに従い小さくなる傾向が見られる。参考までに、両者の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y = -0.1655x + 2.6832 \quad (r = -0.86 \quad n = 12)$$

ここに、 y : 密度 (g/cm³) x : 粒径 (mm)

式から明らかなように、両者は相関係数 $r = -0.86$ と高いことから密接に関係していることが明らかである。

液性限界は原土、荒壁土および中塗土で 29.6~70、30.1~69.3 および 23.3~86.4% を得、それぞれの平均は、48.1、47.6 および 50% を示す。平均値では大差がないが、各用途の土で値が大きいものが存在する。

平均粒径と液性限界の関係は、粒径が大きくなるに従い液性限界が小さくなる傾向が見られる。参考までに、両者の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y = -85.502x + 59.888 \quad (r = 0.569 \quad n = 12)$$

ここに、 y : 液性限界 (%) x : 粒径 (mm)

式から明らかなように、両者は相関係数 $r = 0.589$ ということから僅かではあるが関係していることが明らかである。

塑性限界は原土、荒壁土および中塗土で 18.8~35.2、19.1~25.9 および 15.7~50.4 を得、それぞれの平均は、25.8、26.3 および 27.5 を示す。差異はあるが、原土の値が最も小さいことが確認される。

平均粒径と塑性限界の関係は、粒径が大きくなるに従い限界値が小さくなる傾向が見られる。参考までに、両者の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y = -33.3570x + 31.0230 \quad (r = 0.445 \quad n = 12)$$

ここに、 y : 塑性限界 (%) x : 粒径 (mm)

式から明らかなように、両者は相関係数 $r = 0.445$ ということから僅かではあるが関係していることが明らかである。

塑性指数は原土、荒壁土および中塗土で 10.8~34.8、11~32.3 および 7.6~36 を得、それぞれの平均は、22.3、21.3 および 22.5 を示す。僅かではあるが、荒壁土の値が最も小さいが、大きな違いは認め

られない。

密度と液性限界の関係は、密度が大きくなるに従い限界値が高くなる傾向が見られる。参考までに、両者の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y=397.83x-1010.1 \quad (r=0.527 \quad n=12)$$

ここに、 y : 液性限界 (%) x : 密度 (g/cm^3)

式から明らかなように、両者は相関係数 $r=0.527$ ということから僅かではあるが関係していることが明らかである。

密度と塑性限界の関係は、密度が大きくなるに従い限界値が高くなる傾向が見られる。参考までに、両者の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y=125.67x-307.82 \quad (r=0.322 \quad n=12)$$

ここに、 y : 塑性限界 (%) x : 密度 (g/cm^3)

式から明らかなように、両者は相関係数 $r=0.322$ ということから関係は認められない。

表 4.4.2-8 粒度特性 (SALD)

産地	用途	密度 ⁴⁾ (g/cm ³)	粒度組成 (%)					平均粒径 (mm)	粒径 D60 (mm)	粒径 D30 (mm)	粒径 D10 (mm)	均等 係数	曲率 係数
			粘土	シルト	細砂	中砂	粗砂						
基準		1.875	21.7	60.1	18.2	0.0	0.0	0.0190	0.0292	0.0083	0.0023	12.7	1.0
京都府	原土	1.724	8.0	29.2	28.3	32.9	2.0	0.1280	0.1940	0.0442	0.0068	28.5	1.5
福岡県糸島市本	原土	1.553	17.5	57.8	23.1	1.7	0.0	0.0291	0.0430	0.0125	0.0028	15.4	1.3
福岡県糸島市飯原	原土	1.670	25.4	62.1	12.4	0.0	0.0	0.0154	0.0210	0.0068	0.0019	11.1	1.2
京都府	荒壁土	1.732	6.4	22.0	24.1	46.9	1.0	0.2370	0.2960	0.0833	0.0096	30.8	2.4
埼玉県	荒壁土	1.933	53.7	46.3	0.0	0.0	0.0	0.0048	0.0065	0.0043	0.0015	4.3	1.9
石川県輪島市	荒壁土	1.640	45.4	54.6	0.1	0.0	0.0	0.0064	0.0082	0.0029	0.0011	7.5	0.9
岐阜県大垣市系坂町	荒壁土	2.130	39.5	55.6	4.9	0.0	0.0	0.0082	0.0125	0.0035	0.0011	11.4	0.9
岡山県倉敷市	荒壁土	1.644	12.6	48.8	30.8	7.8	0.0	0.0460	0.0666	0.0191	0.0042	15.9	1.3
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	荒壁土	1.444	0.5	14.4	3.2	45.6	35.2	0.6860	0.8440	0.4506	0.0291	29.0	8.3
京都府	中塗土	1.708	7.3	24.4	18.9	46.3	3.4	0.2390	0.2970	0.0548	0.0067	44.3	1.5
滋賀県東近江市	中塗土	1.895	27.1	55.1	17.0	0.8	0.0	0.0154	0.0436	0.0066	0.0018	24.2	0.6
兵庫県	中塗土	1.858	18.6	61.0	19.0	1.4	0.0	0.0190	0.0290	0.0095	0.0028	10.4	1.1
福岡県糸島市飯原	中塗土	1.692	9.1	58.0	32.9	0.0	0.0	0.0444	0.0568	0.0236	0.0066	8.6	1.5
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	中塗土	1.538	8.8	19.5	13.7	55.1	2.9	0.3650	0.4490	0.0825	0.0081	55.4	1.9
石川県輪島市	中塗土	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
福島県郡山	棟瓦用土	1.488	21.4	75.1	3.5	0.0	0.0	0.0210	0.027	0.0098	0.0022	12.3	1.6
備考			5 μm 以下	5 μm ~75 μm	75 μm ~250 μm	250 μm ~ 850 μm	850 μm ~2 mm						

注) JIS A 1204 1) 均等係数 10 以上 2) 曲率係数 1~3 3) 積算値 50%粒径 (μm) 4) φ 20mm×40mm 供試体で求めた値

表 4. 4. 2-9 粒度特性 (JIS)

産地	用途	地盤材料の分類名	密度 (g/cm ³)	粒度組成 (%)					
				粘土	シルト	細砂	中砂	粗砂	細礫
基準		—	—	—	—	—	—	—	—
京都府	原土	粘性土質砂	2. 645	15. 6	15. 7	28. 5	31. 5	8. 3	0. 4
福岡県糸島市本	原土	砂質シルト	2. 680	40. 4	19. 4	16. 1	20. 9	3. 2	0. 0
福岡県糸島市飯原	原土	砂質粘土	2. 661	35. 5	27. 1	13. 5	16. 8	7. 1	0. 0
京都府	荒壁土	粘性土質砂	2. 646	15. 6	15. 2	28. 1	32. 3	8. 4	0. 4
埼玉県	荒壁土	—	—	—	—	—	—	—	—
石川県輪島市	荒壁土	砂まじり シルト	2. 706	67. 7	26. 6	3. 7	1. 8	0. 2	0. 0
岐阜県大垣市糸坂町	荒壁土	—	—	—	—	—	—	—	—
岡山県倉敷市	荒壁土	粘性土質砂	2. 651	21. 6	12. 8	15. 6	30. 9	18. 5	0. 6
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	荒壁土	粘性土質砂	2. 629	16. 1	10. 9	15. 1	32. 9	24. 4	0. 6
京都府	中塗土	粘性土質砂	2. 645	16. 1	13. 7	27. 2	33. 2	9. 6	0. 2
滋賀県東近江市	中塗土	粘土	2. 690	58. 8	38. 3	2. 2	0. 6	0. 1	0. 0
兵庫県	中塗土	砂質粘土	2. 694	24. 3	36. 2	25. 3	11. 5	2. 6	0. 1
福岡県糸島市飯原	中塗土	—	—	—	—	—	—	—	—
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	中塗土	粘性土質砂	2. 629	17. 9	9. 9	16. 2	34. 1	21. 7	0. 2
石川県輪島市	中塗土	—	—	—	—	—	—	—	—
福島県郡山	棟瓦用土	砂まじり シルト	2. 663	53. 6	32. 5	8. 1	5. 6	0. 2	0. 0
備考				5 μmm 以下	5 μm~75 μm	75 μm~ 250 μm	250 μm~ 850 μm	850 μm~ 2 mm	

産地	用途	平均粒径 (mm)	粒径 D60 (mm)	粒径 D30 (mm)	粒径 D10 (mm)	均等係数	曲率係数	液性限界 WL (%)	塑性限界 WP (%)	塑性指数 IP (%)
基準		—	—	—	—	—	—	—	—	—
京都府	原土	0.1776	0.2516	0.0624	—	—	—	29.6	18.8	10.8
福岡県糸島市本	原土	0.0163	0.0766	—	—	—	—	70	35.2	34.8
福岡県糸島市飯原	原土	0.0176	0.0520	0.0029	—	—	—	44.8	23.4	21.4
京都府	荒壁土	0.1854	0.2591	0.0691	—	—	—	30.1	19.1	11
埼玉県	荒壁土	—	—	—	—	—	—	—	—	—
石川県輪島市	荒壁土	0.0013	0.0033	—	—	—	—	69.3	37	32.3
岐阜県大垣市糸坂町	荒壁土	—	—	—	—	—	—	—	—	—
岡山県倉敷市	荒壁土	0.2500	0.3875	0.0238	—	—	—	49.2	23.3	25.9
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	荒壁土	0.3557	0.5249	0.1051	0.001	524.9	21.0	41.9	25.9	16
京都府	中塗土	0.1984	0.275	0.0761	—	—	—	23.3	15.7	7.6
滋賀県東近江市	中塗土	0.0032	0.054	—	—	—	—	62.4	28	34.4
兵庫県	中塗土	0.0353	0.0725	0.0073	—	—	—	36.9	17.4	19.5
福岡県糸島市飯原	中塗土	—	—	—	—	—	—	—	—	—
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	中塗土	0.3197	0.4602	0.0969	—	—	—	41	25.9	15.1
石川県輪島市	中塗土	—	—	—	—	—	—	—	—	—
福島県郡山	棟瓦用土	0.0038	0.0074	—	—	—	—	86.4	50.4	36
備考								WL, WP および IP の値は 425 μ m 通過試料による。		

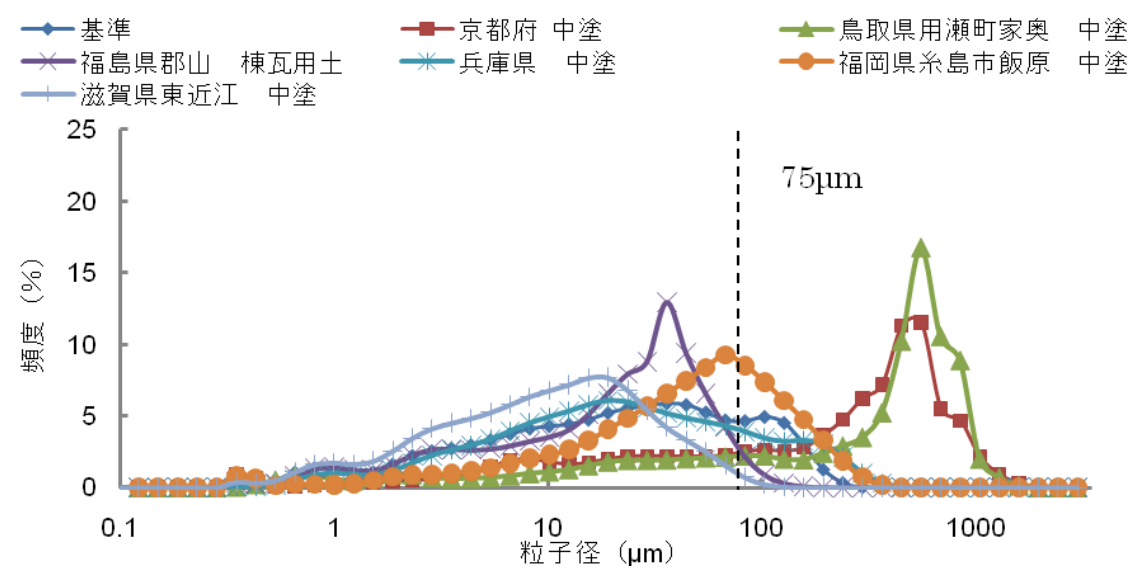
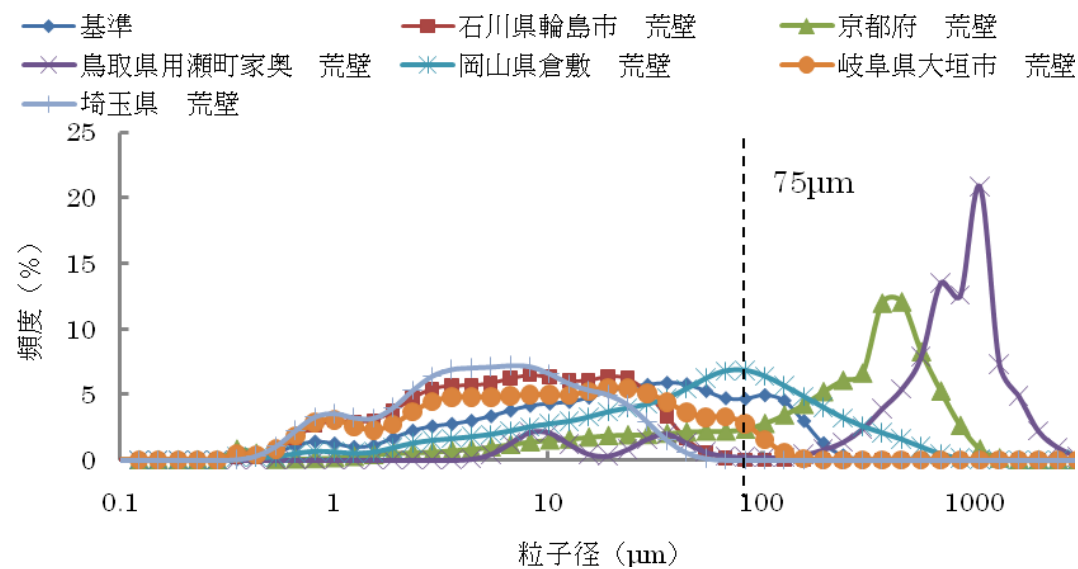
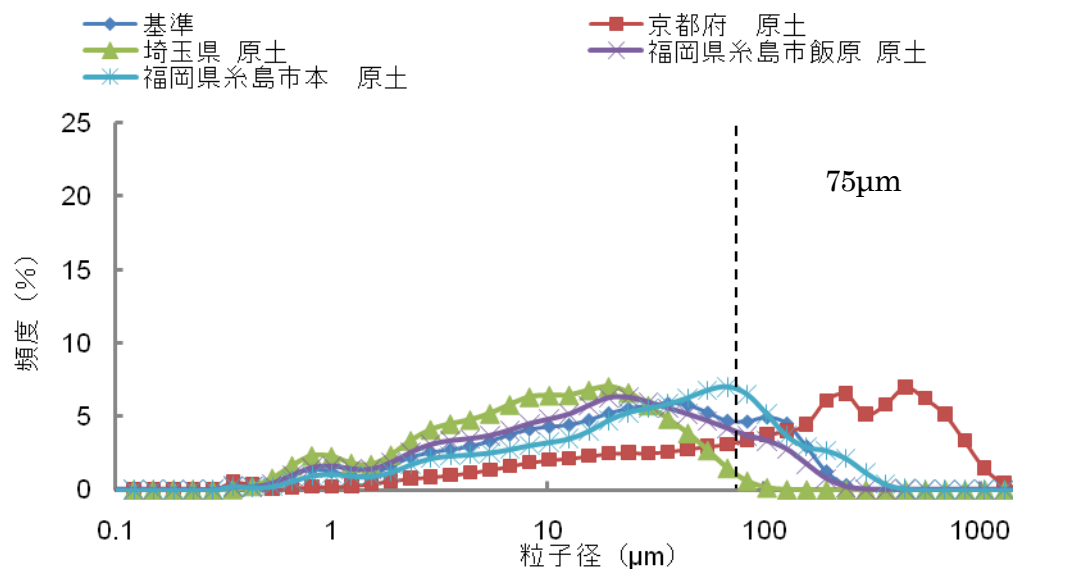


図 4. 4. 2-7 原土別の粒度分布 (SALD)

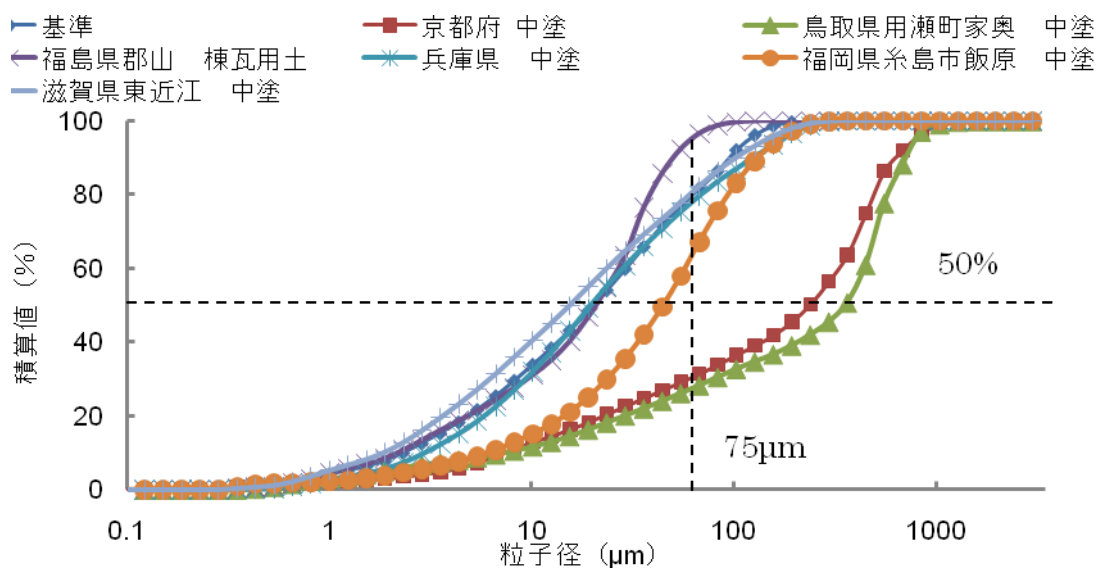
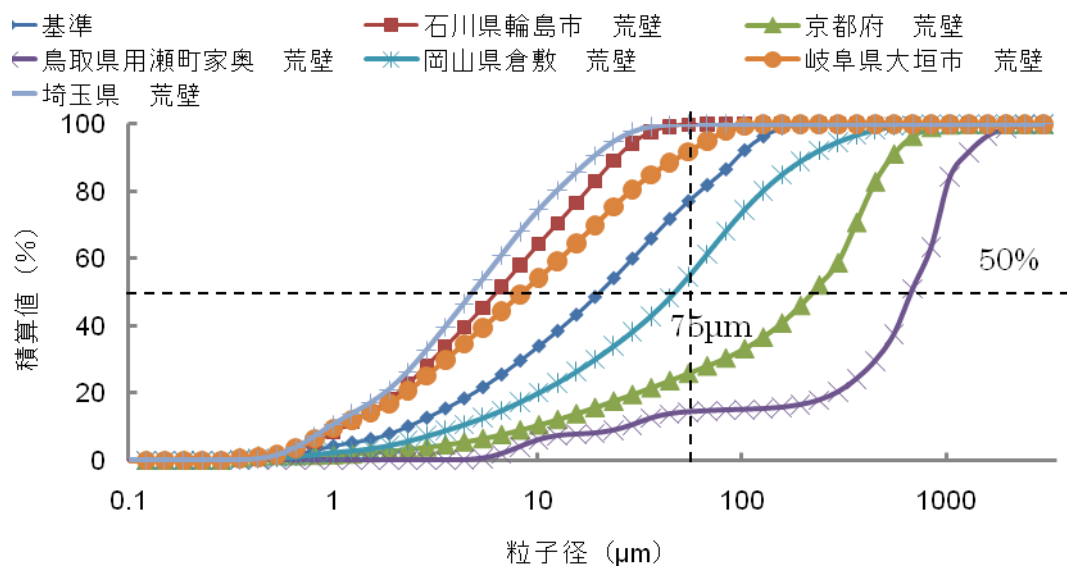
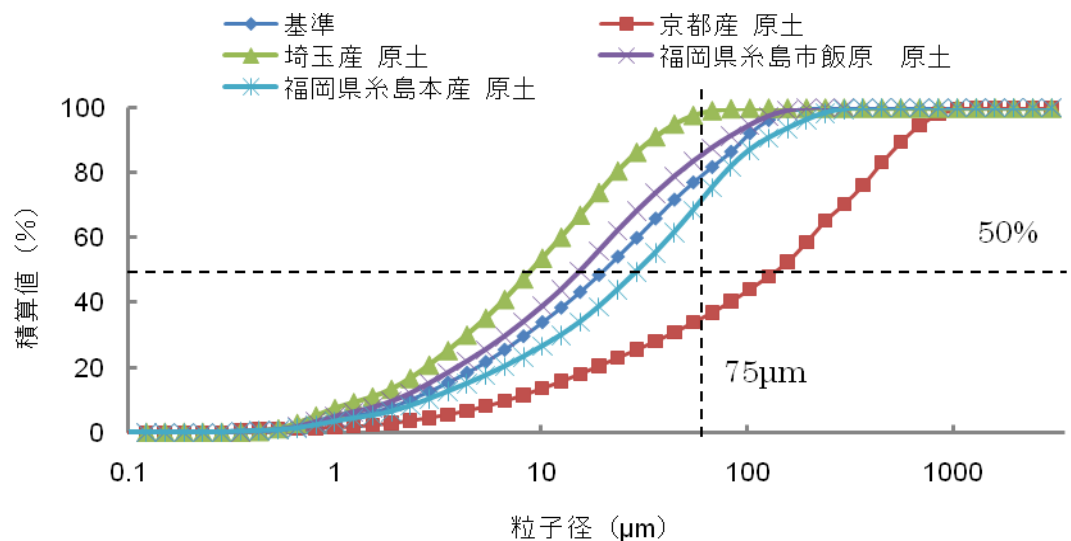


図 4. 4. 2-8 原土別の加積曲線 (SALD)

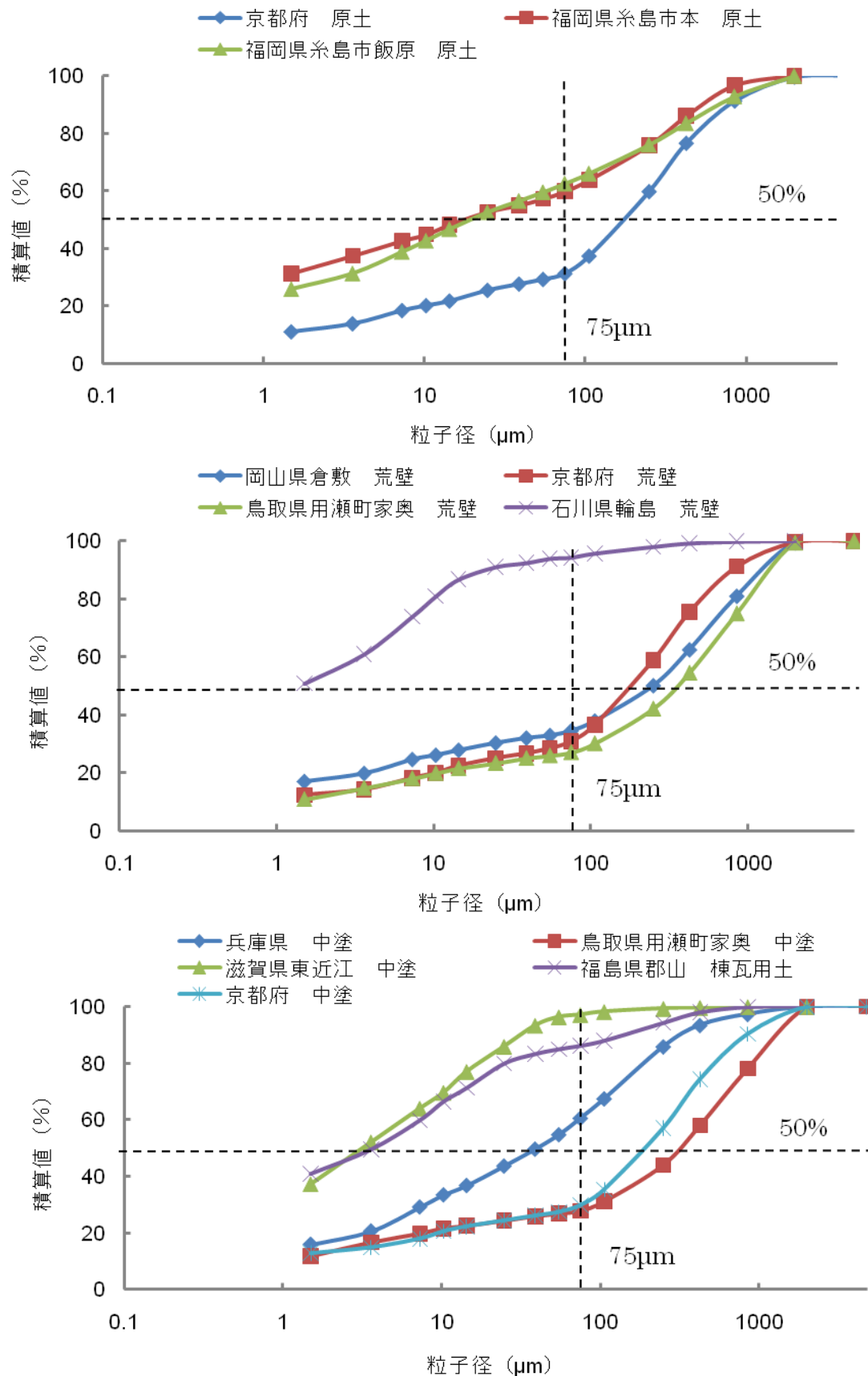


図 4. 4. 2-9 原土別の加積曲線 (JIS)

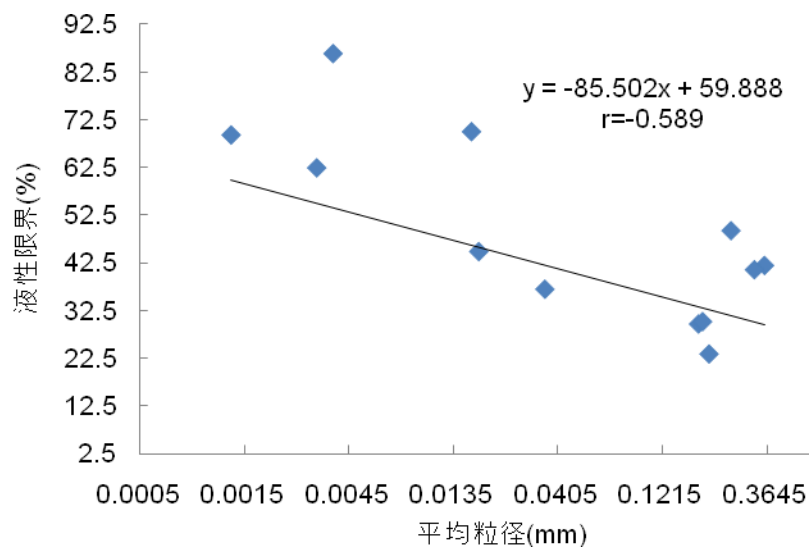


図 4. 4. 2-12 平均粒径と液性限界の関係 (JIS)

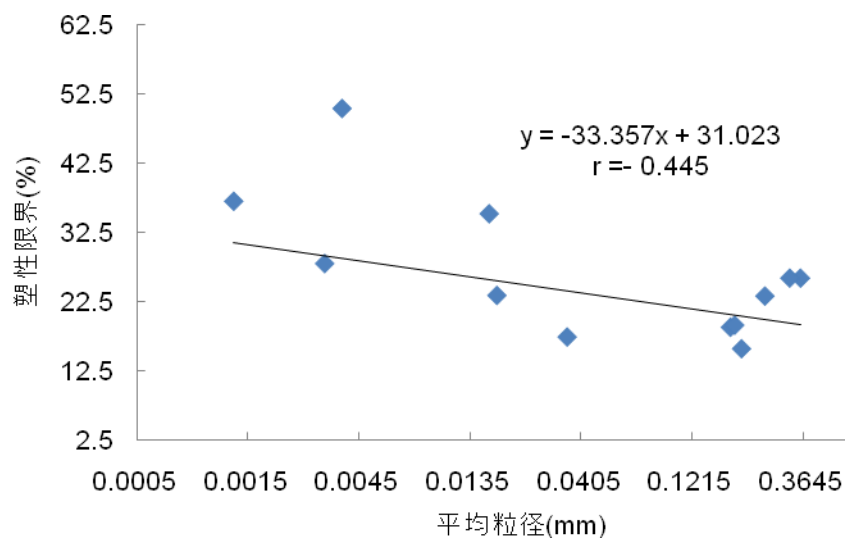


図 4. 4. 2-13 平均粒径と塑性限界の関係 (JIS)

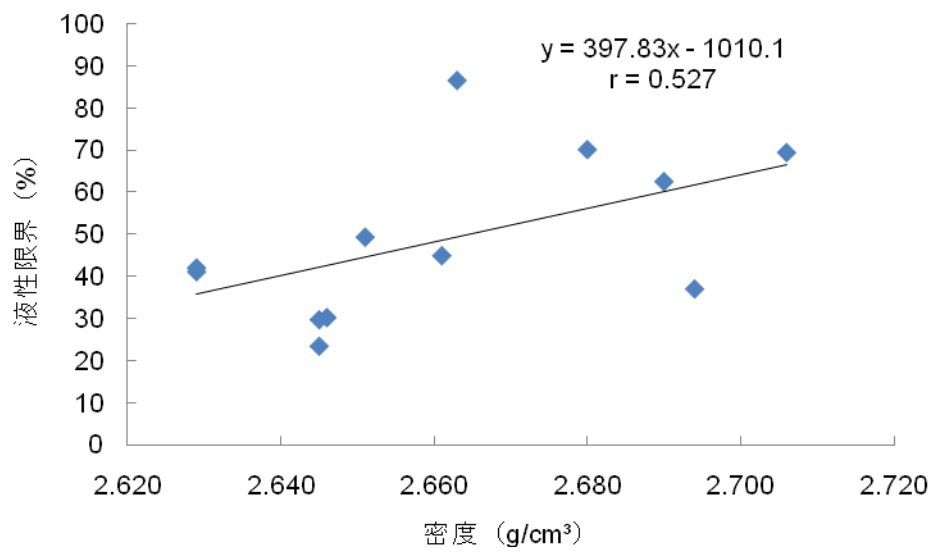


図 4. 4. 2-14 密度と液性限界の関係 (JIS)

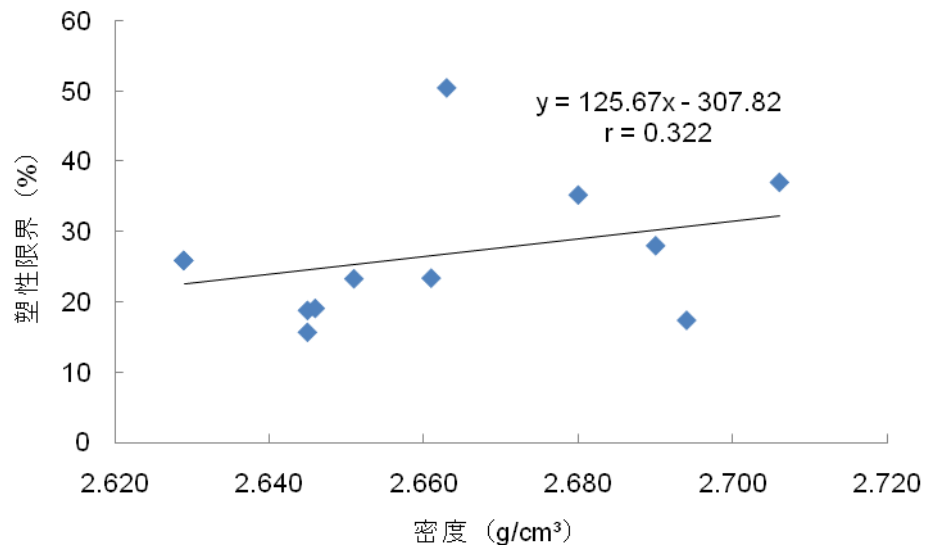


図 4. 4. 2-15 密度と塑性限界の関係 (JIS)

2) SALD と JIS の比較

a) 粒径加積曲線

図 4.4.2-8 および 4.4.2-9 より粒径加積曲線は SALD および JIS で異なることが明らかである。前者は、原土および中塗土で曲線が各図で類似し、荒壁土で散らばりが見られるのに対し、JIS は一部例外があるものの中塗土でばらつきが認められる。また、JIS は粒径が $1.5\mu\text{m}$ までしか測定できないのに対し、SALD は $0.1\mu\text{m}$ 程度まで測定できる事も確認される。これらのことから、SALD および JIS で粒径加積曲線が異なったのは、測定範囲と測定方法が大気中および水中の相違と考える。しかし、両者の積算値と粒径加積曲線は平行関係になることも明らかである。

b) 密度

図 4.4.2-16 に SALD と JIS の密度の関係を示す。また、密度は SALD で $\phi 20 \times 40\text{mm}$ 供試体、JIS では土粒子の密度試験 (JIS A 1202) で求めた。

密度は SALD の原土、荒壁土および中塗土で $1.553 \sim 1.724$ 、 $1.444 \sim 2.13$ および $1.488 \sim 1.895\text{g/cm}^3$ を得、同様に JIS では $2.645 \sim 2.68$ 、 $2.629 \sim 2.706$ および $2.629 \sim 2.69\text{g/cm}^3$ となる。それぞれの平均は前者で、 1.649 、 1.754 および 1.696g/cm^3 を示し、後者で、 2.662 、 2.658 および 2.664g/cm^3 となる。両者を比較したところ、SALD は JIS より密度が低くなっていることが明らかで、その値は大略 1g/cm^3 前後である。

図からも明らかなように SALD と JIS の密度の関係は、後者で前者の大略 1.6 倍の値を得る。これは、試験方法の違いによる差異と推察する。また、SALD は JIS より密度が小さくなったのは、 $\phi 20 \times 40\text{mm}$ 供試体に空隙が発生したことも一因と考える。

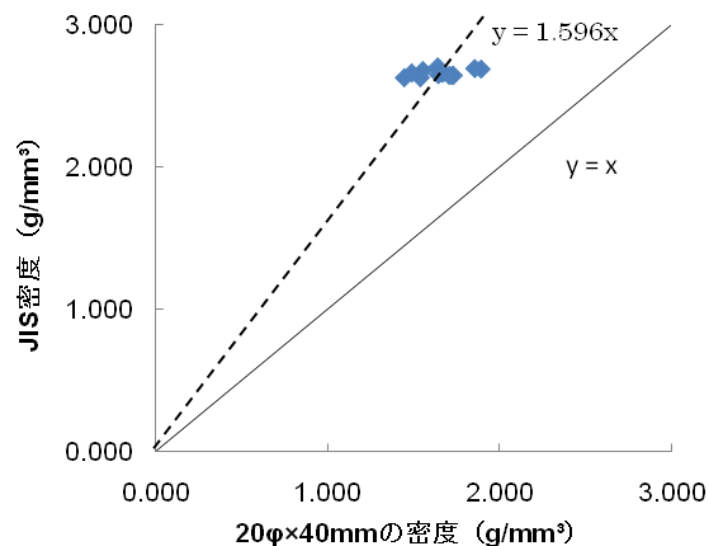


図 4. 4. 2-16 SALD と JIS の密度の関係

3) 圧縮試験

ここではφ20×40mm 供試体の圧縮試験結果を示す。また、図 4.4.2-17～4.4.2-19 に各用途用の土の圧縮強度を示す。

a) 原土

図 4.4.2-17 に示すひずみ線図について見ると、全ての試料で立ち上がりおよび崩壊後の強度低下が緩慢である。これらを基準と比較したところ、一部例外があるものの最大荷重時までの曲線形状が類似することが確認される。また、京都府産でひずみ線図のばらつきが多く見られる。

圧縮強さは京都府産で 0.121～0.309N/mm²を得る。同様に福岡県本産および福岡県飯原産で 0.161～0.242 および 0.133～0.301N/mm²となる。それぞれの平均は 0.210、0.213 および 0.252 N/mm²を示す。これらから、強度はほとんど違いが見られなかったが、僅かに福岡県飯原産が強く、基準の強度に最も近い値を得たのは同じく福岡県飯原産である。

密度と強度の関係は、僅かではあるが密度が高くなるに従って強度が上昇する傾向が見られる。参考までに、両者の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y=0.0406x+0.1581 \quad (r=0.154 \quad n=3)$$

ここに、 y : 圧縮強さ(N/mm²) x : 密度(g/cm³)

式からも明らかなように、両者は相関係数 $r=0.158$ と低いことから、ほとんど関係が無い。

平均粒径と強度の関係は、粒径が大きくなるに従い強度が低下する傾向が見られる。参考までに、両者の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y=-0.2404x+0.2389 \quad (r=0.638 \quad n=3)$$

ここに、 y : 圧縮強さ(N/mm²) x : 平均粒径 (mm)

式から明らかなように、両者は相関係数 $r=0.638$ ということから僅かに関係していることが明らかである。

最大強度でのひずみは、京都産で 0.018～0.020 を得る。同様に福岡県本産および福岡県飯原産で 0.020～0.022 および 0.021～0.025 となる。ひずみは大略 0.020 前後を示し、各試料で差異はない。

b) 荒壁土

図 4.4.2-18 に示すひずみ線図について見ると、立ち上がりが急および緩慢な試料があることが確認される。前者は最大強度が高くなり、後者では低くなる傾向が見られる。また、前者は崩壊後の強度低下も急激で、このようなひずみ曲線を示したのは、岐阜県糸坂産および埼玉県産で、石川県輪島産でも僅かに似た傾向が見られる。後者は、岡山県倉敷産、京都産および鳥取県家奥産で、立ち上がりの緩急を基準の曲線と比較すると後者で類似することが明らかである。

圧縮強さは岡山県倉敷産で $0.105 \sim 0.178 \text{ N/mm}^2$ を得る。同様に京都産、鳥取県家奥産、石川県輪島産、岐阜県糸坂産および埼玉県産で $0.155 \sim 0.287$ 、 $0.08 \sim 0.106$ 、 $0.158 \sim 0.376$ 、 $0.638 \sim 0.819$ および $1.098 \sim 1.455$ を N/mm^2 となる。それぞれの平均は 0.15 、 0.26 、 0.08 、 0.28 、 0.73 および 1.25 N/mm^2 を示す。これらから、強度にばらつきがあることが確認され、最大および最小強度を示すのは埼玉県産および鳥取県家奥産である。また、基準の強度に最も近い値を得たのは石川県輪島産である。

密度と強度の関係は、密度が高くなるに従って強度が上昇する傾向が見られる。参考までに、両者の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y = 1.4212x + 2.0334 \quad (r=0.769 \quad n=6)$$

ここに、 y : 圧縮強さ(N/mm^2) x : 密度(g/cm^3)

式からも明らかなように、両者は相関係数 $r=0.769$ と高いことから、密接に関係していることが認められる。

平均粒径と強度の関係は、粒径が大きくなるに従い強度が低下する傾向が見られる。参考までに、両者の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y = -0.8642x + 0.6014 \quad (r=0.521 \quad n=6)$$

ここに、 y : 圧縮強さ(N/mm^2) x : 平均粒径 (mm)

式から明らかなように、両者は相関係数 $r=0.521$ ということから僅かに関係していることが明らかである。

最大強度でのひずみは、岡山県倉敷産で $0.012 \sim 0.017$ を得る。同様に京都産、鳥取県家奥産、石川県輪島産、岐阜県糸坂産および埼玉県産で $0.015 \sim 0.019$ 、 $0.019 \sim 0.021$ 、 $0.004 \sim 0.008$ 、 $0.018 \sim 0.022$ および $0.019 \sim 0.021$ となる。ひずみは大略 0.020 前後を示し、一部例外はあるものの各試料で差異はない。

c) 中塗土

図 4.4.2-19 に示すひずみ線図について見ると、立ち上がりが急および緩慢な試料があることが確認される。前者は最大強度が高くなり、後者では低くなる傾向が見られる。また、前者は崩壊後の強度低下も急激で、このようなひずみ曲線を示したのは、滋賀県東近江産および兵庫県産である。後者では、京都府産、鳥取県家奥産、福岡県飯原産および福島県郡山産で、立ち上がりの緩急を基準の曲線と比較すると後者で類似することが明らかである。

圧縮強さは京都府産で $0.250 \sim 0.342 \text{ N/mm}^2$ を得る。同様に鳥取県家奥産、福島県郡山産、滋賀県東近江産、福岡県飯原産および兵庫県産で $0.080 \sim 0.169$ 、 $0.314 \sim 0.411$ 、 $0.670 \sim 0.934$ 、 $0.163 \sim 0.182$ および $0.654 \sim 0.342$ を N/mm^2 となる。それぞれの平均は 0.30 、 0.75 、 0.37 、 0.76 、 0.17 および 0.38 N/mm^2 を示す。これらから、一部例外もあるが強度は大略 0.35 および 0.75 前後に分けられ、最大および最小強度を示すのは滋賀県東近江産および鳥取県家奥産であることが明らかである。また、基準の強度に最も近い値を得たのは福島県郡山産である。

密度と強度の関係は、密度が高くなるに従って強度が上昇する傾向が見られる。参考までに、両者の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y = 1.3379x + 1.8598 \quad (r=0.779 \quad n=6)$$

ここに、 y : 圧縮強さ(N/mm^2) x : 密度(g/cm^3)

式からも明らかなように、両者は相関係数 $r=0.776$ と高いことから、密接に関係していることが認められる。

平均粒径と強度の関係は、粒径が大きくなるに従い強度が低下する傾向が見られる。参考までに、両者の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y = -1.2225x + 0.5532 \quad (r=-0.664 \quad n=6)$$

ここに、 y : 圧縮強さ(N/mm^2) x : 平均粒径 (mm)

式から明らかなように、両者は相関係数 $r=-0.664$ ということから僅かではあるが関係していることが明らかである。

最大強度でのひずみは、京都府産で $0.019 \sim 0.024$ を得る。同様に鳥取県家奥産、福島県郡山産、滋賀県東近江産、福岡県飯原産および兵庫県産で $0.018 \sim 0.021$ 、 $0.019 \sim 0.021$ 、 $0.012 \sim 0.017$ 、 $0.019 \sim 0.024$ および $0.016 \sim 0.021$ となる。ひずみは大略 0.019 前後を示し、各試料で差異はない。

d) 全用途用土

各ひずみ線図から明らかなように、強度は高いものほど立ち上がりが急で、崩壊後の低下も速いが、低いものは緩慢で崩壊後もねばることが確認される。これらは、密度と平均粒径が要因と推察される。一例として、平均粒径が類似する福岡県飯原産原土および滋賀県東近江産中塗土と密度が類似する石川県輪島産および岡山県倉敷産荒壁土について見てみる。前者の二つでは平均粒径が 0.0154mm と同じであるのに関わらず、密度および強度は僅かに異なる。福岡県飯原産原土は滋賀県東近江産中塗土に比べ、密度および強度が低いことが明かで、崩壊後のひずみ線図も緩慢であることが認められる。後者の二つでは密度が大略 1.64 g/cm^3 前後で類似するにも関わらず、平均粒径および強度が異なる。石川県輪島産荒壁土は岡山県倉敷産荒壁土に比べ、平均粒径は小さく、強度が大きい。また、ひずみ線も立ち上がりが急で、崩壊後の強度低下も速いことが明かである。これらのことから、ひずみ線図は密度が大きく平均粒径が小さいものほど立ち上がりが急で且つ、崩壊後の強度低下が速くなる傾向が認められる。

圧縮強さは原土で $0.21\sim 0.25\text{ N/mm}^2$ を得る。同様に荒壁土および中塗土で $0.08\sim 1.25$ 、および $0.11\sim 0.76\text{ N/mm}^2$ となる。それぞれの平均は 0.23 、 0.46 および 0.41 N/mm^2 を示す。また、最大および最小値は荒壁土および原土であることが明かで、両者には強度に大きな差が見られたが、荒壁土と中塗土では大略 0.43 N/mm^2 前後と類似する。

密度と強度の関係は、用途用土の種類に関わりなく密度が高くなるに従って強度が上昇する傾向が見られる。参考までに、両者の関係を一次式と看做し、各用途用土別で以下に示す。

$$\text{原 土 : } y=0.0406x+0.1581 \quad (r=0.664 \quad n=6)$$

$$\text{荒壁土 : } y=1.4212x+2.0334 \quad (r=0.769 \quad n=6)$$

$$\text{中塗土 : } y=1.3379x+1.8598 \quad (r=0.776 \quad n=6)$$

$$\text{ここに、} y : \text{圧縮強さ(N/mm}^2\text{)} \quad x : \text{密度(g/cm}^3\text{)}$$

式からも明らかなように、荒壁土および中塗土で一次式の傾きおよび相関係数が類似する傾向が見られるのに対し、原土では異なることが確認された。

平均粒径と強度の関係は、用途用土の種類に関わりなく粒径が大きくなるに従い強度が低下する傾向が見られる。参考までに、両者の関係を一次式と看做し、各用途用土別で以下に示す。

$$\text{原 土 : } y=-0.2404x+0.2389 \quad (r=-0.638 \quad n=3)$$

$$\text{荒壁土 : } y=-0.8642x+0.6041 \quad (r=-0.521 \quad n=6)$$

$$\text{中塗土 : } y=-1.2225x+0.5532 \quad (r=-0.644 \quad n=6)$$

$$\text{ここに、} y : \text{圧縮強さ(N/mm}^2\text{)} \quad x : \text{平均粒径 (mm)}$$

式から明らかなように、各用途用土は相関係数 $r=-0.60$ 前後であることが認められ、一次式も荒壁土と中塗土で類似する。

最大強度でのひずみは、大略 0.020 前後を示し各用途用土で大きな違いは認められない。

表 4. 4. 2-10 強度に関する特性値

産地	用途	圧縮強度 (N/mm ²)		
		平均	標人偏差	変動係数
基準		0. 38	0. 060	15. 7%
京都府	原土	0. 21	0. 083	39. 4%
福岡県糸島市本	原土	0. 21	0. 036	16. 8%
福岡県糸島市飯原	原土	0. 25	0. 080	31. 7%
京都府	荒壁土	0. 26	0. 063	23. 8%
埼玉県	荒壁土	1. 25	0. 151	12. 1%
石川県輪島市	荒壁土	0. 28	0. 105	37. 1%
岐阜県大垣市糸坂町	荒壁土	0. 73	0. 092	12. 6%
岡山県倉敷市	荒壁土	0. 15	0. 030	20. 1%
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	荒壁土	0. 08	0. 019	23. 6%
京都府	中塗土	0. 30	0. 033	11. 0%
滋賀県東近江市	中塗土	0. 76	0. 124	16. 3%
兵庫県	中塗土	0. 75	0. 066	8. 8%
福岡県糸島市飯原	中塗土	0. 17	0. 008	4. 4%
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	中塗土	0. 11	0. 036	32. 1%
石川県輪島市	中塗土	—	—	—
福島県郡山	棟瓦用土	0. 37	0. 042	11. 2%

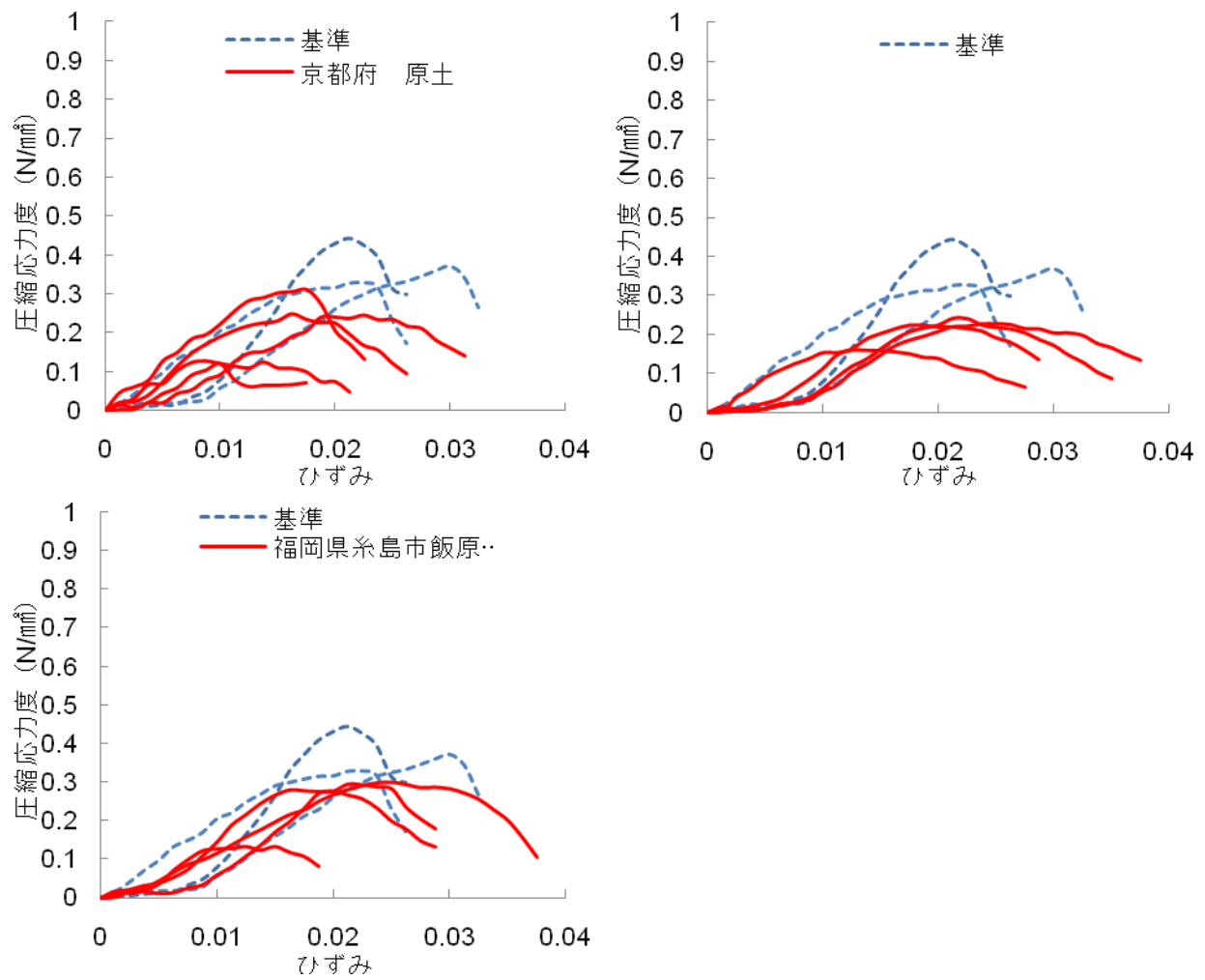


図 4. 4. 2-17 圧縮応力度—ひずみ曲線 ($\phi 20 \times 40\text{mm}$, 原土)

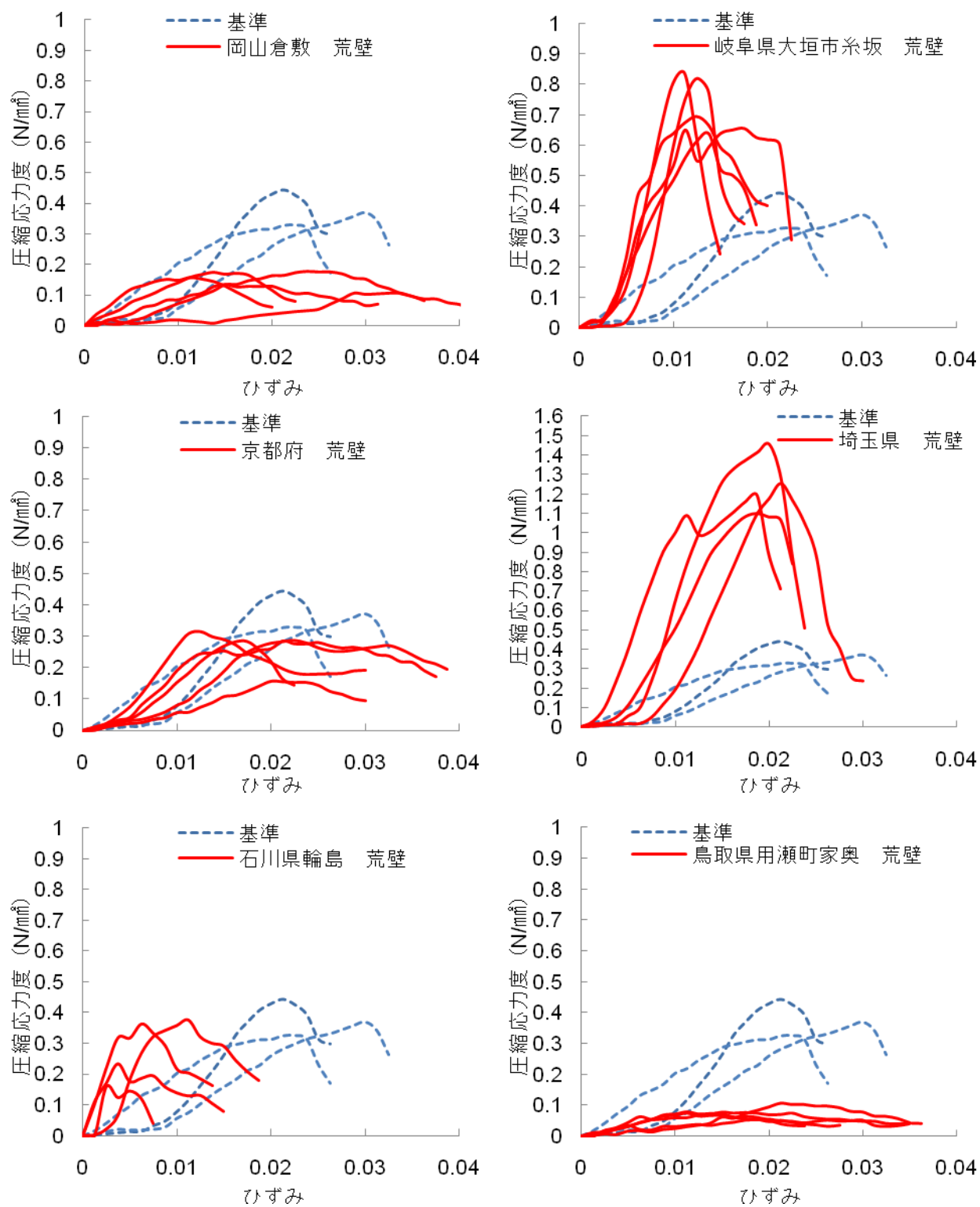


図 4. 4. 2-18 圧縮応力度—ひずみ曲線 ($\phi 20 \times 40mm$, 荒壁土)

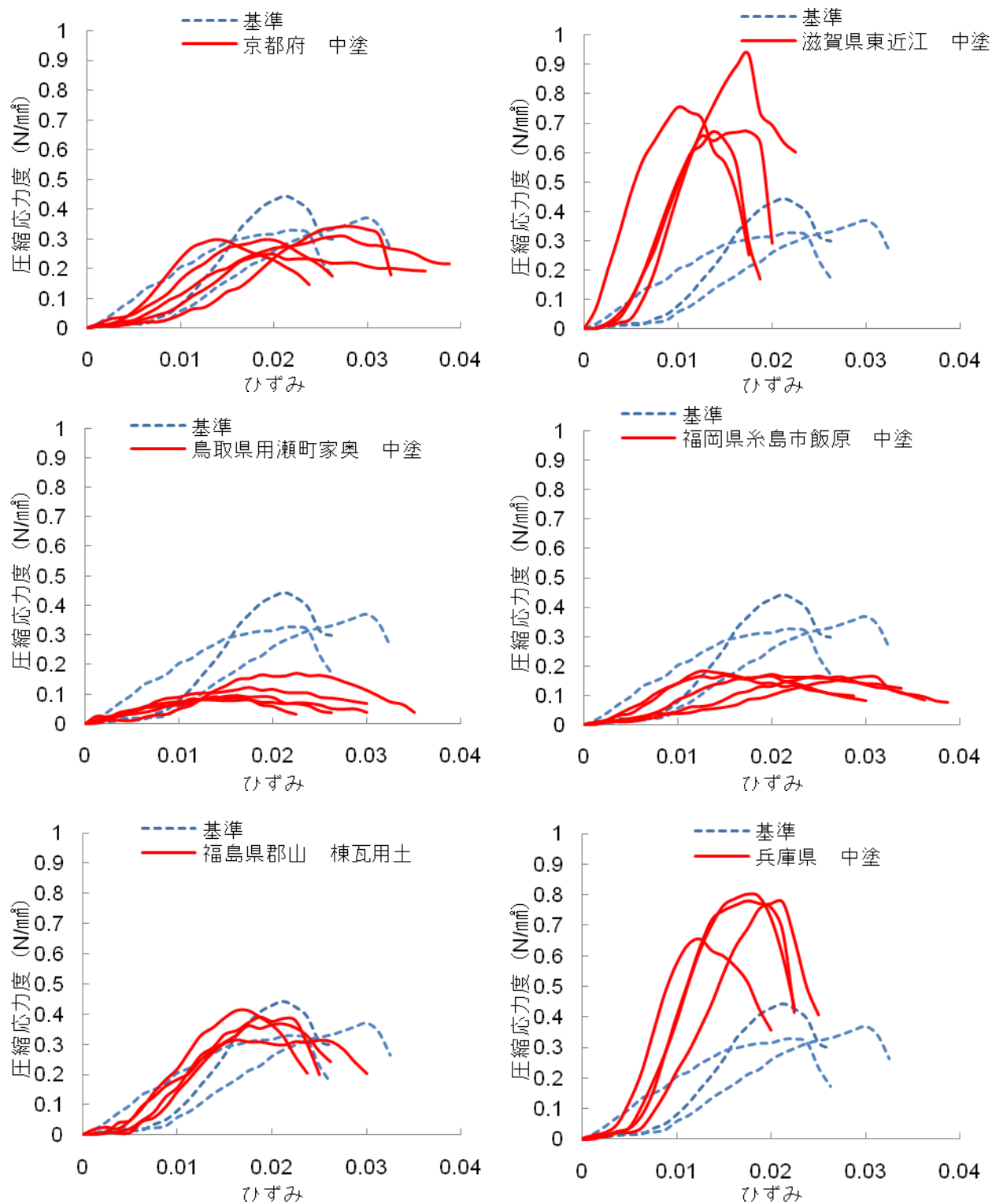


図 4. 4. 2-19 圧縮応力度—ひずみ曲線 (中塗土, $\phi 20 \times 40\text{mm}$)

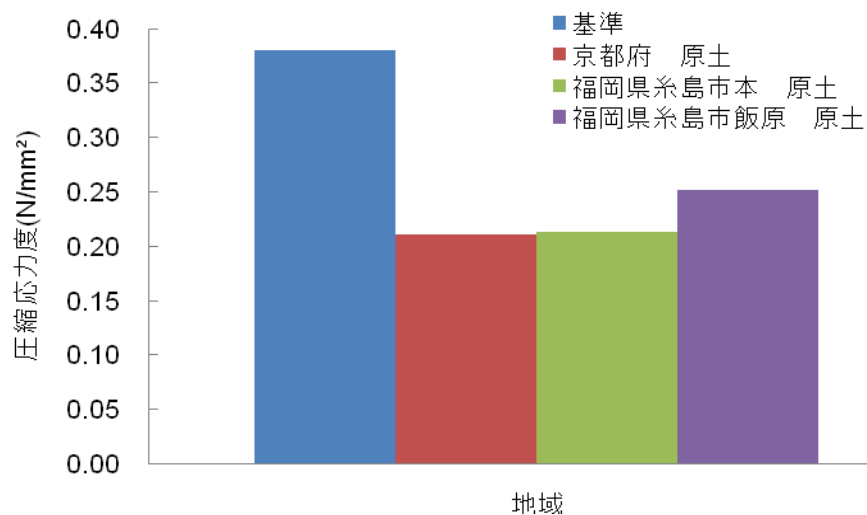


図 4. 4. 2-20 圧縮強さ (原土, $\phi 20 \times 40\text{mm}$)

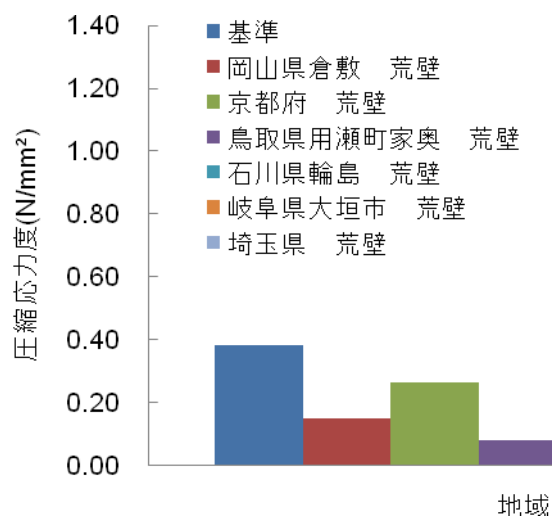


図 4. 4. 2-21 圧縮強さ (荒壁土, $\phi 20 \times 40\text{mm}$)

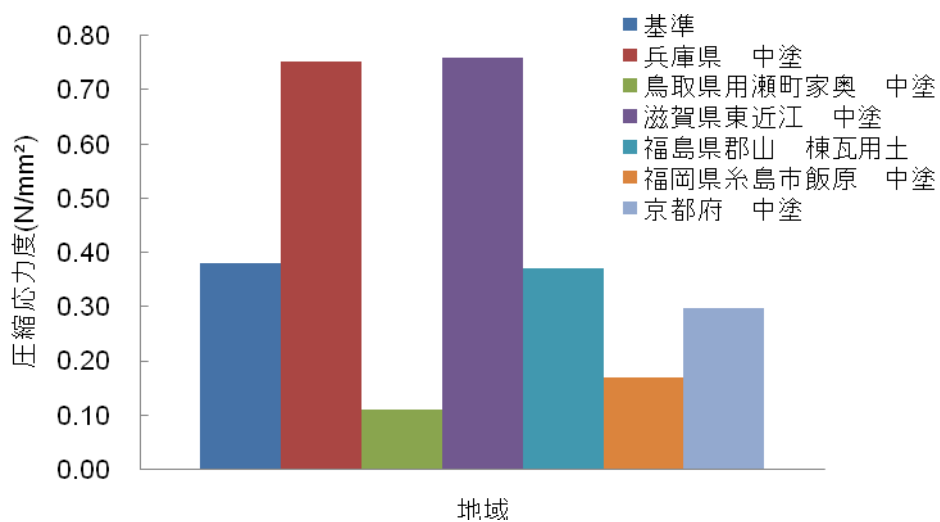


図 4. 4. 2-22 圧縮強さ (中塗土, $\phi 20 \times 40\text{mm}$)

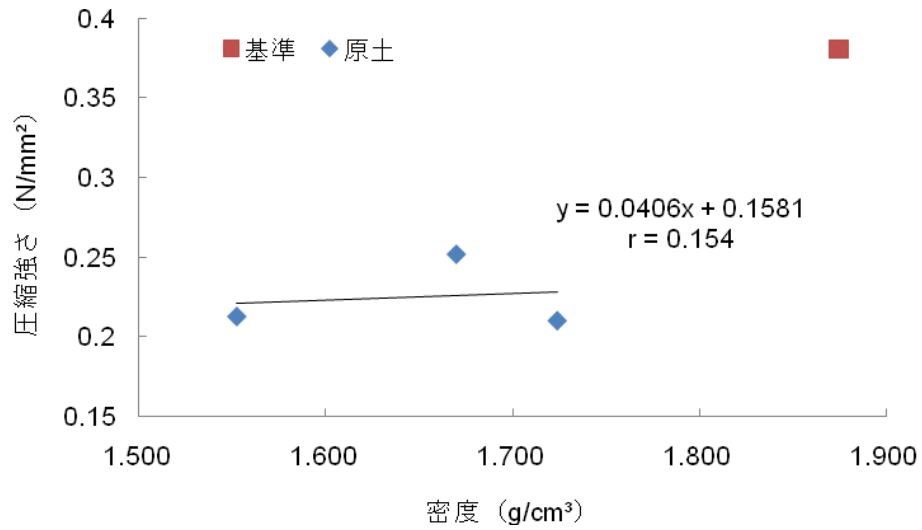


図 4. 4. 2-23 圧縮強さと密度の関係 (原土, $\phi 20 \times 40\text{mm}$)

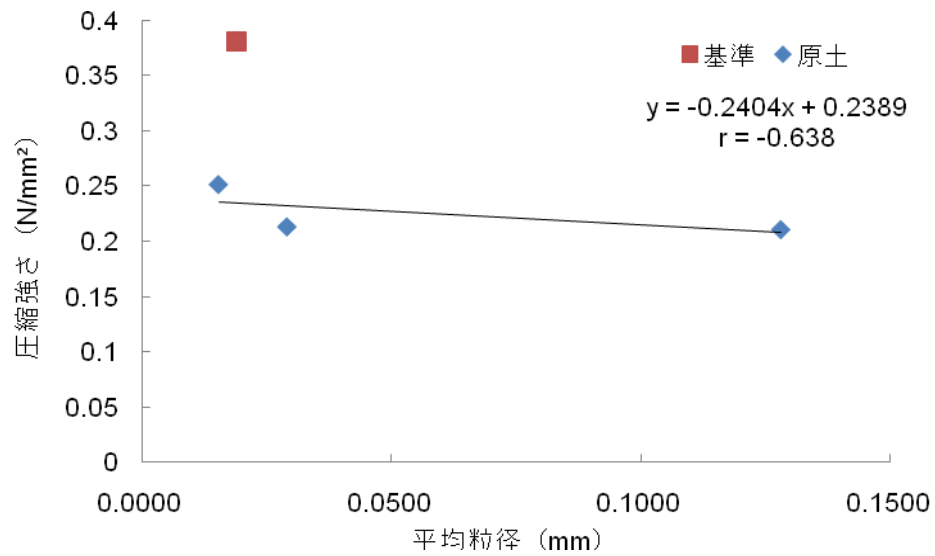


図 4. 4. 2-24 圧縮強さと平均粒径の関係 (原土, $\phi 20 \times 40\text{mm}$)

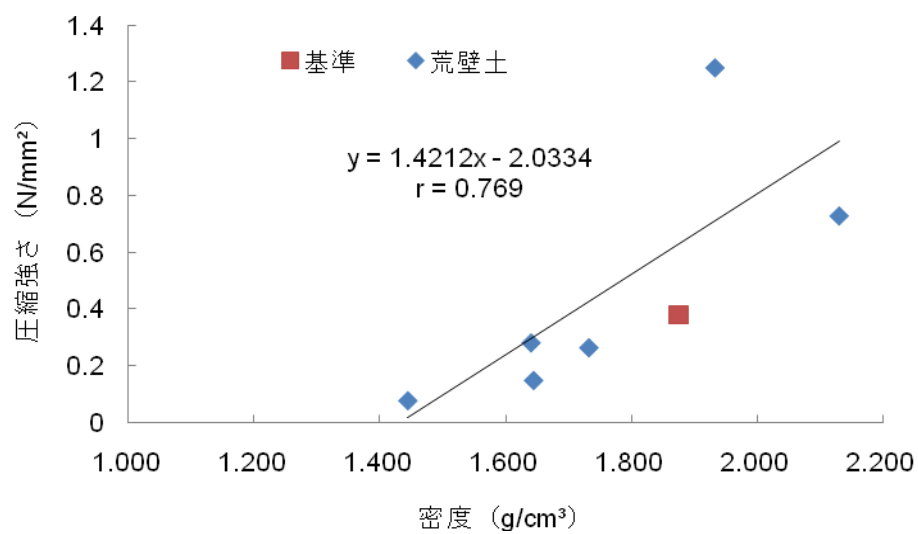


図 4. 4. 2-25 圧縮強さと密度の関係 (荒壁土, $\phi 20 \times 40\text{mm}$)

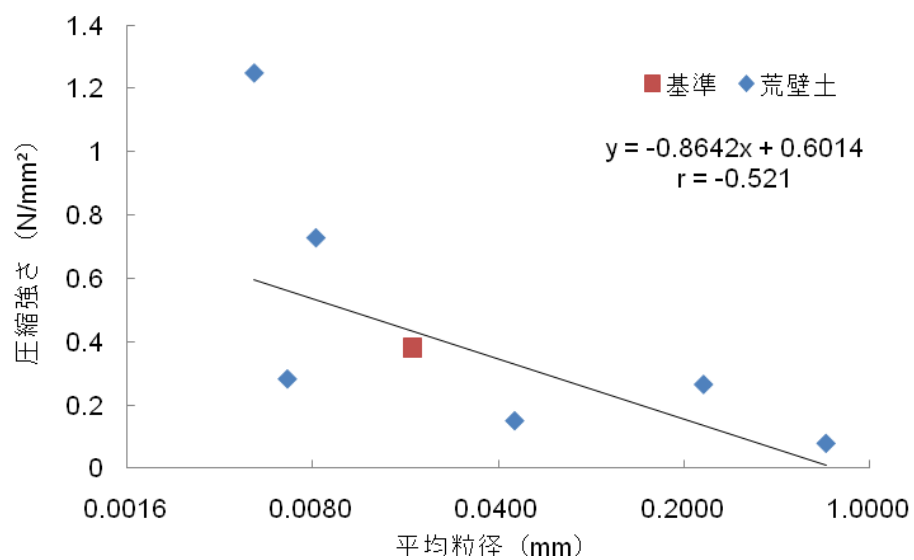


図 4. 4. 2-26 圧縮強さと平均粒径の関係 (荒壁土, $\phi 20 \times 40\text{mm}$)

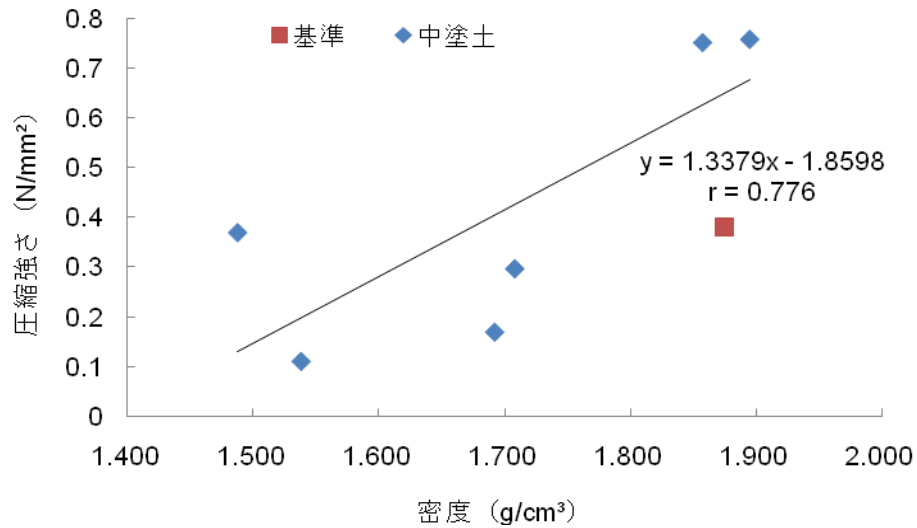


図 4. 4. 2-27 圧縮強さと密度の関係（中塗土， $\phi 20 \times 40\text{mm}$ ）

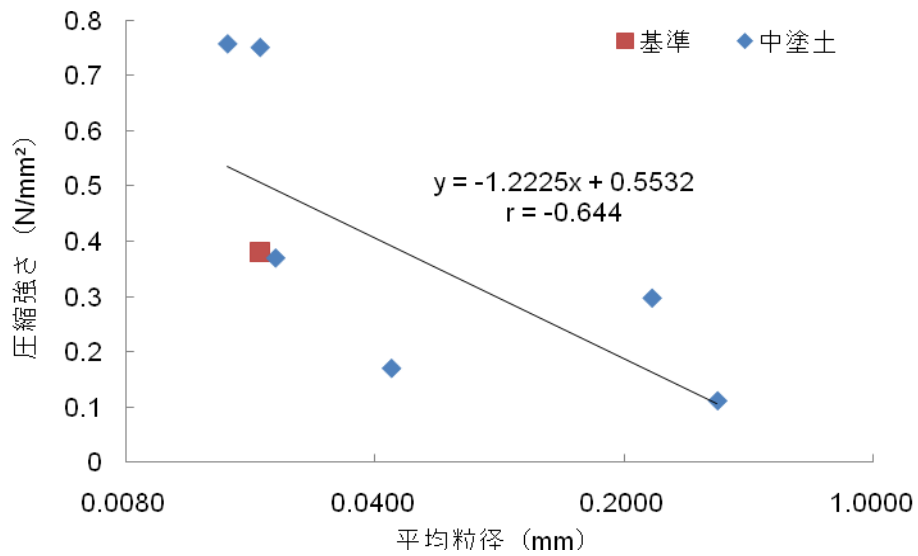


図 4. 4. 2-28 圧縮強さと平均粒径の関係（中塗土， $\phi 20 \times 40\text{mm}$ ）

(4) 実験結果および考察（基礎実験）

1) 調合

調合は表 4.4.2-4 の基本調合をもとに目標フロー値 135 ± 10 になるように作製した。また、各土の調合を表 4.4.2-5 および 4.4.2-6 に示す。調合は S/C の増加に伴い原土および単位水量が減少する傾向が見られる。また、加水を行ったのは一部例外もあるが、平均粒径が小さいものや練混ぜて配送されたものである。

2) 練混ぜ

図 4.4.2-29 に練混ぜ直後の土壁を示す。

図からも明らかなように、壁土は地域によって様々な色をしているが、赤みをおびた物が多く確認された。また、S/C0%では85%よりも壁土がゆるいものが多く見られた。

地域	用途	0%	85%
基準			
京都府 (荒木田土)	原土		
福岡県糸島市本	原土		
福岡県糸島市飯原	原土		
京都府	荒壁土		

埼玉県	荒壁土		
石川県輪島市	荒壁土		
岐阜県大垣市糸坂町	荒壁土		
岡山県倉敷市	荒壁土		
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	荒壁土		
京都府	中塗土		
滋賀県東近江市	中塗土		

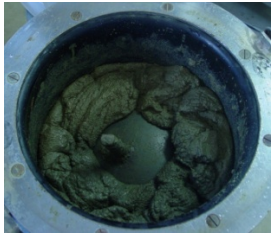
兵庫県	中塗り土		
福岡県糸島市飯原	中塗り土		—
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	中塗り土		
石川県輪島市	中塗り土		—
福島県郡山	棟瓦用土		

図 4. 4. 2-29 練り混ぜ直後の壁土

3) フロー試験

図 4.4.2-30 にフロー試験を示す。

図からも明らかなように壁土は一部を除いて、S/C85%よりも 0%で多く広がる事が確認される。基準と形が類似するものは福岡県本産原土、滋賀県東近江産中塗土および兵庫県産中塗土である。また、埼玉県産および岐阜県糸坂産荒壁土で土壁がフローテーブル上にあまり広がらないことも認められる。

地域	用途	0%	85%
基準			
京都府	原土		
福岡県糸島市本	原土		
福岡県糸島市飯原	原土		
京都府	荒壁土		

埼玉県	荒壁土		
石川県輪島市	荒壁土		
岐阜県大垣市糸坂町	荒壁土		
岡山県倉敷市	荒壁土		
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	荒壁土		
京都府	中塗土		
滋賀県東近江市	中塗土		

兵庫県	中塗土		
福岡県糸島市飯原	中塗土		—
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	中塗土		
石川県輪島市	中塗土		—
福島県郡山	棟瓦用土		

図 4. 4. 2-30 フロー試験

4) フロー値

表 4.4.2-11 にフロー値の結果を示し、図 4.4.2-31 および 4.4.2-32 に単位水量とフロー値および単位水量と平均粒径の関係を示す。また、練混済の土は単位水量が正確に解っていないので除くものとする。

図 4.4.2-31 より、S/C に関わらず単位数量が同じでもフロー値にばらつきが出る事が明らかで、加水したものが目標フロー値に近くなっていることも認められる。これは、使用したスサの違いが一因と考える。本実験で参考にした基本調合は市販スサ（20～100mm 前後が混在）を用いた調合設計であるのに対し、今回使用したスサはモミスサである。この事が、フロー値に影響を及ぼしたと考える。

平均粒径とフロー値の関係（ここでは、加水したものを含まない）は、平均粒径が大きくなるに従いフロー値が高くなる傾向が見られる。参考までに、両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$\text{S/C } 0\% : y = 57.540x + 153.36 \quad (r=0.490 \quad n=11)$$

$$85\% : y = 41.425x + 145.80 \quad (r=0.686 \quad n=11)$$

ここに、 y : フロー値 x : 平均粒径(mm)

式からも明らかなように、相関係数が大略 $r=0.500$ 前後を示すことから、両者は関係していることが認められる。

表 4.4.2-11 フロー値

地域	用途	砂原土比 S/C (%)		単位水量 (g)	
		0%	85%	0%	85%
基準		144.9	158.3	449.4	394.8
京都府	原土	192.2	148.6	449.4	394.8
福岡県糸島市本	原土	150.5	145.4	449.4	394.8
福岡県糸島市飯原	原土	184.4	173.0	449.4	394.8
京都府	荒壁土	189.2	155.8	449.4	394.8
埼玉県	荒壁土	129.9	129.1	200	150
石川県輪島市	荒壁土	134.0	137.6	549.4	494.8
岐阜県大垣市糸坂町	荒壁土	129.5	132.9	225	75
岡山県倉敷市	荒壁土	130.5	138.8	449.4	461.5
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	荒壁土	173.5	151.4	449.4	394.8
京都府	中塗土	189.3	162.2	449.4	394.8
滋賀県東近江市	中塗土	143.0	139.8	782.7	494.8
兵庫県	中塗土	152.0	159.4	449.4	394.8
福岡県糸島市飯原	中塗土	143.8	—	66.7	—
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	中塗土	174.3	147.5	449.4	394.8
石川県輪島市	中塗土	132.2	—	0	—
福島県郡山	棟瓦用土	172.0	168.3	449.4	394.8

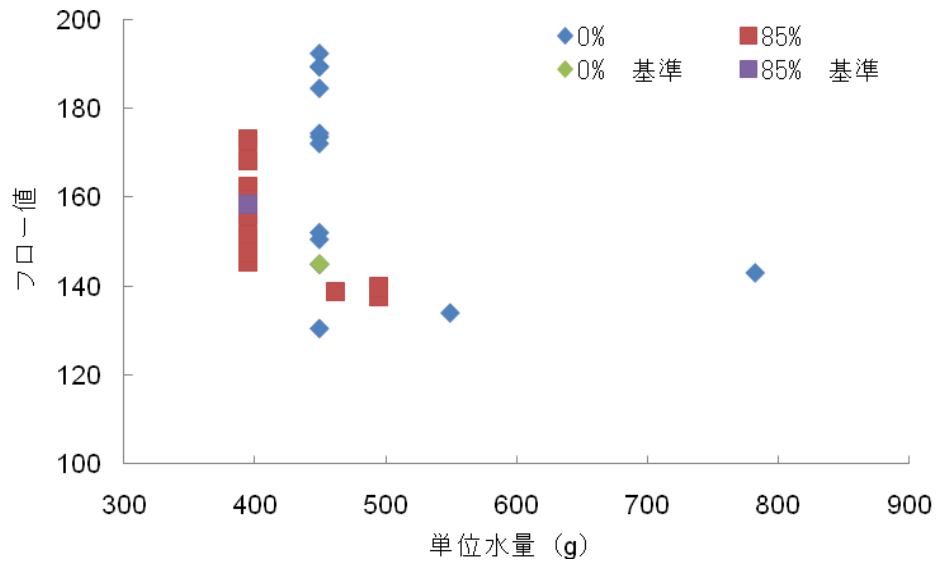


図 4. 4. 2-31 単位水量とフロー値の関係

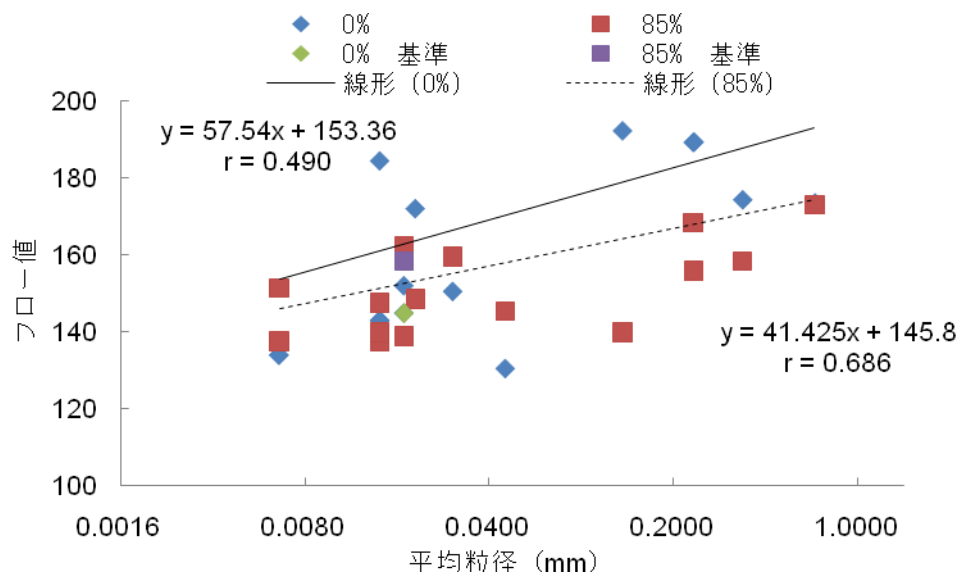


図 4. 4. 2-32 平均粒径とフロー値の関係

5) 質量変化

図 4.4.2-33～4.4.2-35 に質量変化を示す。また、本実験では供試体を 25℃前後に保たれた室内で乾燥を行った。

図からも明らかなように、質量変化は 0～7 日で急激に変化するが 14 日以降は安定期に入っている。また、S/C85%より 0%の変化量が多い事も確認された。これらは、原土、荒壁土および中塗土全てで見られる傾向である。

原土は S/C0 および 85%で-29.0～-43.3 および-23.9～-33.2%、同様に荒壁土の 0 および 85%で-28.3～-38.9 および-21.9～-39.4%、中塗土の 0 および 85%で-18.8～-49.6 および-23.7～-33.9%で安定する。それぞれの平均は原土の S/C0 および 85%で-35 および-28%、同様に荒壁土の 0 および 85%で-32 および-26%、中塗土の 0 および 85%で-33 および-26%を得る。

質量変化と平均粒径の関係は、僅かではあるが平均粒径が大きくなるに従い質量変化が減少する傾向が見られる。参考までに、両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$\text{S/C } 0\% : y = 6.0925x - 34.633 \quad (r=0.156 \quad n=16)$$

$$85\% : y = 7.0806x - 28.183 \quad (r=0.273 \quad n=15)$$

$$\text{全試料} : y = 7.7400x - 31.953 \quad (r=0.206 \quad n=31)$$

ここに、 y : 質量変化(%) x : 平均粒径(mm)

式からも明らかなように、相関係数が大略 $r=0.200$ 前後を示すことから、両者は僅かに関係していることが認められる。

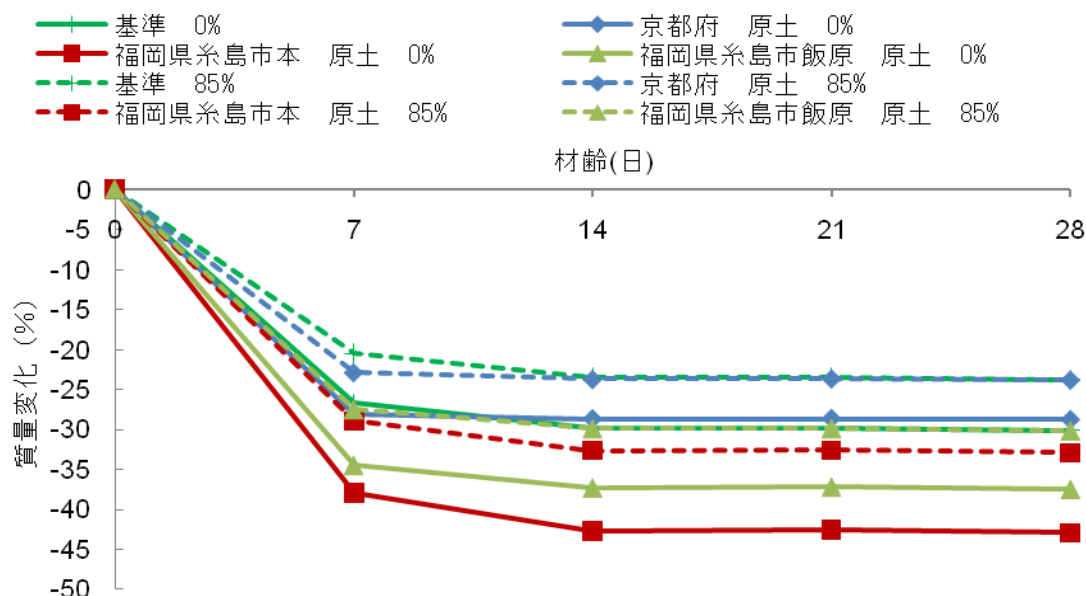


図 4.4.2-33 質量変化(原土)

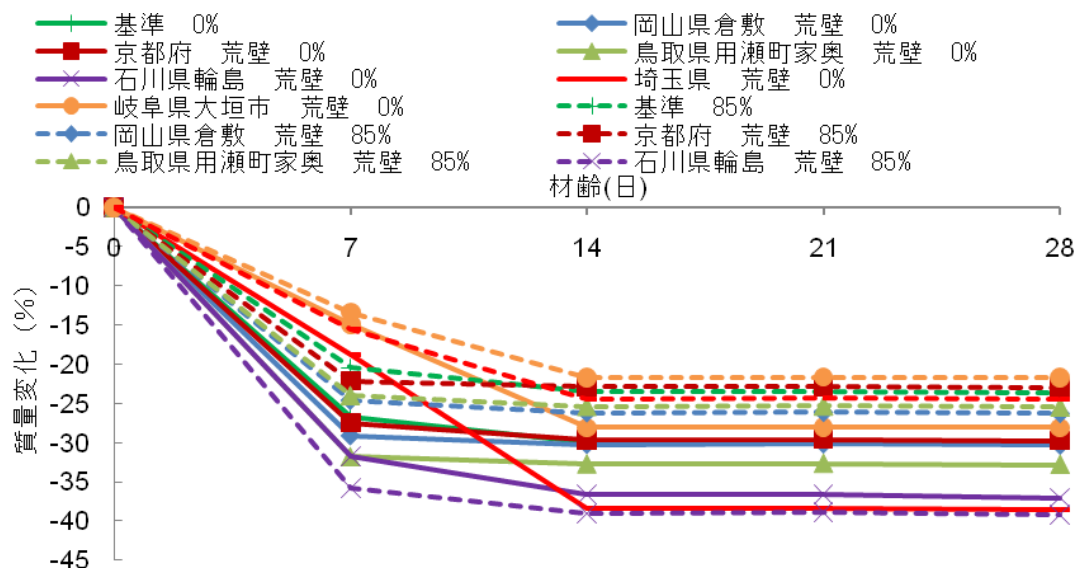


図 4.4.2-34 質量変化(荒壁土)

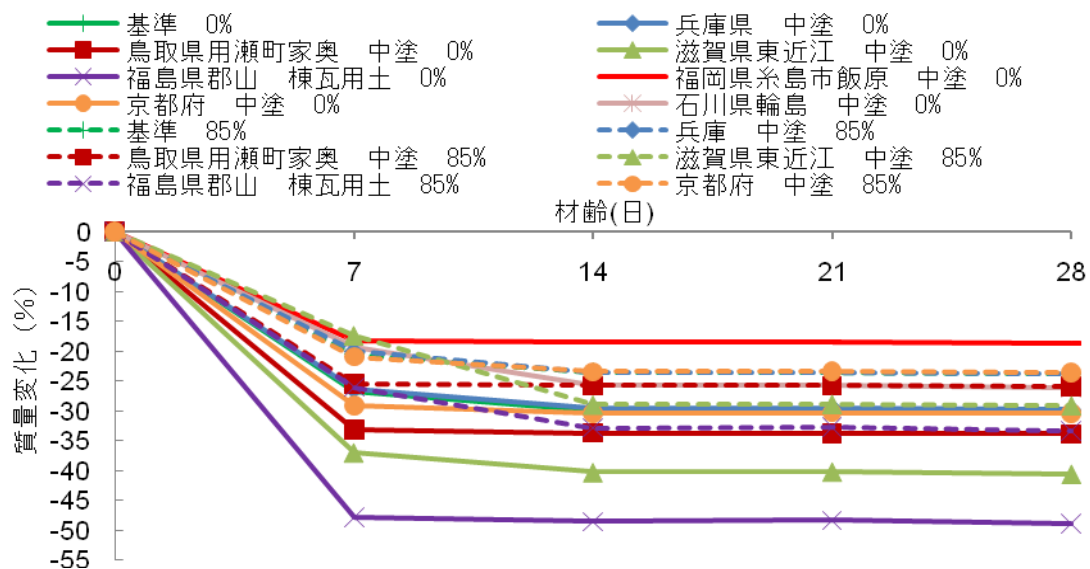


図 4.4.2-35 質量変化(中塗土)

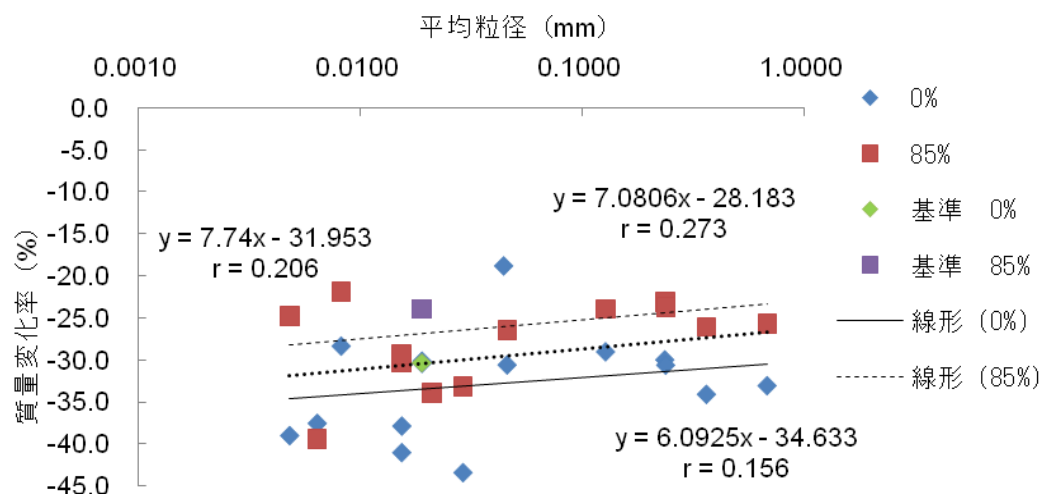


図 4.4.2-36 質量変化と平均粒径の関係

6) 乾燥変形

図 4.4.2-37～4.4.2-39 に乾燥変形を示し、図 4.4.2-40 および 4.4.2-41 に乾燥変形と平均粒径の関係を示す。

図からも明らかなように、乾燥変形は各用途用の土に関わりなく S/C85%よりも 0%で大きくなる傾向が見られる。また、縦、横および高さの変形率は一部例外もあるが横で最大値を得ることも確認される。

乾燥変形率は原土で S/C0 および 85%の縦、横および高さで-2～-5、-7～-16 および-6～-17%、0～-4、-4～-11 および-0～-7%を得る。同様に荒壁土の 0 および 85%で-1～-8、-7～-11 および-1～-11%、0～-5、-1～-8 および-1～-8%、中塗土の 0 および 85%で-1～-10、-1～-17 および-1～-17%、0～-5、-2～-11 および-2～-7%となる。それぞれの平均は、原土で-5、-11 および-11%、-2、-8 および-4%を示す。同様に荒壁土で-4、-9 および-6%、-2、-4 および-3%となる。中塗土で-4、-11 および-6%、-2、-6 および-3%となる。これらのことから、変形率が高いのは原土であることが明らかである。

乾燥変形と平均粒径の関係は、僅かではあるが平均粒径が大きくなるに従い乾燥変形が減少する傾向が見られる。参考までに、両者の関係を一次式と看做し、S/C および方向別で以下に示す。

S/C	0%	縦	:	$y=10.297x-5.5872$	($r=0.618$ $n=16$)
		横	:	$y=6.3324x-9.5580$	($r=0.281$ $n=16$)
		高さ	:	$y=9.6465x-9.1982$	($r=0.372$ $n=16$)
85%		縦	:	$y=3.6370x-2.4516$	($r=0.367$ $n=15$)
		横	:	$y=5.9247x-6.4691$	($r=0.329$ $n=15$)
		高さ	:	$y=4.4711x-3.7552$	($r=0.332$ $n=15$)

ここに、 y : 乾燥変形(%) x : 平均粒径(mm)

式からも明らかなように、相関係数は 0%の縦で $r=0.618$ を示すが、そのほかは大略 $r=0.32$ 前後となる。このことから、両者の関係は極めて小さいことが推察される。また、S/C85%で一次式の傾きおよび相関係数が類似することが確認された。

表 4. 4. 2-12 乾燥変形

地域	用途	S/C 0%			S/C 85%		
		変形率 (%)			変形率 (%)		
		縦	横	高さ	縦	横	高さ
基準		-5	-11	-5	-2	-6	-3
京都府	原土	-2	-9	-6	0	-4	0
福岡県糸島市本	原土	-8	-16	-9	-4	-11	-7
福岡県糸島市飯原	原土	-5	-7	-17	-3	-10	-5
京都府	荒壁土	-1	-7	-1	0	-4	-1
埼玉県	荒壁土	-8	-11	-11	-3	-6	-3
石川県輪島市	荒壁土	-7	-11	-8	-5	-8	-8
岐阜県大垣市糸坂町	荒壁土	-4	-7	-6	-1	-4	-2
岡山県倉敷市	荒壁土	-3	-7	-3	-1	-3	-1
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	荒壁土	-1	-8	-4	0	-1	-1
京都府	中塗土	-1	-11	-4	0	-3	-1
滋賀県東近江市	中塗土	-10	-10	-17	-5	-11	-7
兵庫県	中塗土	-5	-5	-11	-2	-3	-2
福岡県糸島市飯原	中塗土	-1	-3	-4	—	—	—
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	中塗土	-1	-1	-10	0	-2	-2
石川県輪島市	中塗土	-1	-5	-1	—	—	—
福島県郡山	棟瓦用土	-8	-17	-13	-4	-10	-5

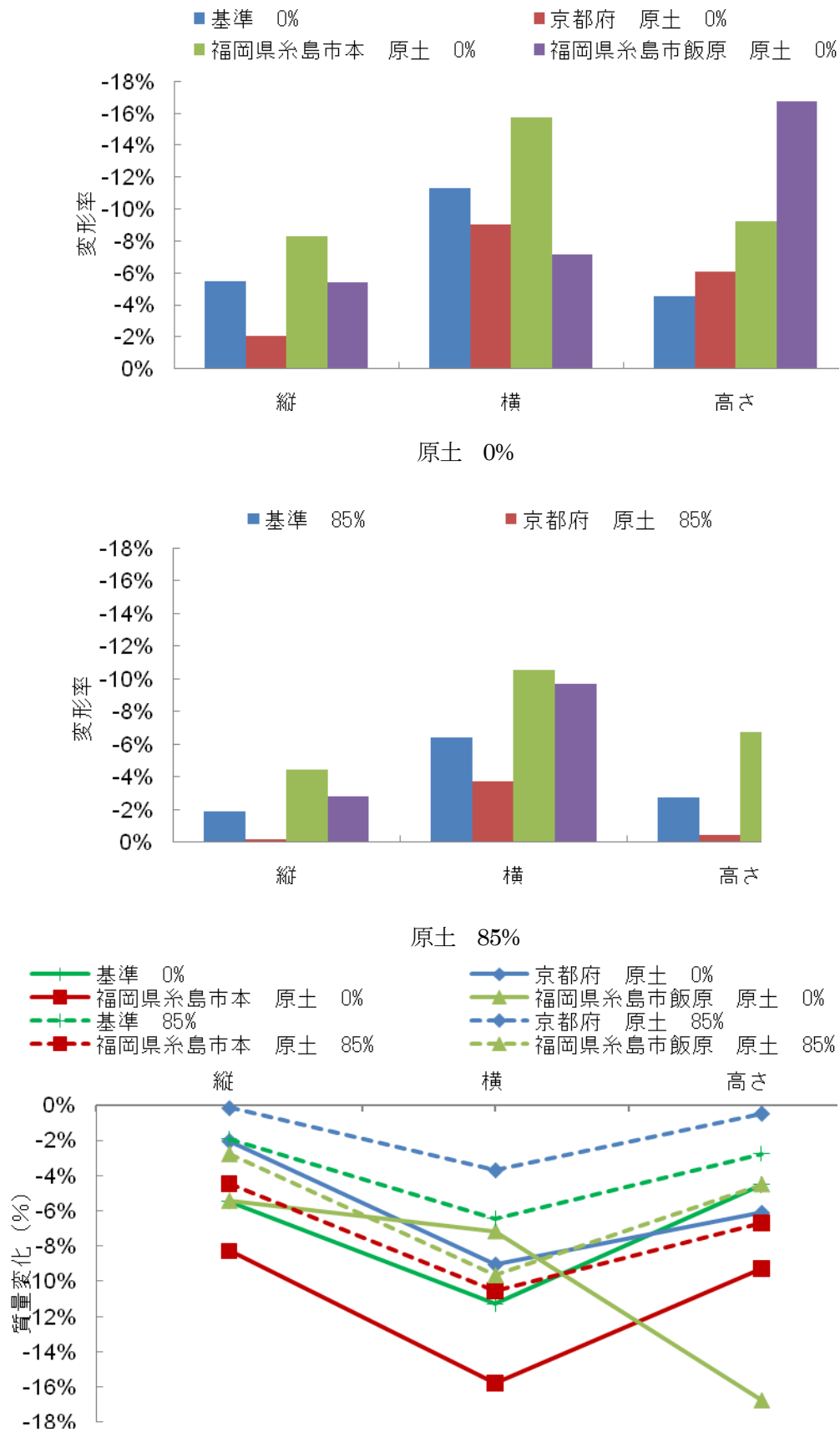


図 4. 4. 2-37 乾燥変形 (原土)

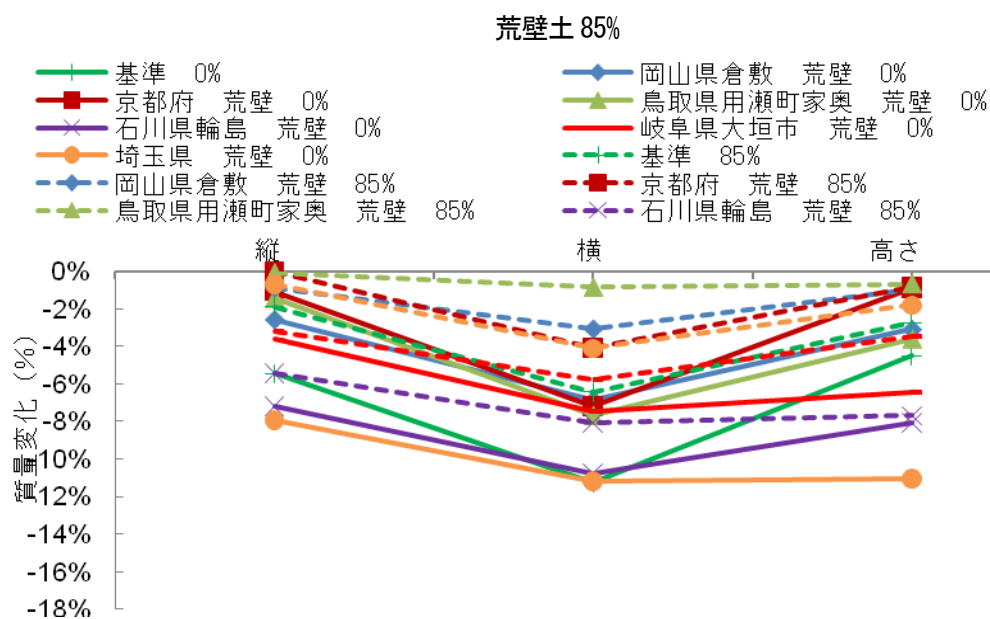
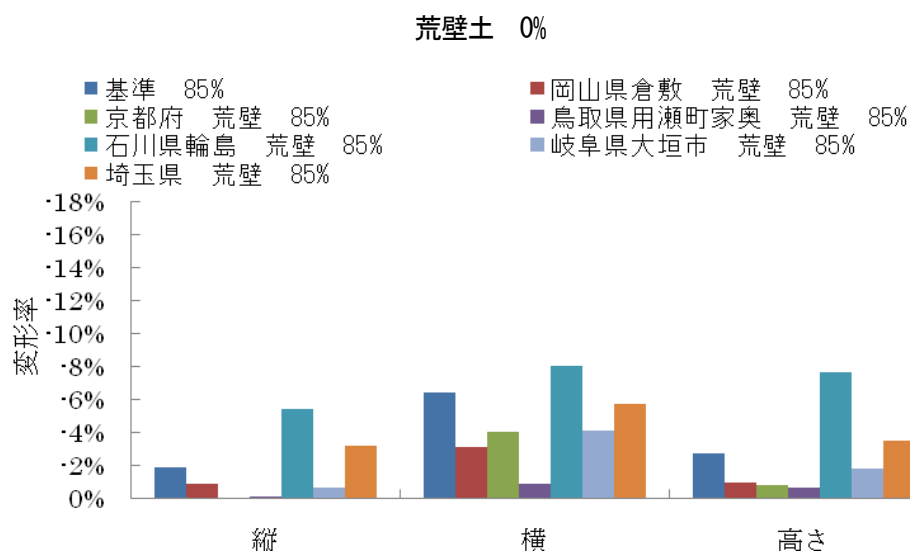
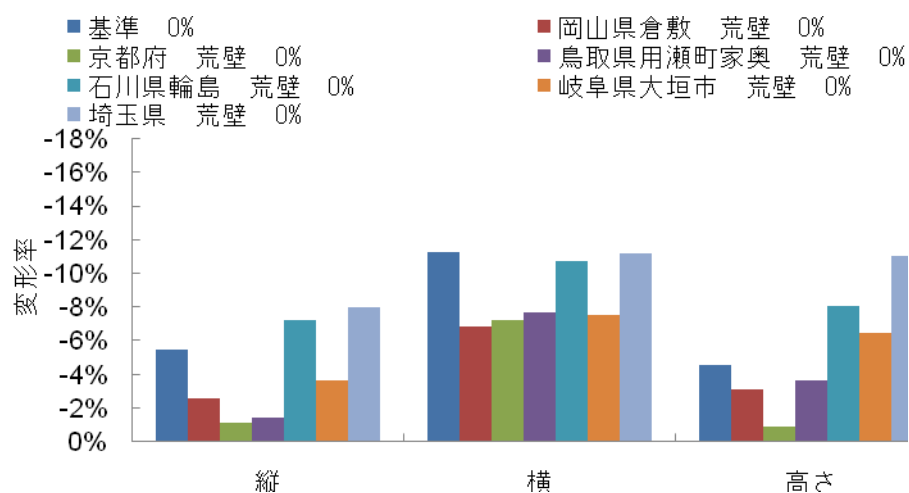


図 4. 4. 2-38 乾燥変形 (荒壁土)

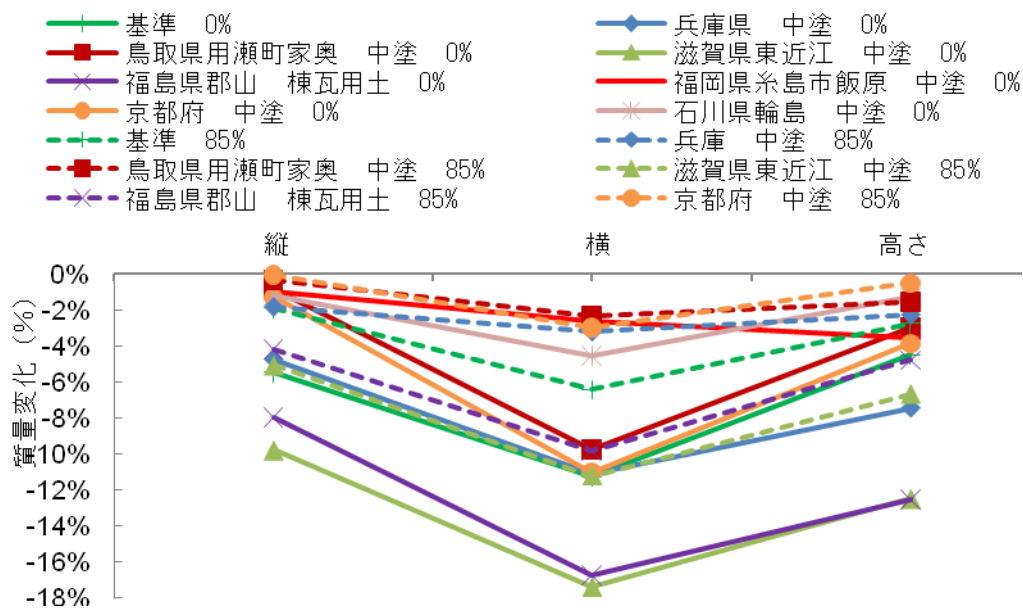
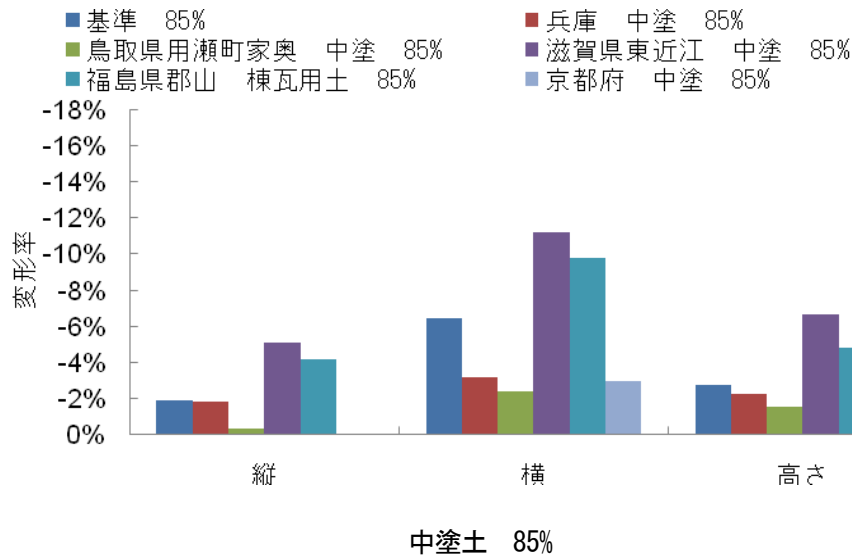
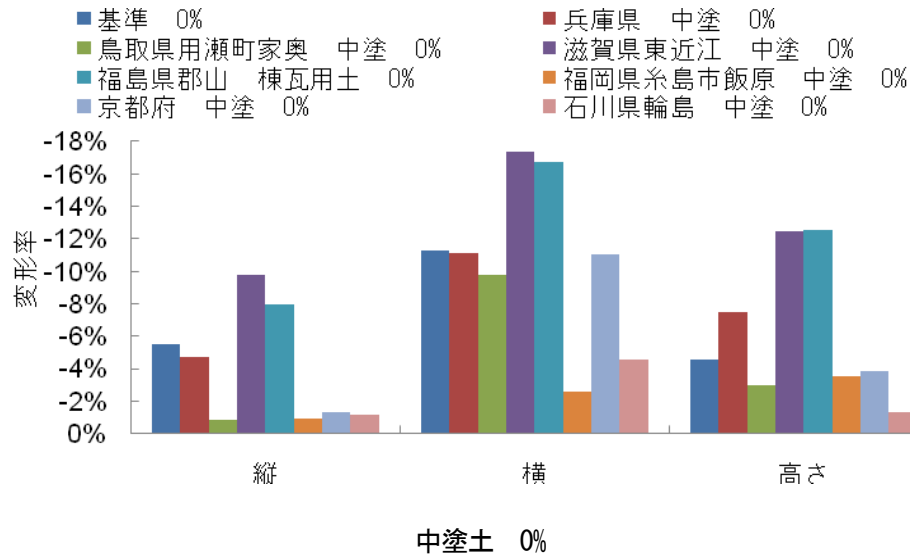


図 4. 4. 2-39 乾燥変形 (中塗土)

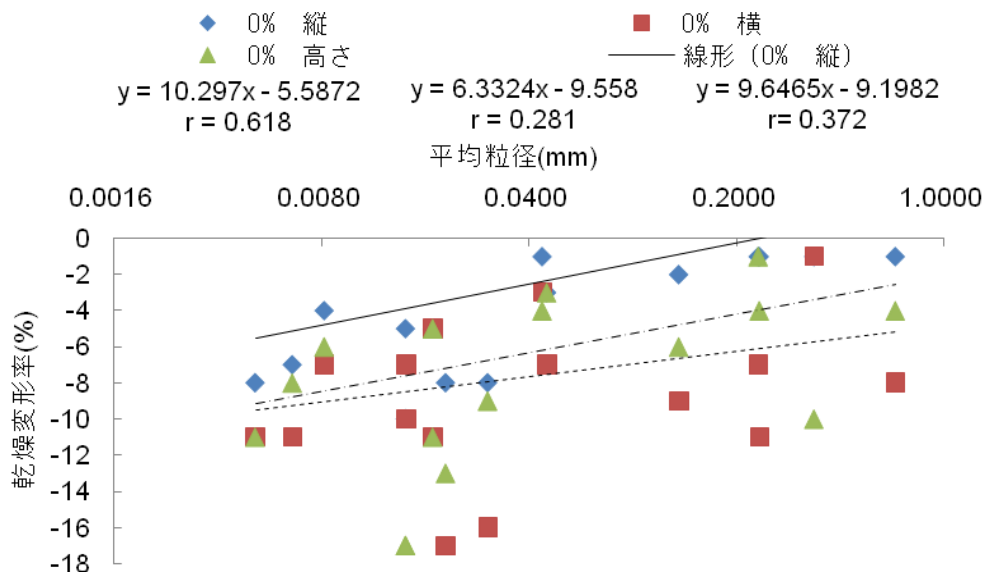


図 4. 4. 2-40 乾燥変形と平均粒径の関係 (0%)

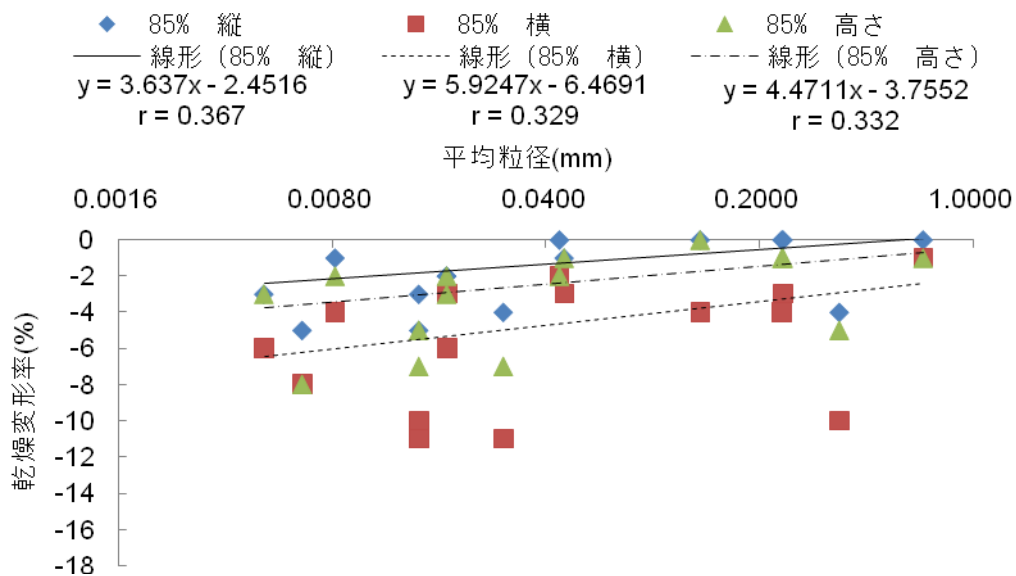


図 4. 4. 2-41 乾燥変形と平均粒径の関係 (85%)

7) 供試体密度(ようかん)

表 4.4.2-13 および図 4.4.2-42 に各供試体の密度を示す。また、S/C0 および 85%はようかん (40×40×160mm) の密度で求めたものである。

密度はφ20×40mm の原土、荒壁土および中塗土で 1.553～1.724、1.444～2.130 および 1.488～1.895g/cm³を得、同様にようかんの S/C0%で 1.120～1.420、1.160～1.440 および 1.000～1.690 g/cm³、85%で 1.370～1.470、1.340～1.600 および 1.310～1.530 g/cm³となる。それぞれの平均は前者で 1.649、1.754 および 1.696 g/cm³お示し、後者の 0%で 1.260、1.310 および 1.336 g/cm³、85%で 1.413、1.472 および 1.432 g/cm³となる。両者を比較したところ、ようかんはφ20×40mm よりも低くなることが明らかで、S/C0 および 85%で大略 3 および 2 割前後低下する。これは、スサおよび砂を混入したことが一因と考える。また、0%よりも 85%で密度が大きくなるのは、砂の他にスサの混入量も一因と考える。スサ量は S/C0 および 85%で 27.4 および 20.3g と後者が少ないことが明らかで、スサ量が増えると密度が低下することが推察される。

表 4.4.2-13 密度

産地	用途	密度 (g/cm ³)		
		φ20×40mm	S/C 0%	S/C 85%
基準		1.87	1.44	1.55
京都府	原土	1.72	1.42	1.47
福岡県糸島市本	原土	1.55	1.12	1.37
福岡県糸島市飯原	原土	1.67	1.24	1.40
京都府	荒壁土	1.73	1.34	1.52
埼玉県	荒壁土	1.93	1.29	1.59
石川県輪島市	荒壁土	1.64	1.27	1.42
岐阜県大垣市糸坂町	荒壁土	2.13	1.44	1.60
岡山県倉敷市	荒壁土	1.64	1.36	1.34
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	荒壁土	1.44	1.16	1.36
京都府	中塗土	1.71	1.33	1.49
滋賀県東近江市	中塗土	1.90	1.34	1.53
兵庫県	中塗土	1.86	1.38	1.51
福岡県糸島市飯原	中塗土	1.69	1.69	—
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	中塗土	1.54	1.19	1.32
石川県輪島市	中塗土	—	1.42	—
福島県郡山	棟瓦用土	1.49	1.00	1.31

注) S/C0%, 85%はようかん (40×40×160mm) である

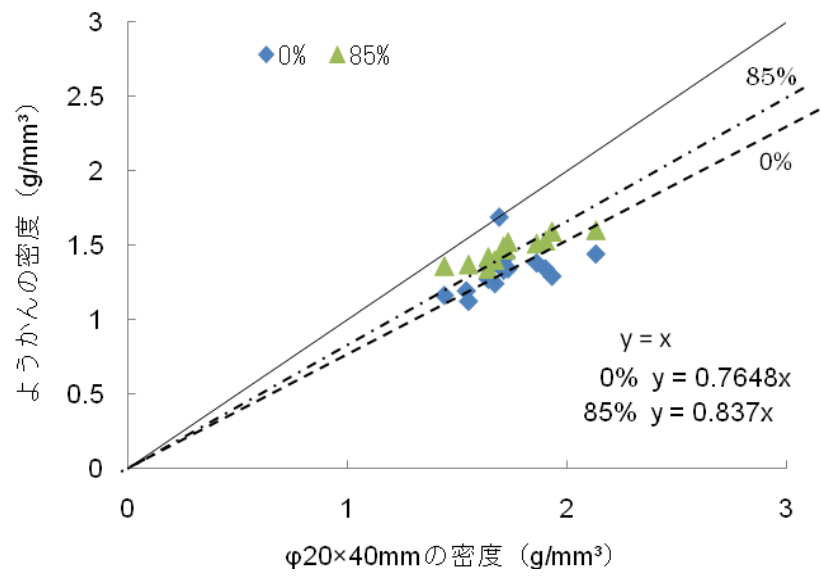


図 4. 4. 2-42 ようかんとφ20×40mmの密度の関係

8) 曲げ強さ

図 4.4.2-43～4.4.2-46 および 4.4.2-47～4.4.2-49 に曲げ強度および曲げ強さと密度の関係を示す。

a) 原土

図 4.4.2-43 に示すたわみ曲線について見ると、S/C0 および 85% で立ち上がりに違いが確認されるものの崩壊後の強度低下は両者とも緩慢である。また、福岡県本産は S/C に関わらずたわみ曲線が類似することも認められる。同様な傾向は僅かに京都府産でも認められ、これらを基準の曲線と比較すると類似するものは無いことが明らかである。

曲げ強さは、S/C0% の京都府産、福岡県本産および福岡県飯原産で 0.365～0.503、0.398～0.443 および 0.479～0.679 N/mm² を得る。同様に 85% で 0.305～0.557、0.251～0.365 および 0.278～0.320 N/mm² となる。それぞれの平均は 0.442、0.417、0.592 および 0.460、0.322、0.304 N/mm² を示す。これらから、一部例外があるものの S/C85% よりも 0% が大きくなることが認められる。また、最大および最小強度を示すのは福岡県飯原産の 0 および 85% である。さらに、京都産は S/C に関わらず大略 0.4 N/mm² 前後で安定している。

強度と密度の関係は、S/C85% で密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向を示すが、0% では認められない。参考までに両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$\begin{array}{ll} \text{S/C} & 0\% : y=0.0110x+0.4699 \quad (r=0.055 \quad n=3) \\ & 85\% : y=1.5304x-1.8009 \quad (r=0.920 \quad n=3) \\ \text{ここに、} y : & \text{曲げ強さ(N/mm}^2\text{)} \quad x : \text{密度(g/cm}^3\text{)} \end{array}$$

式から明らかなように、S/C0 および 85% で一次式の傾きおよび相関係数が異なることが明らかである。両者の相関係数はそれぞれ、 $r=0.055$ および 0.920 を示し、0% は関係が認められないが、85% は高いことから密接に関係していることが確認される。

最大強度でのたわみは、S/C0% の京都府産、福岡県本産および福岡県飯原産で 0.25～0.50、0.65～0.80 および 0.54～0.885 mm を得る。同様に 85% で 0.58～0.8、0.28～0.48 および 0.20～0.30 mm となる。これらのことから、一部例があるがたわみは地域に関わらず S/C0% より 85% で小さくなることが明らかである。しかし、たわみは試料ごとでばらつきが見られる。

b) 荒壁土

図 4.4.2-44 に示すたわみ曲線について見ると、一部例外があるものの S/C0 および 85% で立ち上がりおよび崩壊後の強度低下が類似する傾向が認められる。また、僅かな相違ではあるが、立ち上がりの急なものと緩慢な供試体が存在する。前者は岐阜県糸坂産および埼玉県産、後者は京都産および鳥取県家奥産である。これらを基準の曲線と比較すると埼玉県産で類似することが明らかである。

曲げ強さは、S/C0%の岐阜県糸坂産、埼玉県産、石川県輪島産、岡山県倉敷産、京都府産および鳥取県家奥産で 0.464～0.629、0.575～0.934、0.524～0.700、0.350～0.593、0.395～0.599 および 0.117～0.323 N/mm²を得る。同様に 85%で 0.619～0.787、0.263～0.748、0.221～0.404、0.281～0.386、0.407～0.446 および 0.072～0.183 N/mm²となる。それぞれの平均は 0.513、0.754、0.590、0.467、0.448、0.215 および 0.624、0.506、0.279、0.335、0.427、0.113 N/mm²を示す。これらから、一部例外があるものの S/C85%よりも 0%が大きくなることが示される。また、最大および最小強度を示すのは埼玉県産の 0%および鳥取県家奥産の 85%である。さらに、京都産は S/C に関わらず大略 0.4N/mm²前後で安定していることも確認された。

強度と密度の関係は、S/C85%で密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向を示すが、0%でも認められる。参考までに両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$\begin{aligned} \text{S/C} \quad 0\% : & \quad y=0.7266x-0.4540 \quad (r=0.387 \quad n=6) \\ & \quad 85\% : \quad y=1.3702x-1.6359 \quad (r=0.872 \quad n=6) \\ \text{ここに、} y : & \text{曲げ強さ(N/mm}^2\text{)} \quad x : \text{密度(g/cm}^3\text{)} \end{aligned}$$

式から明らかのように、S/C0 および 85%で一次式の傾きおよび相関係数が異なることが明らかである。両者の相関係数はそれぞれ、 $r=0.387$ および 0.872 を示し、0%は関係が認められないが、85%は高いことから密接であることが確認される。

最大強度でのたわみは、S/C0%の岐阜県糸坂産、埼玉県産、石川県輪島産、岡山県倉敷産、京都府産および鳥取県家奥産で 0.40～0.75、0.50～0.65、0.55～0.90、0.30～0.50、0.40～0.60 および 0.45～0.60 mm を得る。同様に 85%で 0.45～0.60、0.30～0.50、0.25～0.30、0.40～0.60、0.55～0.63 および 0.10～0.30mm となる。これらのことから、一部例があるがたわみは地域に関わらず S/C0%より 85%で小さくなることが明らかである。また、たわみは試料ごとでばらつきが見られる。

c) 中塗土

図 4.4.2-45 に示すたわみ曲線について見ると、S/C0 および 85% で立ち上がりおよび崩壊後の強度低下が類似する傾向が認められる。また、僅かな相違ではあるが、立ち上がりの急なものと緩慢な供試体が存在する。前者は福岡県飯原産および兵庫県産、後者は鳥取県家奥産および福島県郡山産で確認される。これらを基準の曲線と比較すると僅かに兵庫県産で類似することが明らかである。

曲げ強さは、S/C0% の鳥取県家奥産、福島県郡山産、京都府産、滋賀県東近江産および兵庫県産で 0.129～0.263、0.153～0.359、0.614～0.703、0.568～0.671 および 0.835～1.012 N/mm² を得る。同様に 85% で 0.177～0.230、0.036～0.201、0.105～0.419、0.533～0.653 および 0.207～0.754 N/mm² となる。それぞれの平均は 0.197、0.261、0.670、0.605、0.895 および 0.206、0.138、0.291、0.578、0.454 N/mm² を示す。また、供試体が S/C0% のみの福岡県飯原産および石川県輪島産は 0.162～0.467 および 0.332～0.359 N/mm² を得る。それぞれの平均は 0.327 および 0.346 N/mm² を与える。これらから、一部例外があるものの S/C85% よりも 0% が大きくなることが認められる。また、最大および最小強度を示すのは兵庫県産の 0% および福島県郡山産の 85% である。さらに、滋賀県東近江産は S/C に関わらず大略 0.58N/mm² 前後で安定していることも確認される。

強度と密度の関係は、S/C85% で密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向を示すが、0% でも認められる。参考までに両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$\begin{aligned} \text{S/C } 0\% : y &= 0.2498x + 0.1379 & (r=0.207 \quad n=7) \\ 85\% : y &= 1.4851x - 1.7932 & (r=0.886 \quad n=5) \end{aligned}$$

ここに、 y : 曲げ強さ(N/mm²) x : 密度(g/cm³)

式から明らかなように、S/C0 および 85% で一次式の傾きおよび相関係数が異なることが明らかである。両者の相関係数はそれぞれ、 $r=0.207$ および 0.886 を示し、0% は関係が認められないが、85% は高いことから密接に関係していることが確認される。

最大強度でのたわみは、S/C0% の鳥取県家奥産、福島県郡山産、京都府産、滋賀県東近江産および兵庫県産で 0.30～0.45、0.60～0.75、0.45～0.70、0.50～0.80 および 0.60～0.95 mm を得る。同様に 85% で 0.35～0.40、0.30～0.45、0.60～0.75、0.35～0.60 および 0.25～0.45mm となる。また、福岡県飯原産および石川県輪島産は 0.10～0.30 および 0.25～0.40mm を得る。これらのことから、一部例があるがたわみは S/C0 および 85% に関わらず類似する試料と、0% より 85% で小さくなる試料に分かれることが確認される。

d) 全用途用土

各たわみ線図から明らかなように、曲線は S/C に関わらず強度が高いものほど立ち上がり之急であることが明らかで、低いものほど緩慢且つ、崩壊後も粘ることが確認される。

曲げ強さは、S/C0%の原土、荒壁土および中塗土で 0.417～0.592、0.215～0.754 および 0.197～0.895 N/mm²を得る。同様に 85%で 0.304～0.460、0.113～0.624 および 0.138～0.578N/mm²となる。それぞれの平均は 0.484、0.498、0.472 および 0.362、0.381、0.333 N/mm²を示す。また、最大および最小値は荒壁土の 0%および中塗土の 85%であることが明らかである。これらから S/C85%よりも 0%で強度が大きくなることが明らかで、用途用土に関わらず、前者は大略 0.36 N/mm²前後、後者で大略 0.48 N/mm²前後で安定する。

密度と強度の関係は、用途用土の種類に関わりなく S/C85%で密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向が認められるが、0%ではほとんど確認できない。

参考までに、両者の関係を一次式と看做し、各用途用土および S/C 別で以下に示す。

原 土	S/C	0% :	$y=0.0110x+0.4699$	($r=0.055$ $n=3$)
		85% :	$y=1.5304x-1.8009$	($r=0.920$ $n=3$)
荒壁土	S/C	0% :	$y=0.7266x-0.4540$	($r=0.387$ $n=6$)
		85% :	$y=1.3702x-1.6359$	($r=0.872$ $n=6$)
中塗土	S/C	0% :	$y=0.2498x+0.1379$	($r=0.207$ $n=7$)
		85% :	$y=1.4851x-1.7932$	($r=0.886$ $n=5$)

ここに、 y : 曲げ強さ(N/mm²) x : 密度(g/cm³)

式からも明らかなように、各用途用土の S/C85%で一次式の傾きおよび相関係数が類似する傾向が見られるのに対し、0%はばらつきがある。

最大強度でのたわみは、各用途用土でばらつきが見られ、特に原土および中塗土で多く確認される。

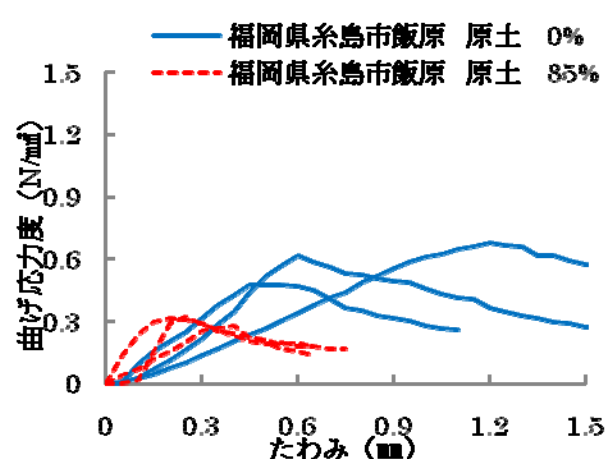
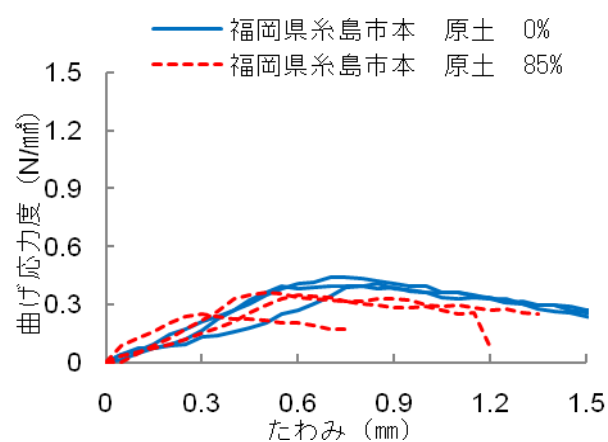
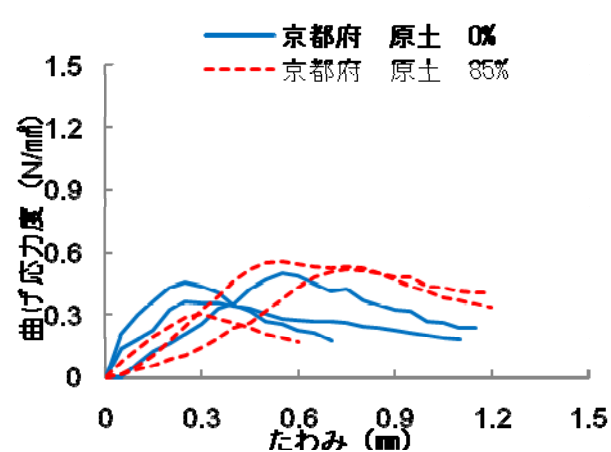
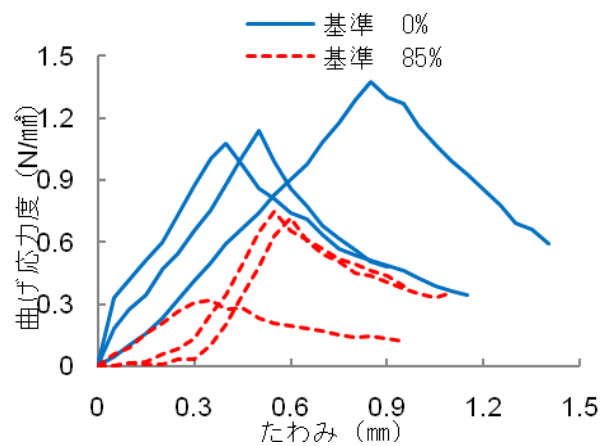


図 4.4.2-43 曲げ応力度—たわみ線図 (原土)

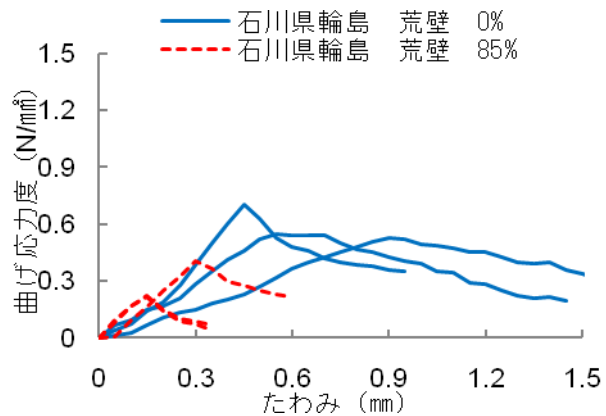
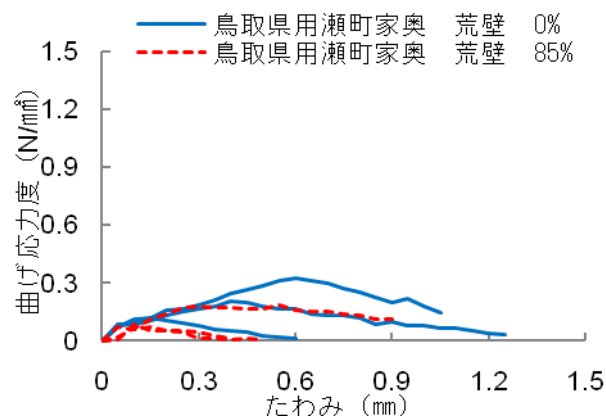
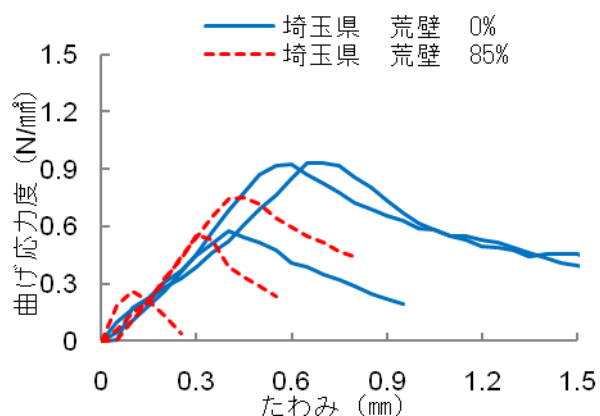
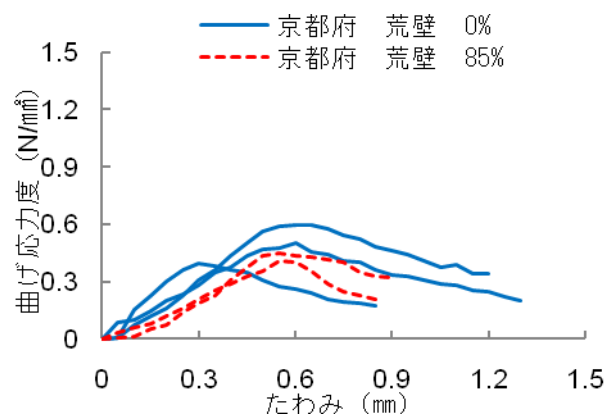
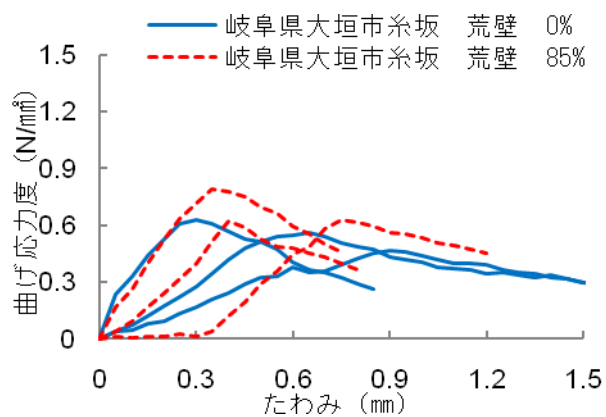
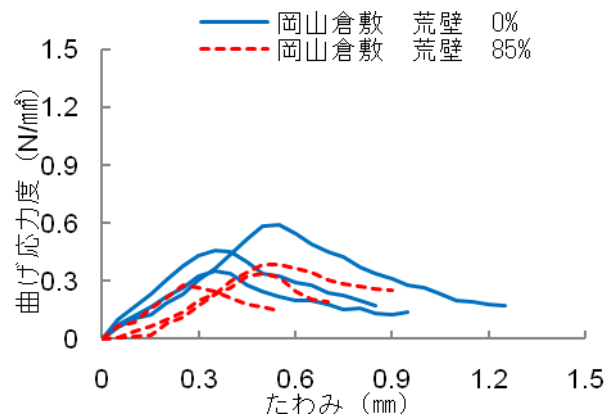
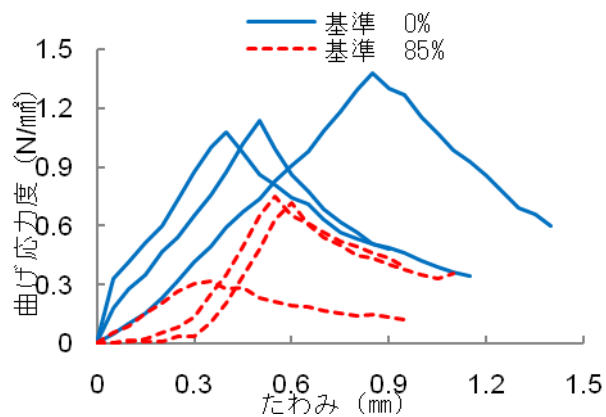


図 4. 4. 2-44 曲げ応力度－たわみ線図（荒壁土）

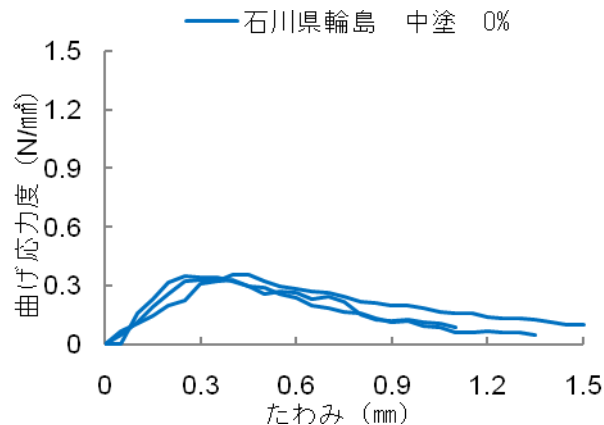
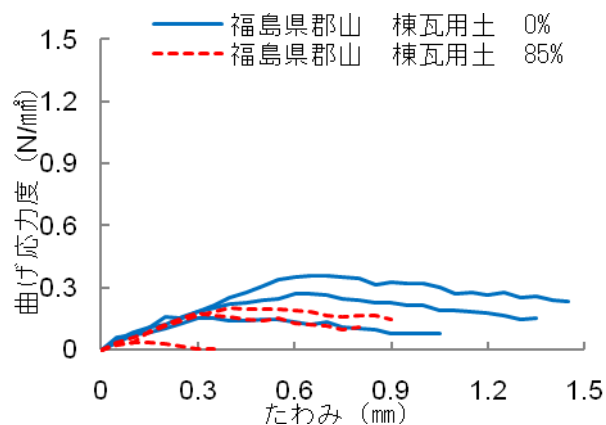
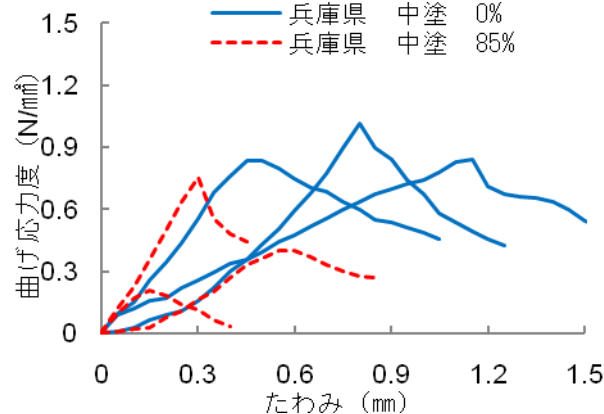
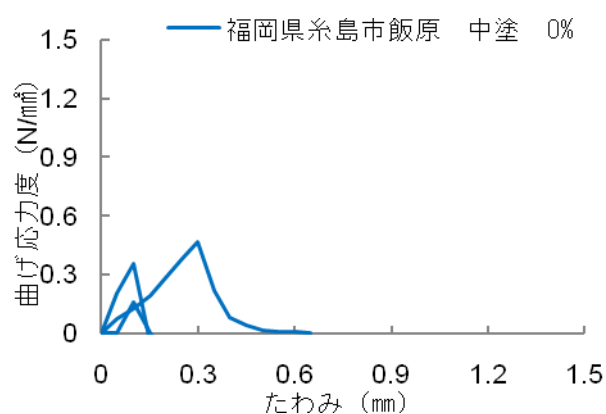
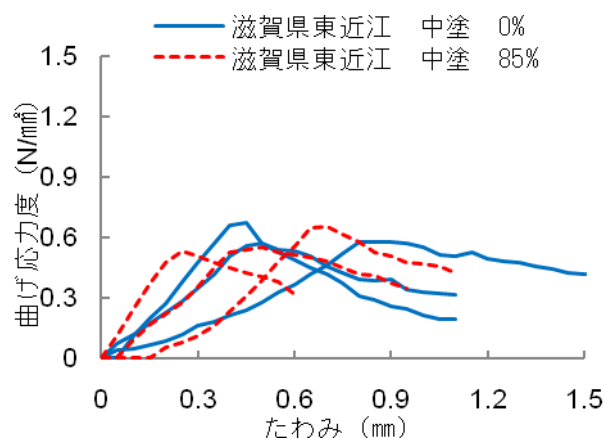
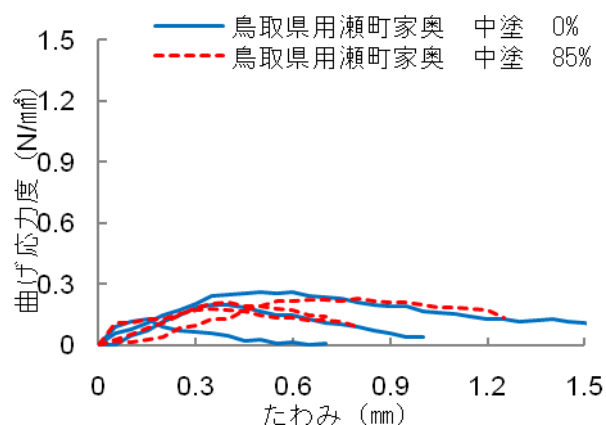
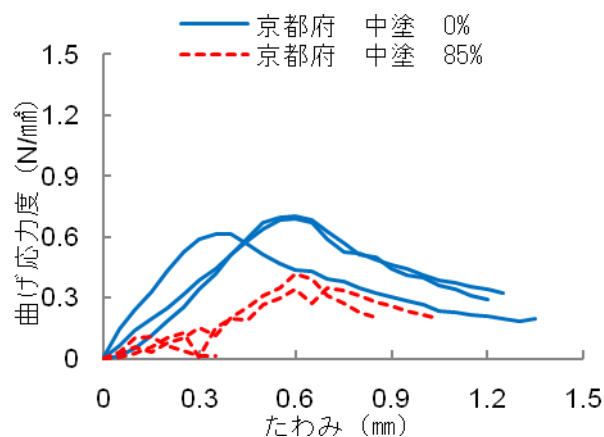
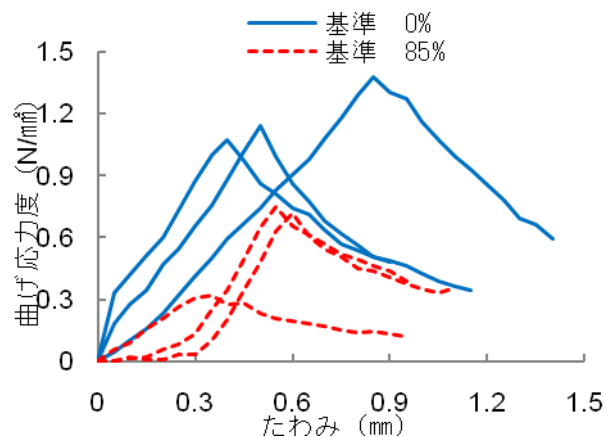
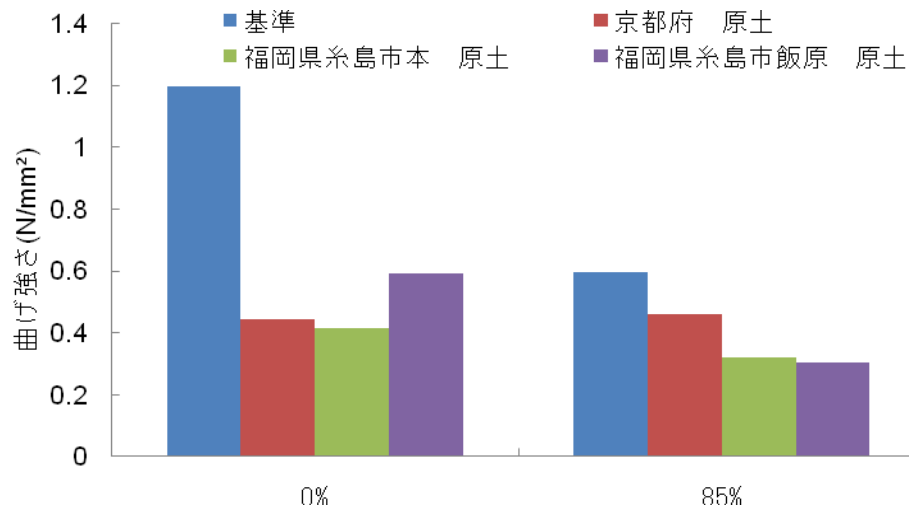
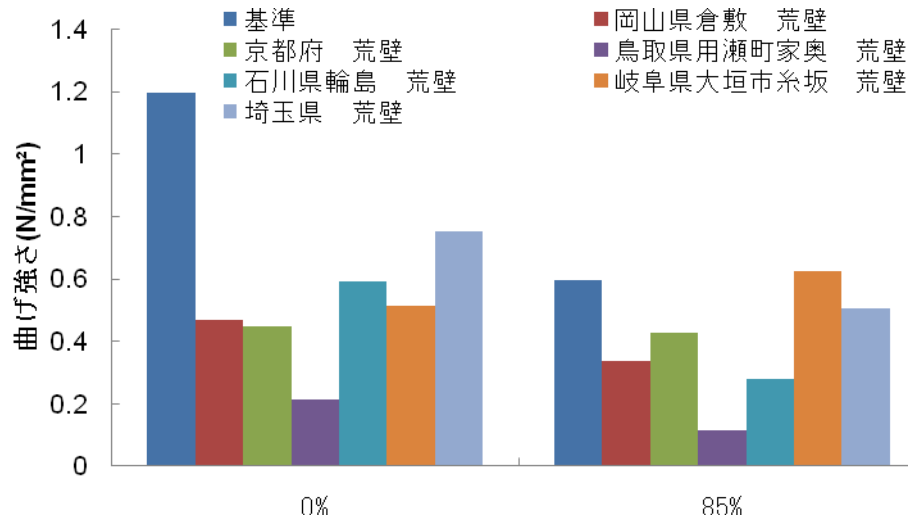


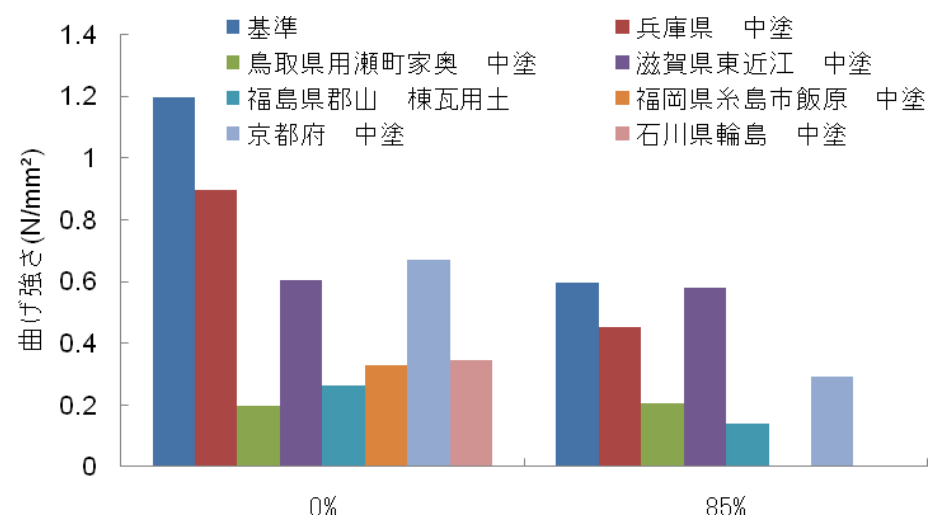
図 4. 4. 2-45 曲げ応力度－たわみ線図（中塗土）



原土



荒壁土

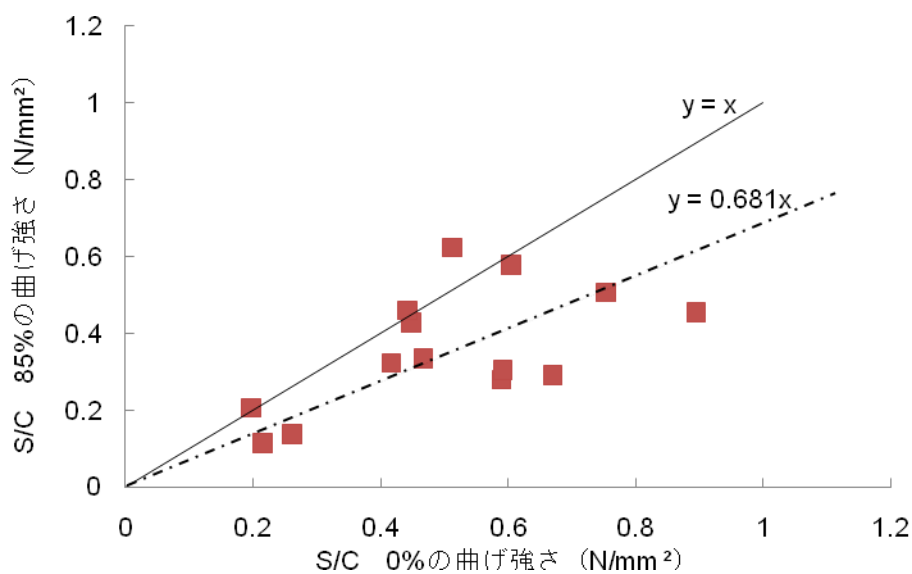


中塗土

図 4. 4. 2-46 曲げ強さ

表 4. 4. 2-14 曲げ強さ

産地	用途	曲げ強さ (N/mm ²)	
		S/C 0%	S/C 85%
基準		1.196	0.595
京都府	原土	0.442	0.46
福岡県糸島市本	原土	0.417	0.322
福岡県糸島市飯原	原土	0.592	0.304
京都府	荒壁土	0.448	0.427
埼玉県	荒壁土	0.754	0.506
石川県輪島市	荒壁土	0.59	0.279
岐阜県大垣市系坂町	荒壁土	0.513	0.624
岡山県倉敷市	荒壁土	0.467	0.335
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	荒壁土	0.215	0.113
京都府	中塗土	0.67	0.291
滋賀県東近江市	中塗土	0.605	0.578
兵庫県	中塗土	0.895	0.454
福岡県糸島市飯原	中塗土	0.327	—
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	中塗土	0.197	0.206
石川県輪島市	中塗土	0.346	—
福島県郡山	棟瓦用土	0.261	0.138



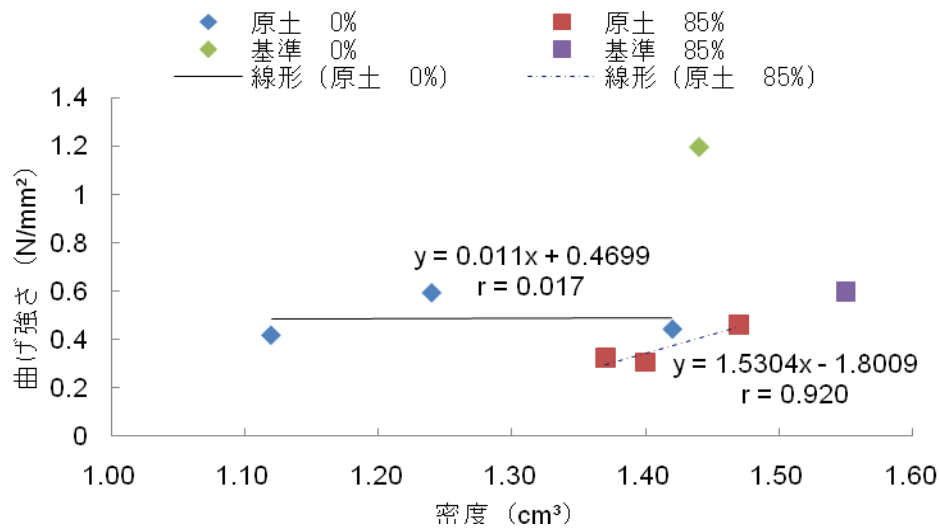


図 4. 4. 2-48 曲げ強さと密度の関係 (原土)

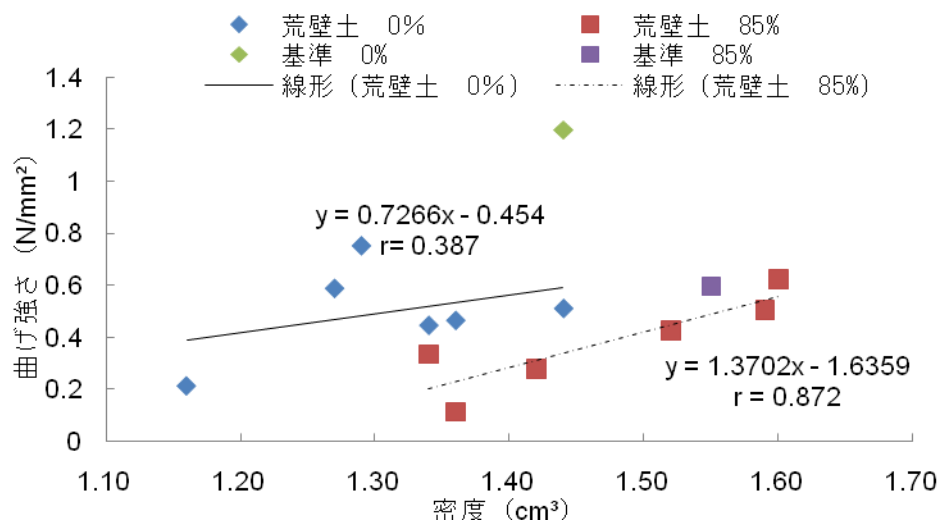


図 4. 4. 2-49 曲げ強さと密度の関係 (荒壁土)

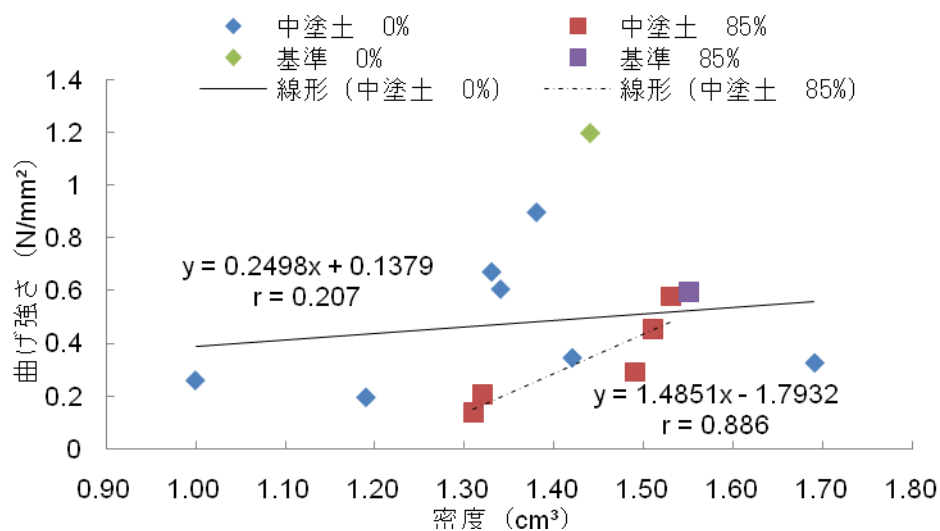


図 4. 4. 2-50 曲げ強さと密度の関係 (中塗土)

9) 圧縮強さ

図 4.4.2-51～4.4.2-54 および 4.4.2-55～4.4.2-57 に圧縮強度および圧縮強さと密度の関係を示す。

a) 原土

図 4.4.2-51 に示すひずみ曲線について見ると、S/C0 および 85%の立ち上で僅かに違いが確認されるものの崩壊後の強度低下は両者とも緩慢になることが明らかである。また、福岡県飯原産は S/C に関わらずたわみ曲線が類似することも認められる。同様な傾向が京都府産で示された。これらを基準の曲線と比較すると僅かに京都産で類似する。

圧縮強さは、S/C0%の京都産、福岡県本産および福岡県飯原産で 1.197～1.360、1.176～1.345 および 1.079～1.282 N/mm²を得る。同様に 85%で 0.729～0.912、0.908～0.984 および 0.751～0.911 N/mm²となる。それぞれの平均は 1.259、1.259、1.175 および 0.781、0.956、0.868 N/mm²を示し、S/C85% よりも 0%が大きくなる。また、最大強度を示すのは福岡県本産の 0%で、京都産土は 0 および 85%で最大および最小強度を得る。

強度と密度の関係は、S/C85%で密度が大きくなるに従い強度が低下する傾向が認められるが、0%は示さない。参考までに両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$\text{S/C} \quad 0\% : y = 0.0363x + 1.1852 \quad (r=0.113 \quad n=3)$$

$$85\% : y = -1.6399x + 3.1826 \quad (r=0.956 \quad n=3)$$

ここに、 y : 圧縮強さ(N/mm²) x : 密度(g/cm³)

式から明らかなように、S/C0 および 85%で一次式の傾きおよび相関係数が異なることが明らかである。両者の相関係数はそれぞれ、 $r=0.113$ および 0.956 を示し、0%は関係が認められないが、85%は高いことから密接であることが確認される。

最大強度でのひずみは、S/C0%の京都産、福岡県本産および福岡県飯原産で 0.015～0.023、0.062～0.075 および 0.050～0.059 を得る。同様に 85%で 0.009～0.015、0.028～0.030 および 0.023～0.035 mm となる。これらのことから、一部例があるがひずみは地域に関わらず S/C0%より 85%で小さくなることが明らかである。また、試料ごとのばらつきは認められない。

b) 荒壁土

図 4.4.2-52 に示すひずみ曲線について見ると、一部例外があるものの S/C0 および 85% で立ち上がりおよび崩壊後の強度低下が類似の傾向が認められる。また、僅かな相違ではあるが、立ち上がりの急なものと緩慢な供試体が確認される。前者は岐阜県糸坂産、埼玉県産および石川県輪島産、後者は岡山県倉敷産および鳥取県家奥産である。これらを基準の曲線と比較すると埼玉県産および石川県輪島産で類似することが明らかである。

圧縮強さは、S/C0% の岐阜県糸坂産、埼玉県産、石川県輪島産、岡山県倉敷産、京都府産および鳥取県家奥産で 1.708～2.239、3.032～3.261、1.980～2.415、1.106～1.237、1.086～1.159 および 0.560～0.564 N/mm² を得る。同様に 85% で 1.487～1.598、2.109～2.486、1.247～1.335、0.592～0.692、0.651～0.877 および 0.382～0.448 N/mm² となる。それぞれの平均は 1.941、3.154、2.123、1.195、1.105、0.572 および 1.554、2.295、1.282、0.639、0.775、0.425 N/mm² を示す。これらから、S/C85% よりも 0% が大きくなることが認められる。また、最大および最小強度を示すのは埼玉県産の 0% および鳥取県家奥産の 85% である。

強度と密度の関係は S/C に関わらず、密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向が認められる。参考までに両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$\begin{aligned} \text{S/C} \quad 0\% : & \quad y = 2.4883x - 1.578 \quad (r = 0.256 \quad n = 6) \\ & \quad 85\% : \quad y = 4.7591x - 5.842 \quad (r = 0.782 \quad n = 6) \\ \text{ここに、} y : & \text{圧縮強さ(N/mm}^2\text{)} \quad x : \text{密度(g/cm}^3\text{)} \end{aligned}$$

式から明らかなように、S/C0 および 85% で一次式の傾きおよび相関係数が異なることが明らかである。両者の相関係数はそれぞれ、 $r = 0.256$ および 0.782 を示し、0% は関係が認められないが、85% は高いことから密接に関係していることが確認される。

最大強度でのひずみは、S/C0% の岐阜県糸坂産、埼玉県産、石川県輪島産、岡山県倉敷産、京都府産および鳥取県家奥産で 0.050～0.060、0.059～0.075、0.038～0.051、0.020～0.029、0.029～0.035 および 0.019～0.025 を得る。同様に 85% で 0.021～0.030、0.039～0.050、0.038～0.048、0.012～0.020、0.011～0.019 および 0.009～0.015 となる。ことから、一部例があるがひずみは地域に関わらず S/C0% より 85% で小さくなることが明らかである。また、試料ごとでのばらつきは強度が大きいものに多く見られる。

c) 中塗土

図 4.4.2-53 に示すひずみ曲線について見ると、S/C0 および 85% で立ち上がりおよび崩壊後の強度低下が類似する傾向が認められる。また、僅かな相違ではあるが、立ち上がりの急なものと緩慢な供試体が確認される。前者は福岡県飯原産および兵庫県産、後者は鳥取県家奥産、福島県郡山産および石川県輪島産である。これらを基準の曲線と比較すると兵庫県産で類似することが明らかである。

圧縮強さは、S/C0% の鳥取県家奥産、福島県郡山産、京都府産、滋賀県東近江産および兵庫県産で 0.439～0.560、1.089～1.224、1.004～1.264、2.196～2.442 および 2.429～2.626 N/mm² を得る。同様に 85% で 0.374～0.449、0.866～0.973、0.275～0.837、1.550～1.664 および 1.691～1.940 N/mm² となる。それぞれの平均は 0.514、1.160、1.158、2.319、2.517 および 0.421、0.906、0.655、1.620、1.764 N/mm² を示す。また、供試体が S/C0% のみの福岡県飯原産および石川県輪島産は 0.982～1.065 および 0.857～0.936 N/mm² を得る。それぞれの平均は 1.025 および 0.916 N/mm² を示す。これらから、S/C85% よりも 0% が大きくなることが認められる。また、最大および最小強度を示すのは兵庫県産の 0% および鳥取県家奥産の 85% である。

強度と密度の関係は、S/C85% で密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向が認められるが、0% は認められない。参考までに両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$\text{S/C} \quad 0\% : y = 0.3374x + 0.9222 \quad (r = 0.095 \quad n = 7)$$

$$85\% : y = 3.8023x - 4.3717 \quad (r = 0.692 \quad n = 5)$$

ここに、 y : 圧縮強さ(N/mm²) x : 密度(g/cm³)

式から明らかなように、S/C0 および 85% で一次式の傾きおよび相関係数が異なることが明らかである。両者の相関係数はそれぞれ、 $r = 0.095$ および 0.692 を示し、0% は関係が認められないが、85% は高いことから関係していることが確認される。

最大強度でのひずみは、S/C0% の鳥取県家奥産、福島県郡山産、京都府産、滋賀県東近江産および兵庫県産で 0.012～0.021、0.080～0.090、0.019～0.026、0.045～0.060 および 0.040～0.058 を得る。同様に 85% で 0.012～0.021、0.056～0.070、0.019～0.026、0.038～0.045 および 0.021～0.030 となる。また、福岡県飯原産および石川県輪島産は 0.010～0.020 および 0.029～0.039 を得る。これらから、ひずみは S/C0% よりも 85% で小さくなることが認められる。また、京都府産および鳥取県家奥産で S/C0 および 85% のひずみが一致することも確認された。

d) 全用途用土

各ひずみ線図から明らかなように、曲線は S/C に関わらず強度が高いものほど立ち上がりが急で、低いものほど緩慢であることが明らかである。

圧縮強さは、S/C0%の原土、荒壁土および中塗土で 1.175～1.259、0.572～3.154 および 1.025～2.517 N/mm²を得る。同様に 85%で 0.781～0.956、0.425～2.295 および 0.426～1.764N/mm²となる。それぞれの平均は 1.231、1.682、1.449 および 0.865、1.162、1.073 N/mm²を示す。また、最大および最小値は荒壁土の 0%および原土の 85%であることが明らかである。これらから S/C85%よりも 0%で強度が大きくなることが明らかで、前者は後者の 7 割程度の強度になることも確認される。

密度と強度の関係は、用途用土の種類に関わりなく S/C85%で密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向があるが、0%ではほとんど認められない。また、原土の 85%は密度が大きくなるに従い強度が低下する傾向も確認される。参考までに、両者の関係を一次式と看做し、各用途用土および S/C 別で以下に示す。

原 土	S/C	0% :	$y = 0.0363x + 1.1852$	($r=0.113$ $n=3$)
		85% :	$y = -1.6399x + 3.1826$	($r=0.956$ $n=3$)
荒壁土	S/C	0% :	$y = 2.4883x - 1.578$	($r=0.256$ $n=6$)
		85% :	$y = 4.7591x - 5.842$	($r=0.782$ $n=6$)
中塗土	S/C	0% :	$y = 0.3374x + 0.9222$	($r=0.095$ $n=7$)
		85% :	$y = 3.8023x - 4.3717$	($r=0.692$ $n=5$)

ここに、 y : 圧縮強さ(N/mm²) x : 密度(g/cm³)

式からも明らかなように、一部例外もあるが各用途用土の S/C85%で一次式の傾きおよび相関係数が類似する傾向が見られるのに対し、0%はばらつきが認められる。また、一次式の傾きがマイナスを示したのは原土の 85%のみである。

最大強度でのひずみは、各用途用土で大きなばらつきは認められない。

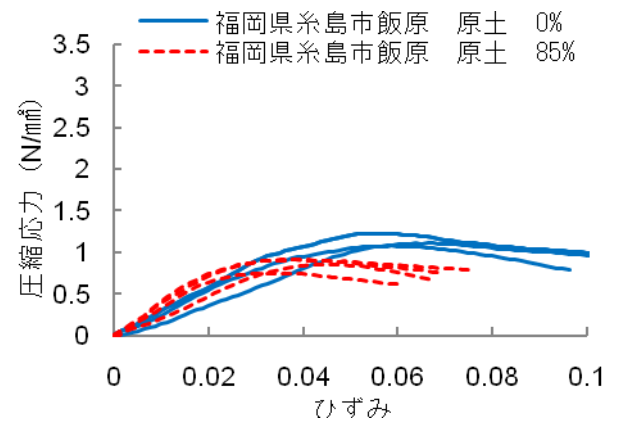
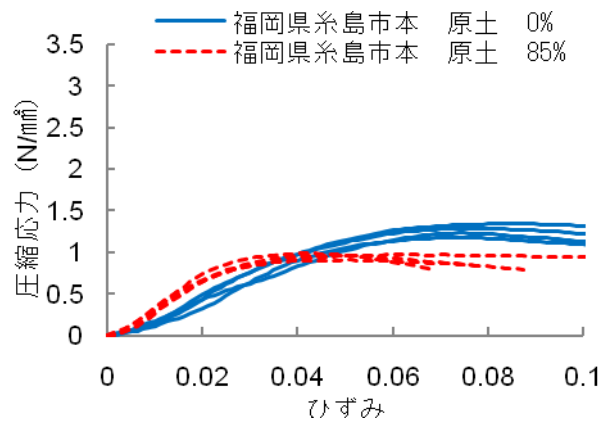
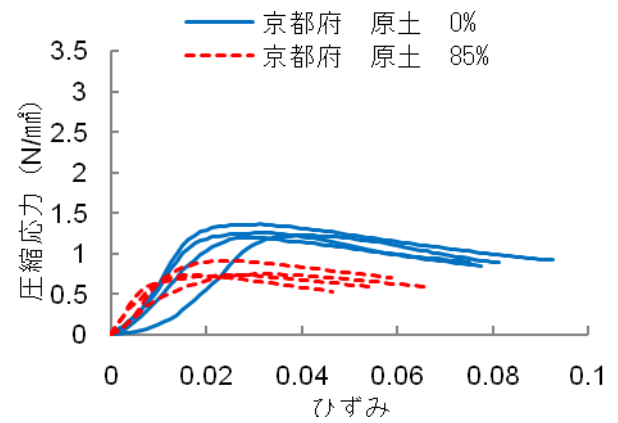
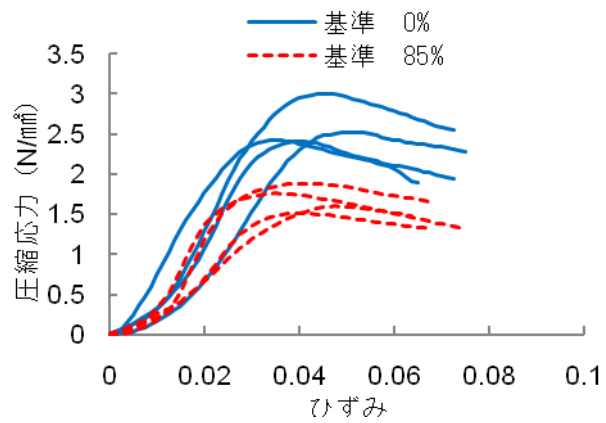


図 4. 4. 2-51 圧縮応力—ひずみ曲線 (原土)

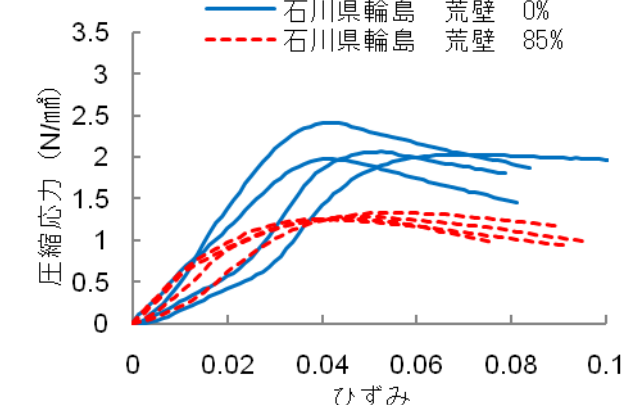
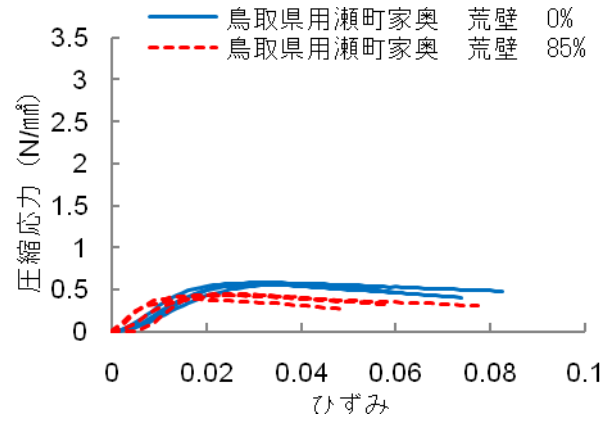
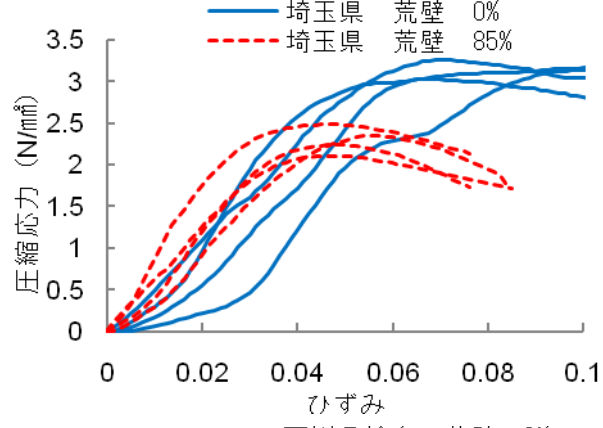
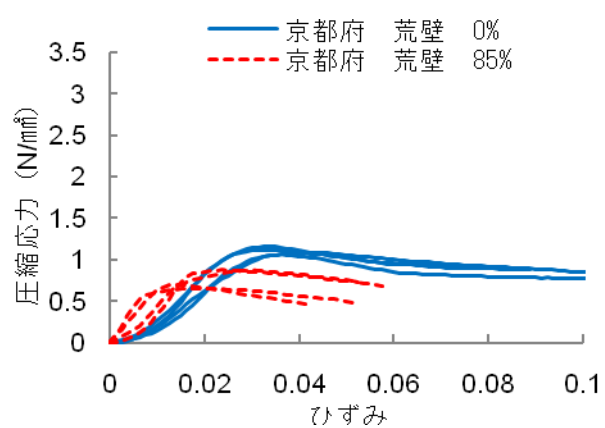
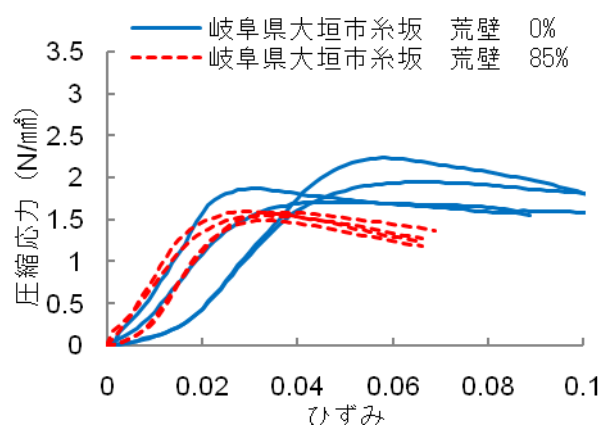
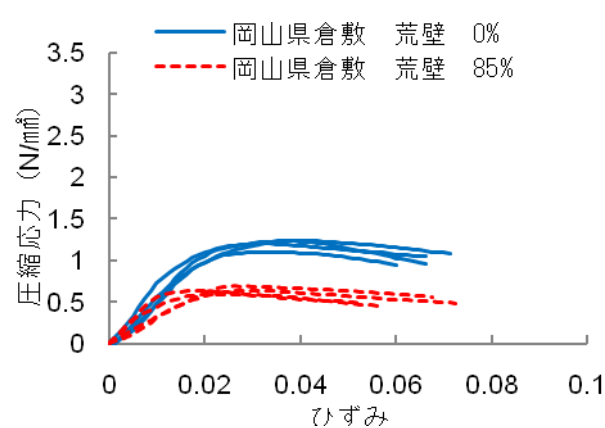
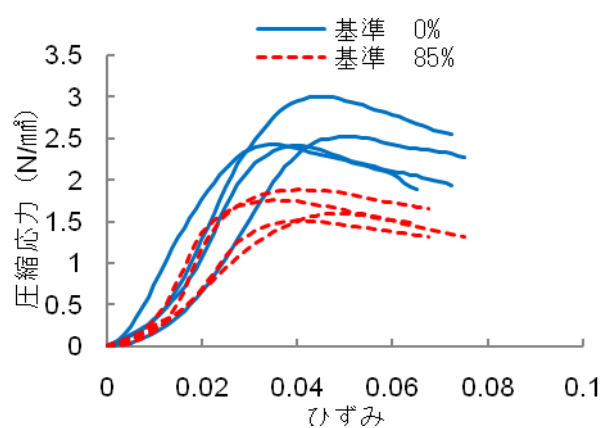


図 4.4.2-52 圧縮応力—ひずみ曲線（荒壁土）

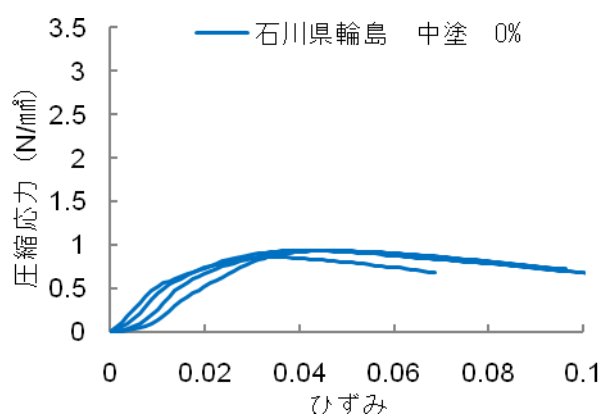
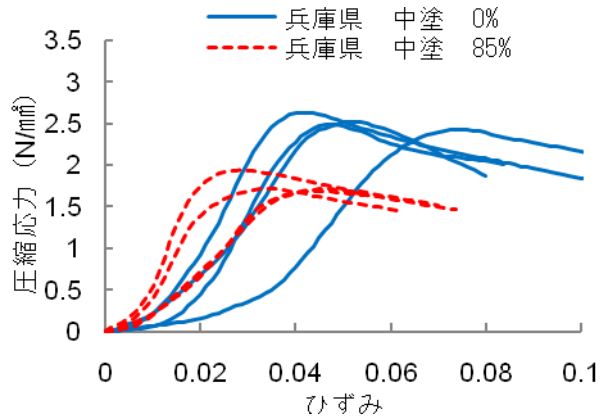
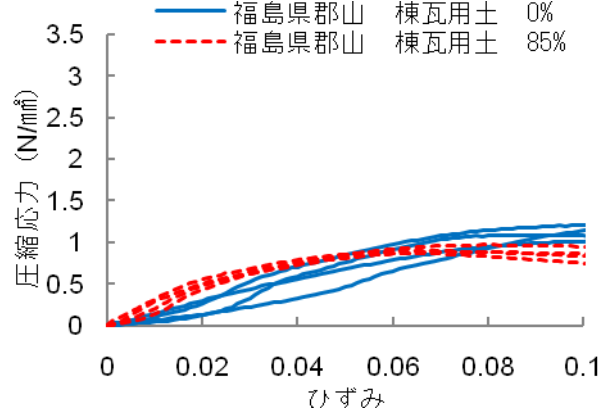
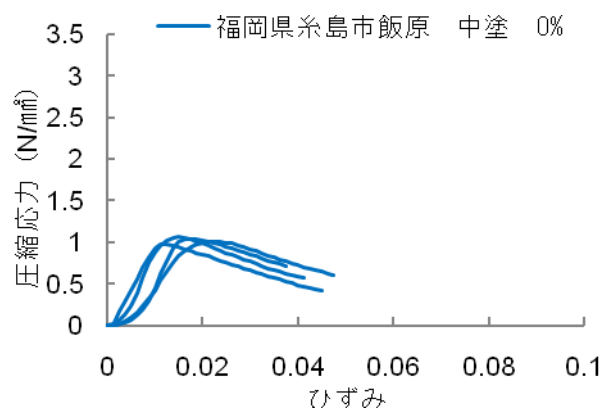
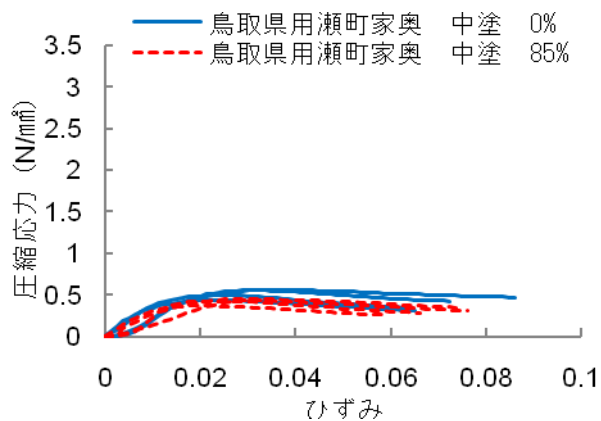
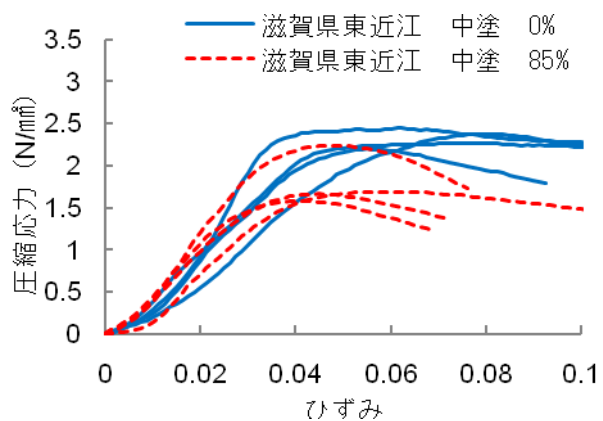
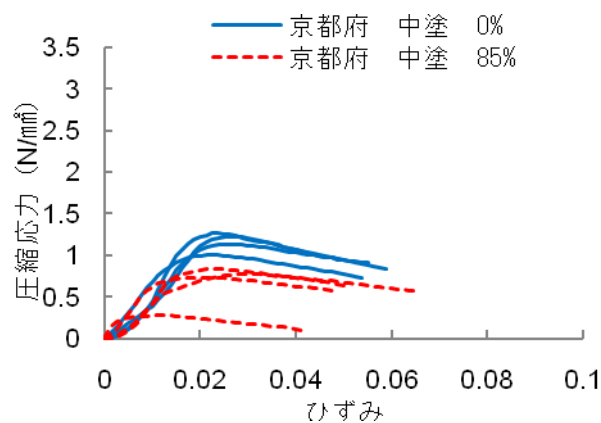
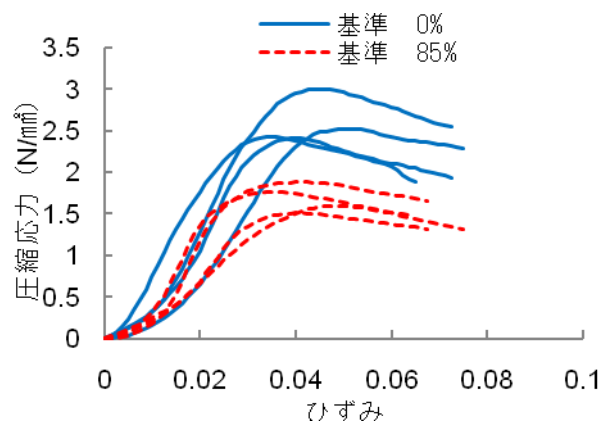
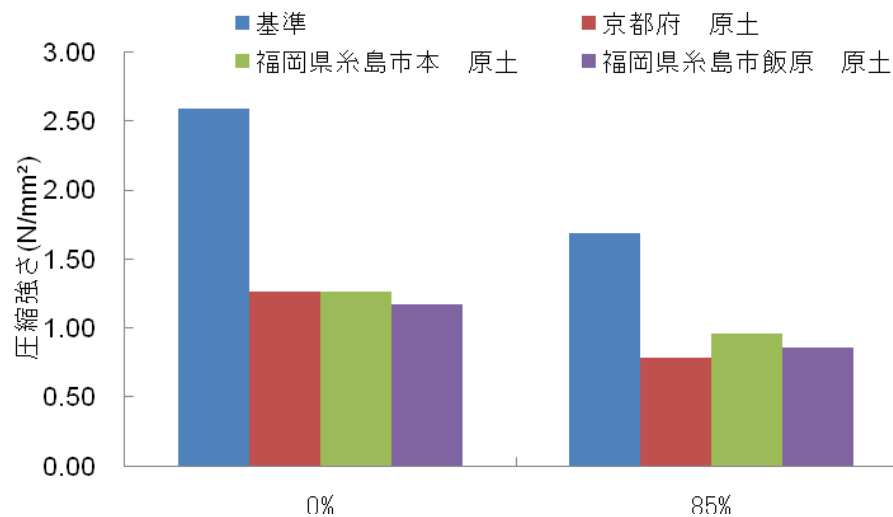
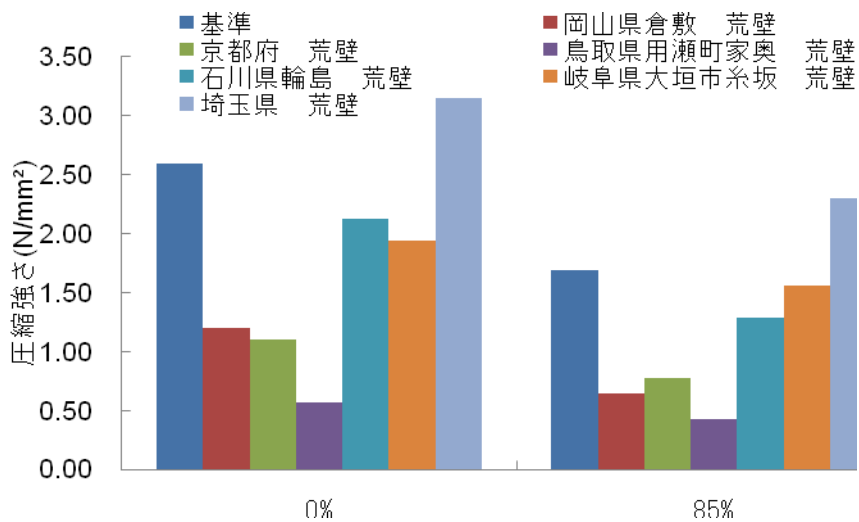


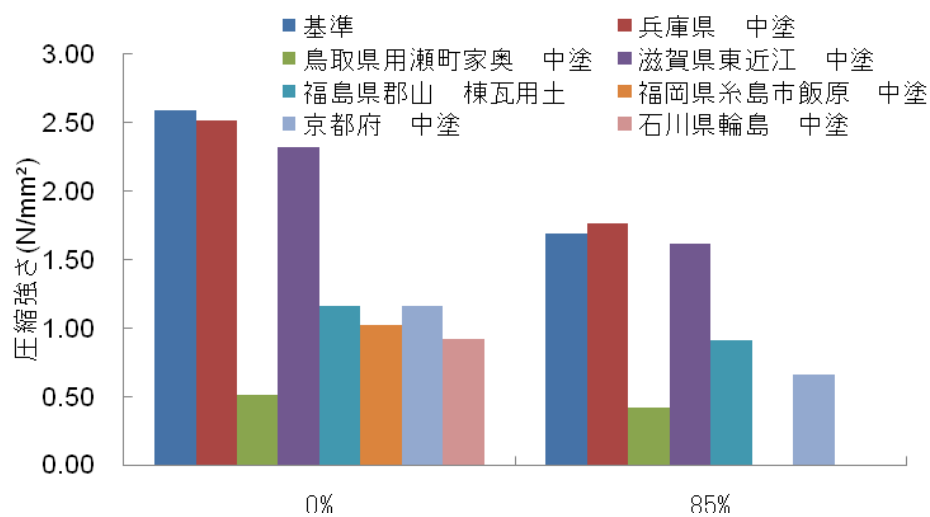
図 4.4.2-53 圧縮応力—ひずみ曲線（中塗土）



原土



荒壁土



中塗土

図 4. 4. 2-54 圧縮強さ

表 4. 4. 2-15 圧縮強さ

産地	用途	圧縮強さ (N/mm ²)	
		S/C 0%	S/C 85%
基準		2. 59	1. 69
京都府	原土	1. 26	0. 78
福岡県糸島市本	原土	1. 26	0. 96
福岡県糸島市飯原	原土	1. 17	0. 86
京都府	荒壁土	1. 11	0. 78
埼玉県	荒壁土	3. 15	2. 30
石川県輪島市	荒壁土	2. 12	1. 28
岐阜県大垣市糸坂町	荒壁土	1. 94	1. 55
岡山県倉敷市	荒壁土	1. 20	0. 64
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	荒壁土	0. 57	0. 43
京都府	中塗土	1. 16	0. 66
滋賀県東近江市	中塗土	2. 32	1. 62
兵庫県	中塗土	2. 52	1. 76
福岡県糸島市飯原	中塗土	1. 02	—
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	中塗土	0. 51	0. 42
石川県輪島市	中塗土	0. 92	—
福島県郡山	棟瓦用土	1. 16	0. 91

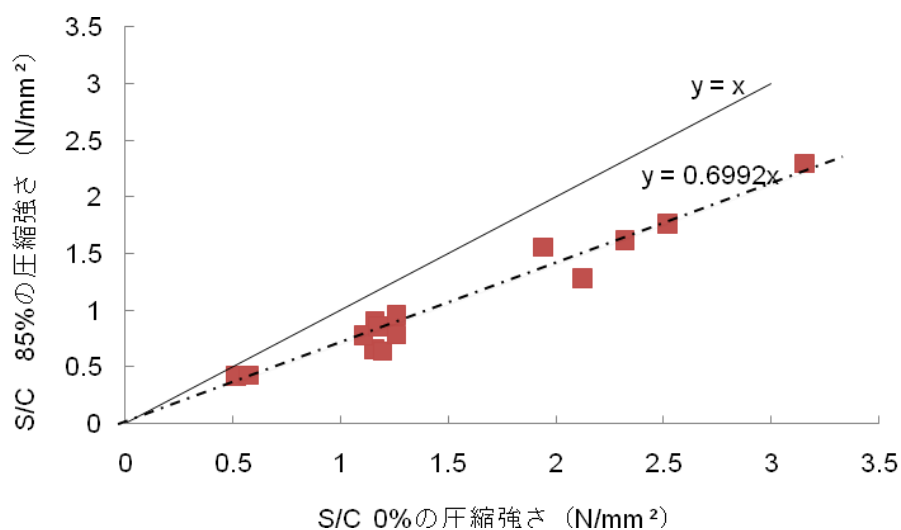


図 4. 4. 2-55 S/C0%と85%の関係

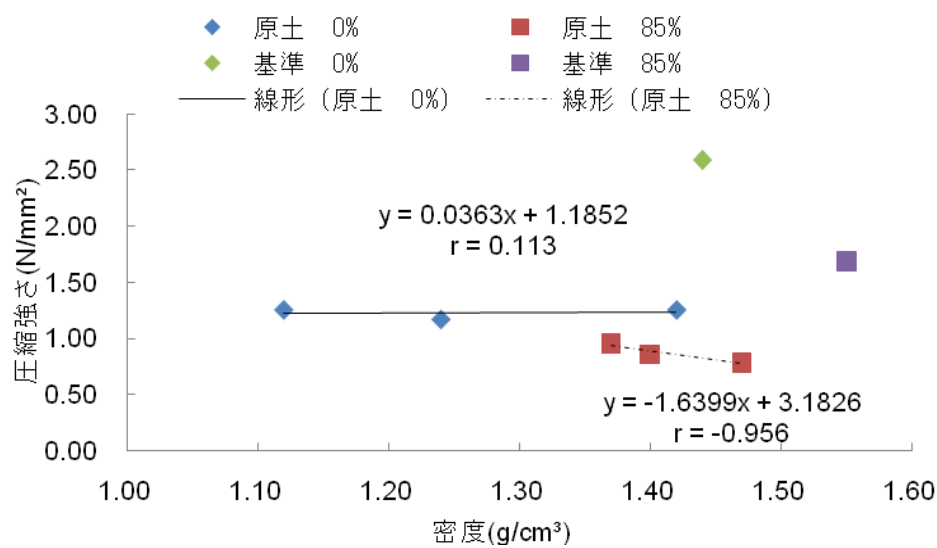


図 4. 4. 2-56 圧縮強さと密度の関係(原土)

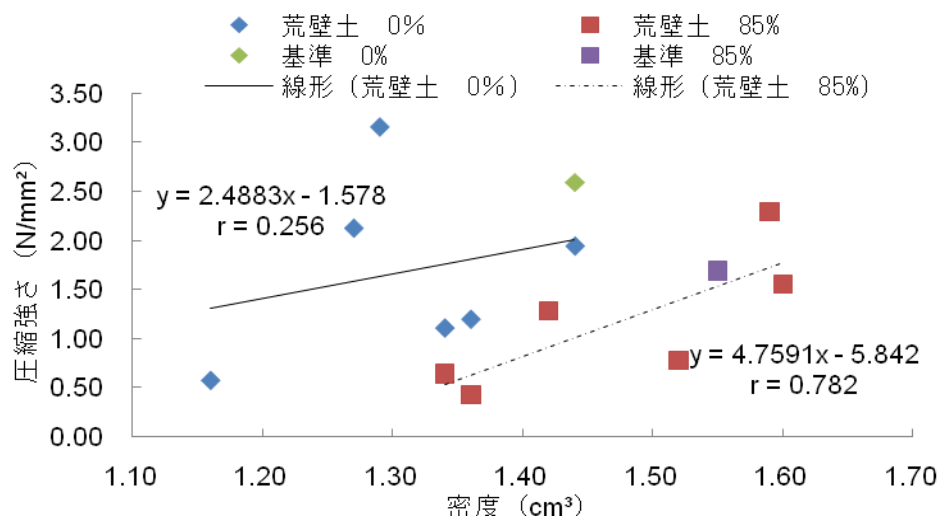


図 4. 4. 2-57 圧縮強さと密度の関係(荒壁土)

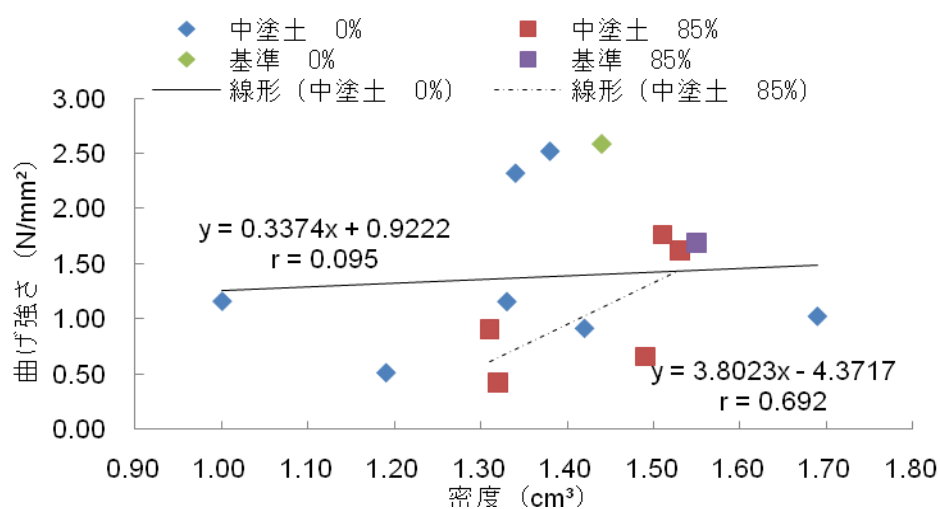


図 4. 4. 2-58 圧縮強さと密度の関係(中塗土)

1 0) せん断強さ

図 4.4.2-59～4.4.2-61 および 4.4.2-64～4.4.2-65 にせん断強度およびせん断強さと密度の関係を示す。また、試料の関係上福岡県本産、福岡県飯原産、岐阜県糸坂産および埼玉県産で供試体は無い。

a) 原土

原土は都合により試料が集まらず、京都府産のみとなったので、ここではデータ提示のみとする。

図 4.4.2-59 に示すひずみ曲線について見ると、S/C0 および 85%の立ち上りで僅かに違いが確認されるものの崩壊後の強度低下は両者とも緩慢になる。これを基準の曲線と比較すると僅かに類似する。

せん断強さは、S/C0 および 85%で 3.457～3.796 および 2.338～2.685N/mm²を得、平均は 3.624 および 2.554N/mm²を示す。これらから S/C85%よりも 0%が大きくなることが認められる。

最大強度でのひずみは、S/C0 および 85%で 1.1～1.5 および 0.5～0.7 を得る。

b) 荒壁土

図 4.4.2-60 に示すひずみ曲線について見ると、S/C0 および 85%で立ち上がりおよび崩壊後の強度低下が類似する試料と異なる試料に分かれる傾向が認められる。前者は京都府産および鳥取県家奥産、後者は石川県輪島産および岡山県倉敷産で確認される。これらを基準の曲線と比較すると埼玉県産および石川県輪島産で類似することが明らかである。

せん断強さは、S/C0%の京都府産、石川県輪島産、岡山県倉敷産および鳥取県家奥産で 2.877～3.212、3.837～4.508、3.001～3.724 および 1.491～1.718 N/mm²を得る。同様に 85%で 2.383～2.535、1.763～2.302、1.290～1.982、および 1.131～1.329N/mm²となる。それぞれの平均は 3.049、4.195、3.350、1.596 および 2.459、2.120、1.639、1.250N/mm²を示す。これらから、S/C85%よりも 0%が大きくなることが認められる。また、最大および最小強度を示すのは石川県輪島産の 0%および鳥取県家奥産の 85%である。

強度と密度の関係は S/C に関わらず、密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向が認められる。参考までに両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$\begin{array}{ll} \text{S/C} & 0\% : y=7.6285x-6.7373 \quad (r=0.637 \quad n=4) \\ & 85\% : y=5.8398x-6.3671 \quad (r=0.888 \quad n=4) \\ \text{ここに、} & y : \text{せん断強さ (N/mm}^2\text{)} \quad x : \text{密度(g/cm}^3\text{)} \end{array}$$

式から明らかなように、S/C0 および 85%で一次式の傾きおよび相関係数が僅かに異なることが認められる。両者の相関係数はそれぞれ、 $r=0.637$ および 0.888 を示し、両者で関係していることが確認される。

最大強度でのひずみは、S/C0%の京都府産、石川県輪島産、岡山県倉敷産および鳥取県家奥産で 0.9～1.3、1.9～2.5、1.5～2.4 および 0.7～1.4 を得る。同様に 85%で 0.6～1.2、1.6～2.3、0.8～1.4、および 0.7～1.4 となる。これらのことから、一部例があるがひずみは地域に関わらず S/C0%より 85%で僅かに小さくなることが明らかである。また、鳥取県家奥産で S/C0 および 85%のひずみが一致することも確認された。

c) 中塗土

図 4.4.2-61 に示すひずみ曲線について見ると、一部例外があるものの S/C0 および 85% で立ち上がりおよび崩壊後の強度低下が類似する傾向が認められる。また、立ち上がりの急になるものと緩慢になる供試体が混在することも明らかである。前者は京都府産、滋賀県東近江産および兵庫県産、後者は鳥取県家奥産および福島県郡山産で確認される。これらを基準の曲線と比較すると僅かに兵庫県産で類似する。

せん断強さは、S/C0%の京都府産、滋賀県東近江産、兵庫県産、鳥取県家奥産および福島県郡山産で 2.628～3.257、3.879～4.810、3.732～4.388、1.293～1.583 および 1.604～2.059 N/mm²を得る。同様に 85%で 2.185～2.464、3.271～3.529、2.793～4.071、1.084～1.332 および 1.554～2.002 N/mm²となる。それぞれの平均は 3.001、4.490、5.127、1.401、1.877 および 2.311、3.412、3.592、1.220、1.775 N/mm²を示す。また、供試体が S/C0%のみの福岡県飯原産および石川県輪島産は 1.886～2.161 および 1.931～2.326 N/mm²を得る。それぞれの平均は 2.020 および 2.171 N/mm²を示す。これらから、S/C85%よりも 0%が大きくなることが認められる。また、最大および最小強度を示すのは兵庫県産の 0%および鳥取県家奥産の 85%である。

強度と密度の関係は、S/C85%で密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向が認められるが、0%は僅かである。参考までに両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$\begin{aligned} \text{S/C} \quad 0\% : & \quad y=1.0928x+1.4098 \quad (r=0.163 \quad n=7) \\ & \quad 85\% : \quad y=8.5069x-9.7199 \quad (r=0.893 \quad n=5) \\ \text{ここに、} y : & \quad \text{せん断強さ (N/mm}^2\text{)} \quad x : \text{密度(g/cm}^3\text{)} \end{aligned}$$

式から明らかなように、S/C0 および 85%で一次式の傾きおよび相関係数が異なることが明らかである。両者の相関係数はそれぞれ、 $r=0.163$ および 0.893 を示し、0%は関係が認められないが、85%は高いことから関係していることが確認される。

最大強度でのひずみは、S/C0%の京都府産、滋賀県東近江産、兵庫県産、鳥取県家奥産および福島県郡山産で 1.5～2.0、3.0～3.5、2.5～3.2、0.7～1.4 および 2.3～2.9 を得る。同様に 85%で 0.8～1.6、1.5～2.3、1.4～1.7、0.6～1.3 および 0.9～1.6 となる。また、供試体が S/C0%のみの福岡県飯原産および石川県輪島産は 0.9～1.4 および 1.3～1.9 を得る。これらから、ひずみは S/C0%よりも 85%で小さくなることが認められる。また、鳥取県家奥産で S/C0 および 85%のひずみがほとんど一致することも確認された。

d) 全用途用土

各ひずみ線図から明らかなように、荒壁土では立ち上がりが急な試料が多いのに対し、中塗土では緩慢なものが多いこと認められる。

せん断強さは、S/C0%の荒壁土および中塗土で 3.044～4.195 および 1.401～5.127 N/mm²を得る。同様に 85%で 1.250～2.459 および 1.220～3.592N/mm²となる。それぞれの平均は 3.046、2.870 および 1.867、2.462 N/mm²を示す。これらから S/C85%よりも 0%で強度が大きくなることが明らかである。また、最大および最小値はどちらも荒壁土であることが認められ、中塗土では S/C に関わらず大略 2.6 N/mm²前後で類似する。

密度と強度の関係は、用途用土の種類に関わりなく S/C85%で密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向が認められるが、0%では荒壁土のみに見られる。参考までに、両者の関係を一次式と看做し、各用途用土および S/C 別で以下に示す。

荒壁土	S/C	0% :	$y=7.6285x-6.7373$	($r=0.637$ $n=4$)
		85% :	$y=5.8398x-6.3671$	($r=0.888$ $n=4$)
中塗土	S/C	0% :	$y=1.0928x+1.4098$	($r=0.163$ $n=7$)
		85% :	$y=8.5069x-9.7199$	($r=0.893$ $n=5$)
ここに、 y : せん断強さ (N/mm ²) x : 密度(g/cm ³)				

式からも明らかなように、各用途用土の S/C に関わらず一次式の傾きは、散らばりが認められるが、相関係数は S/C85%で類似する傾向が確認される。また、中塗土の 0%のみが小さくなることも認められる。

最大強度でのひずみは、各用途用土でばらつきが認められる。

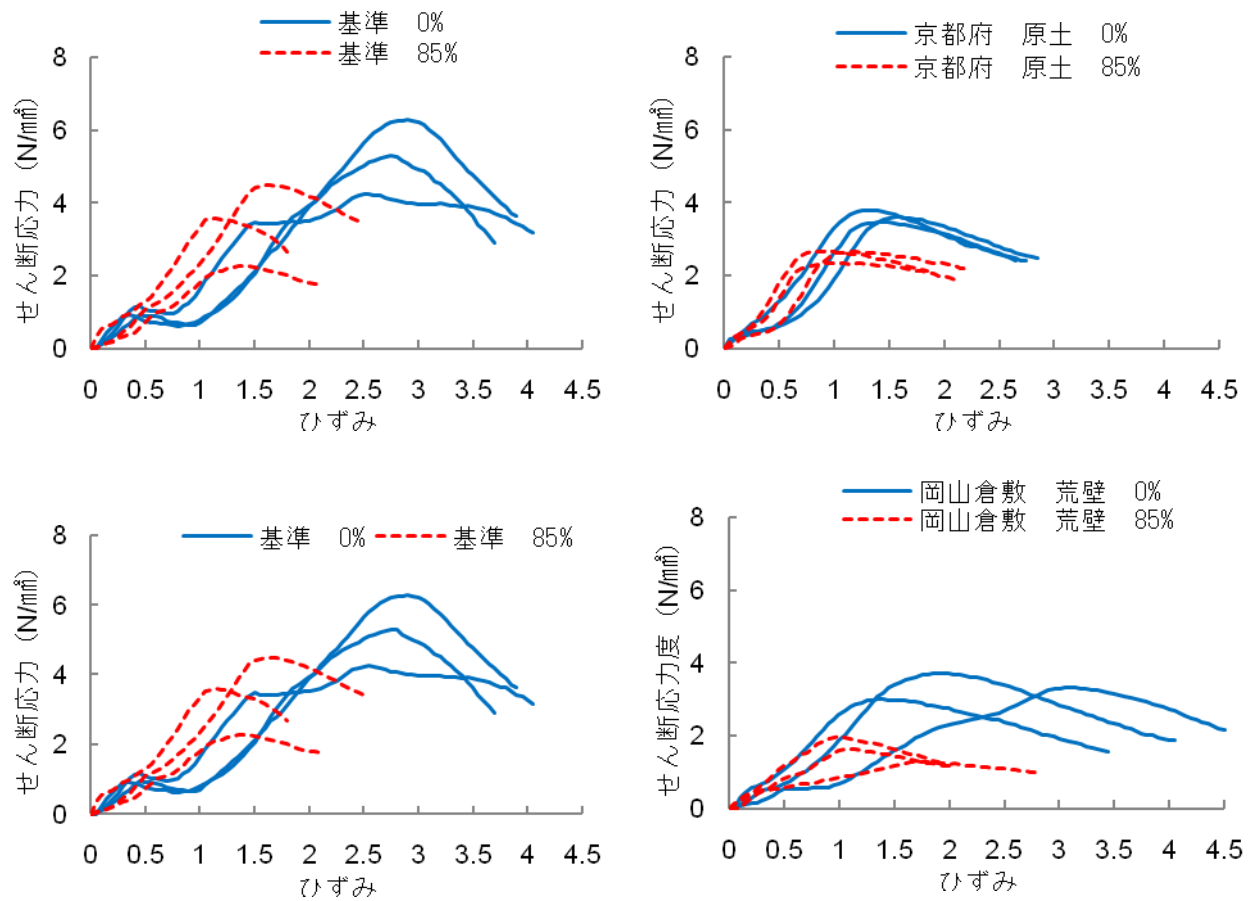


図 4. 4. 2-59 せん断応力度—ひずみ曲線 (原土)

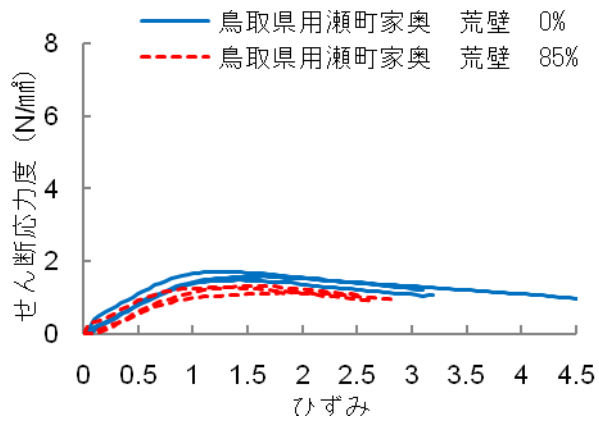
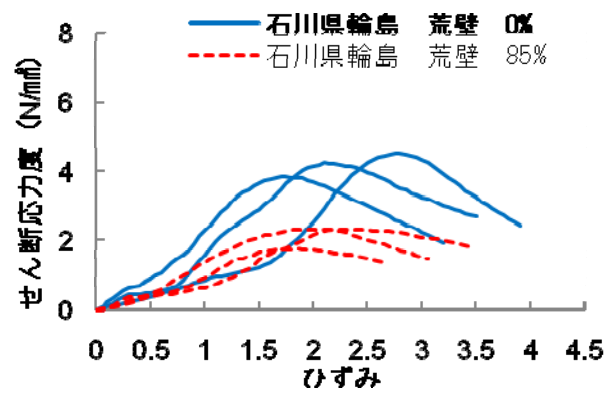
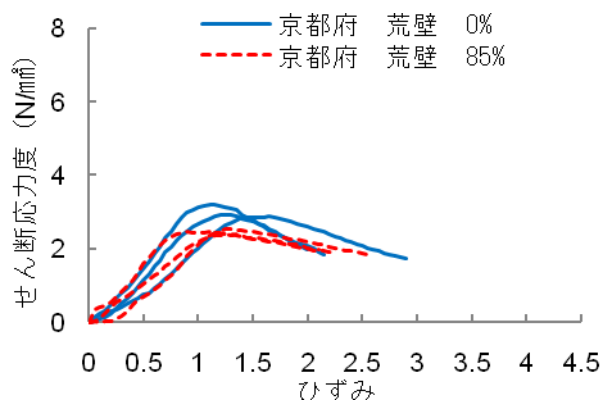


図 4.4.2-60 せん断応力度—ひずみ曲線 (荒壁土)

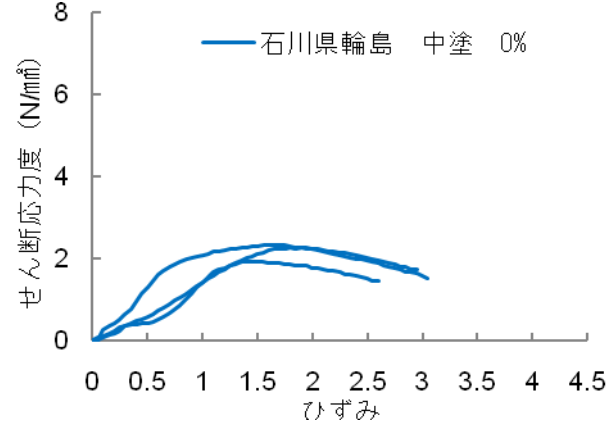
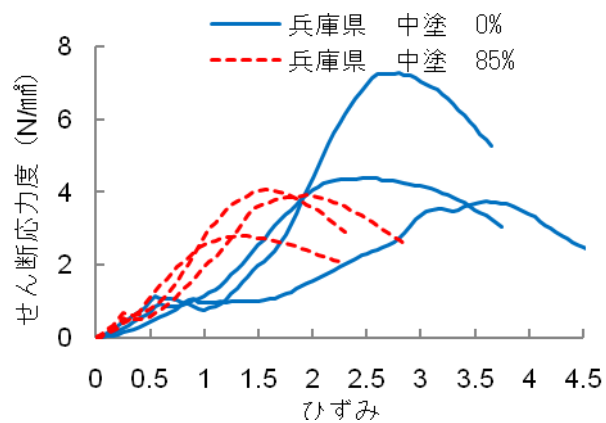
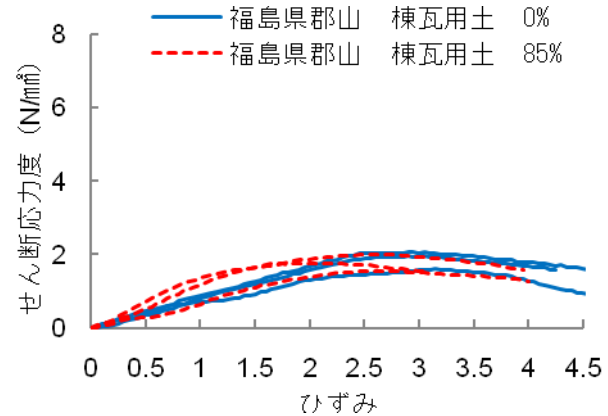
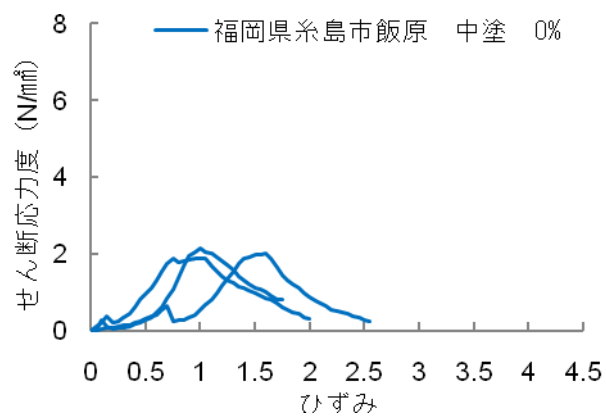
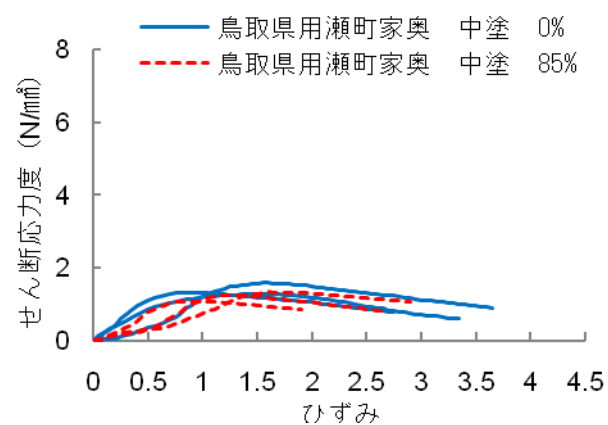
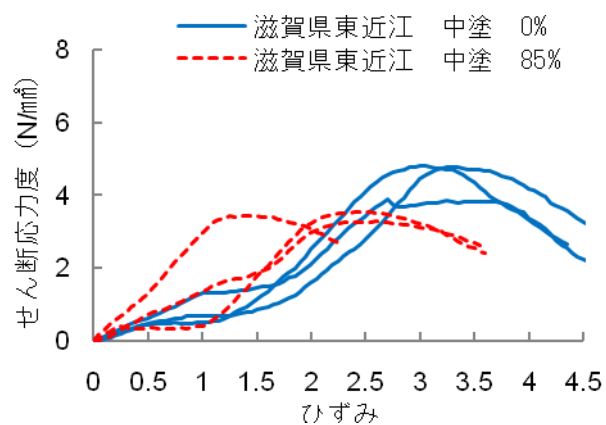
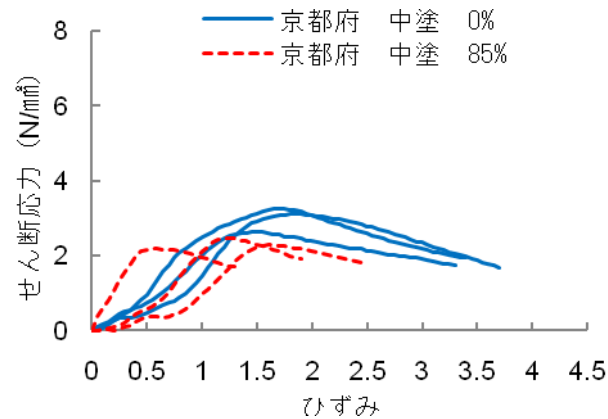
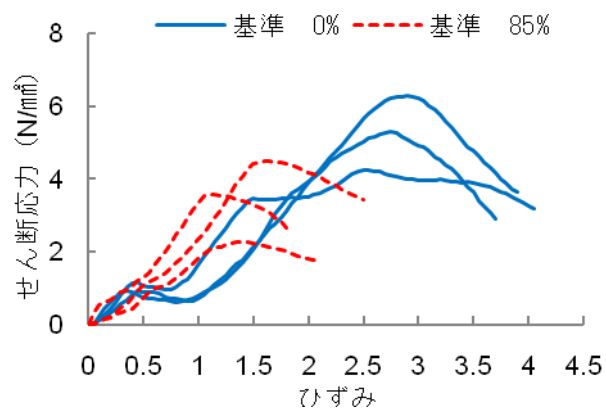


図 4.4.2-61 せん断応力—ひずみ曲線 (中塗土)

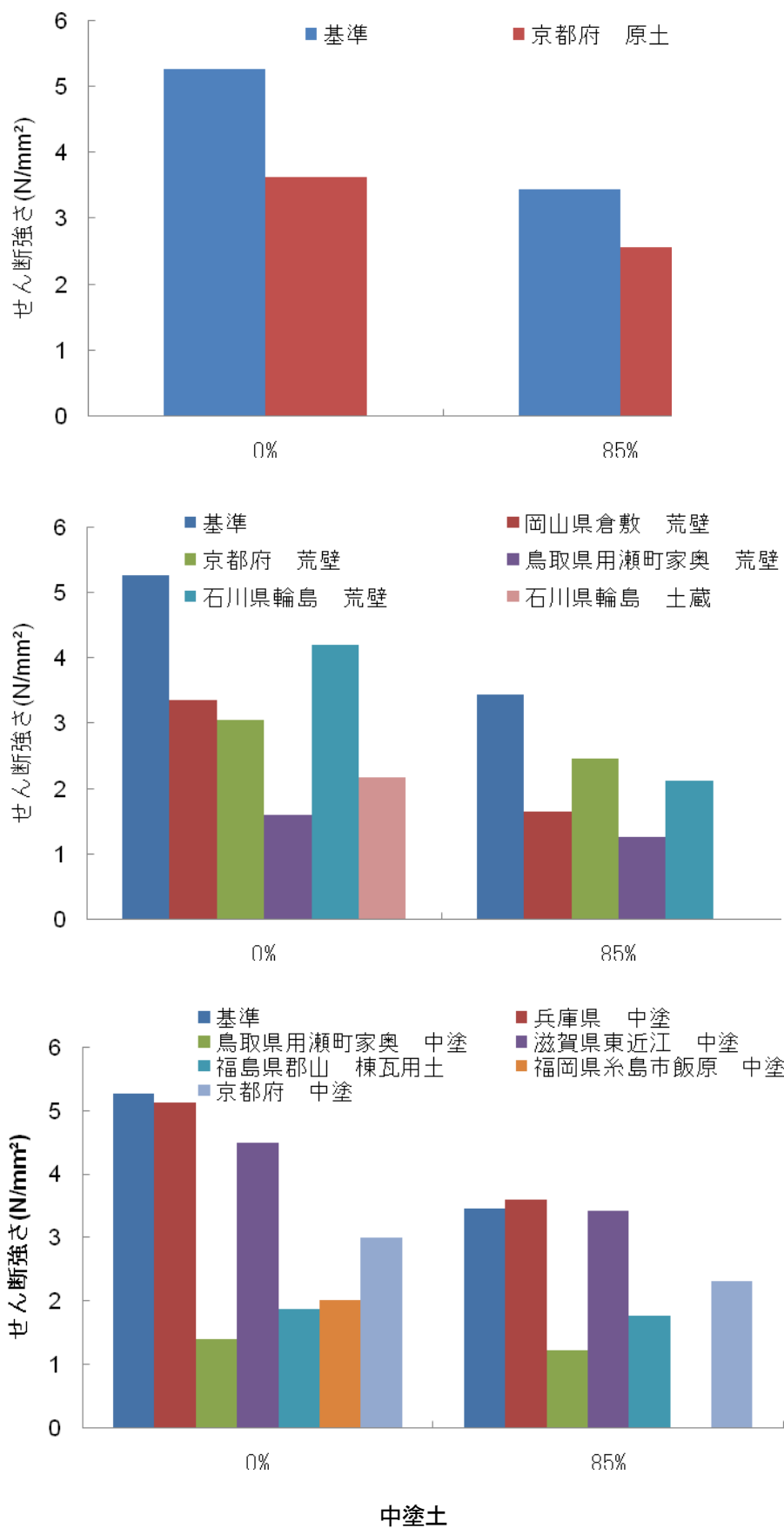


図 4. 4. 2-62 せん断強さ

表 4. 4. 2-16 せん断強さ

産地	用途	せん断強さ (N/mm ²)	
		S/C 0%	S/C 85%
基準		5. 265	3. 447
京都府	原土	3. 624	2. 554
福岡県糸島市本	原土	—	—
福岡県糸島市飯原	原土	—	—
京都府	荒壁土	3. 044	2. 459
埼玉県	荒壁土	—	—
石川県輪島市	荒壁土	4. 195	2. 12
岐阜県大垣市糸坂町	荒壁土	—	—
岡山県倉敷市	荒壁土	3. 35	1. 639
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	荒壁土	1. 596	1. 25
京都府	中塗土	3. 001	2. 311
滋賀県東近江市	中塗土	4. 49	3. 412
兵庫県	中塗土	5. 127	3. 592
福岡県糸島市飯原	中塗土	2. 02	—
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	中塗土	1. 401	1. 22
石川県輪島市	中塗土	2. 171	—
福島県郡山	棟瓦用土	1. 877	1. 775

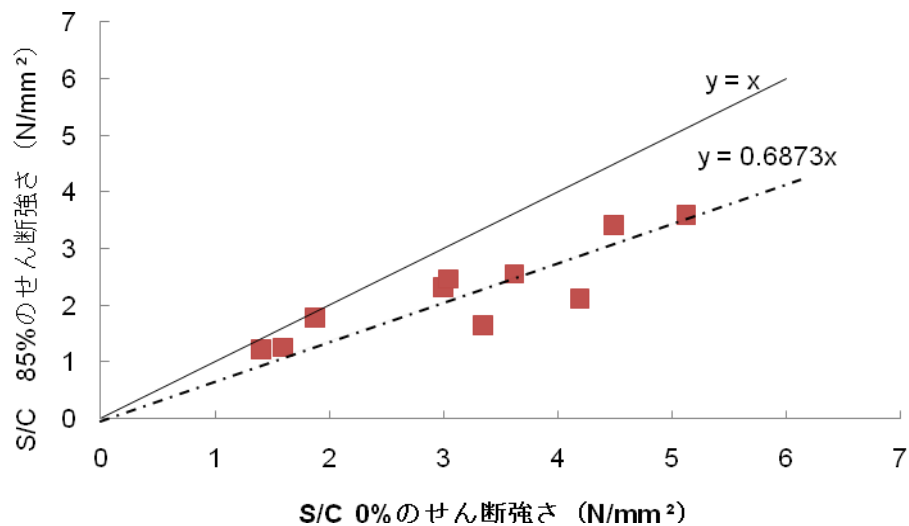


図 4. 4. 2-63 S/C0%と85%の関係

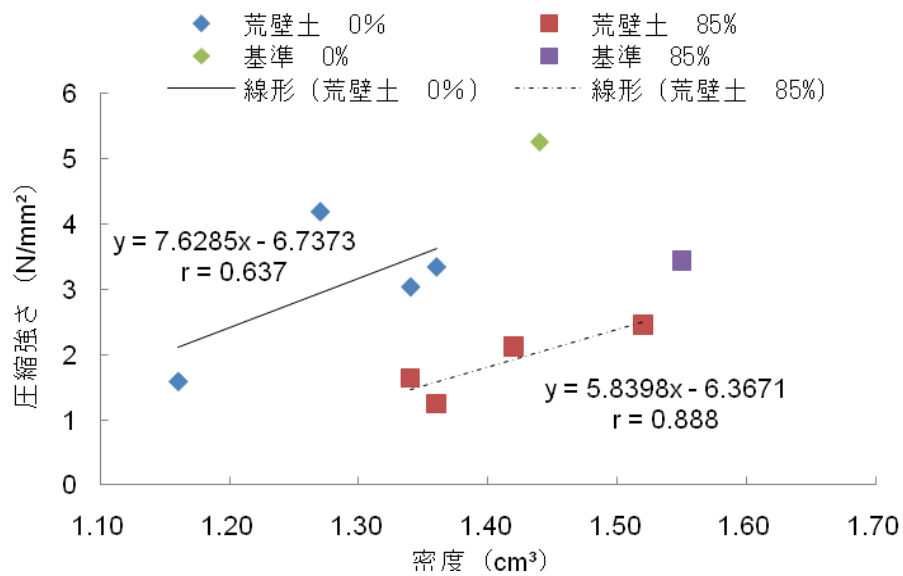


図 4. 4. 2-64 セン断強さと密度の関係 (荒壁土)

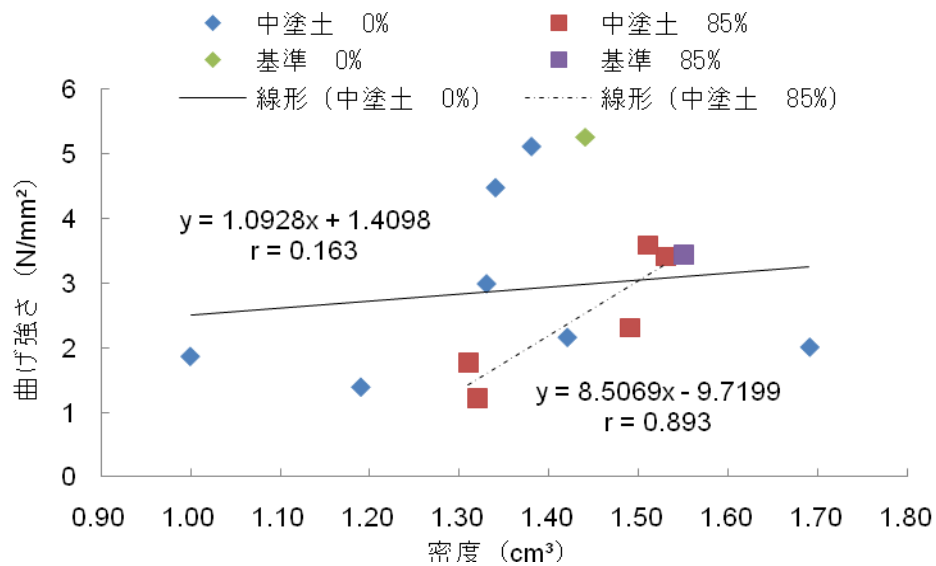


図 4. 4. 2-65 セン断強さと密度の関係 (中塗土)

1 1) 引張強さ

図 4.4.2-66～4.4.2-68 および 4.4.2-71～4.4.2-73 に引張強度および引張強さと密度の関係を示す。

a) 原土

図 4.4.2-66 に示すひずみ曲線について見ると、S/C0 および 85%に関わらず、最大値まで急激に増加し、その後緩慢に減少する試料と急激に減少する試料が確認される。前者は後者に比べ僅かではあるが強度の増加が緩やかになることも認められ、前者は京都府産、後者は福岡県本産である。また、京都府産は S/C に関わらずたわみ曲線が類似することも認められる。これらを基準の曲線と比較すると京都府産で類似することも明らかである。

引張強さは、S/C0%の京都産、福岡県本産および福岡県飯原産で 0.172～0.290、0.127～0.141 および 0.157～0.239 N/mm²を得る。同様に 85%で 0.211～0.234、0.127～0.158 および 0.163～0.188 N/mm²となる。それぞれの平均は 0.233、0.133、0.201 および 0.223、0.141、0.179 N/mm²を示す。これらから、一部例外があるものの S/C85%よりも 0%が大きくなることが認められ、最大および最小強度を示すのは京都府産の 0%および福岡県本産の 0%である。さらに、京都産は S/C に関わらず大略 0.23 N/mm²前後を示すことも確認された。

強度と密度の関係は、S/C に関わらず密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向が認められる。参考までに両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$\begin{array}{ll} \text{S/C} & 0\% : y=0.3211x-0.2155 \quad (r=0.949 \quad n=3) \\ & 85\% : y=0.7861x-0.9300 \quad (r=0.983 \quad n=3) \\ \text{ここに、} y : & \text{引張強さ (N/mm}^2\text{)} \quad x : \text{密度(g/cm}^3\text{)} \end{array}$$

式から明らかなように、S/C0 および 85%で一次式の傾きは異なるものの、相関係数で類似することが認められる。両者の相関係数はそれぞれ、 $r=0.949$ および 0.983 を示すことから密接に関係していることが明らかである。

最大強度でのたわみは、S/C0%の京都産、福岡県本産および福岡県飯原産で 0.18～0.30、0.28～0.35 および 0.30～0.40 を得る。同様に 85%で 0.29～0.37、0.18～0.20 および 0.18～0.20 となる。これらのことから、一部例があるがひずみは地域に関わらず S/C0%より 85%で小さくなることが明らかである。また、ひずみは試料ごとでばらつきが見られる。

b) 荒壁土

図 4.4.2-67 に示すひずみ曲線について見ると、一部例外もあるが、S/C85%で立ち上がり急であるのに対し、0%は僅かに緩慢であることが認められる。また、崩壊後の強度低下は一部例外があるものの S/C に関わらず急激であることが確認される。また、石川県輪島産は S/C に関わらずたわみ曲線が類似することも認められる。これらを基準の曲線と比較すると僅かだが石川県輪島産、岡山県倉敷産および京都府産で類似することが明らかである。

引張強さは、S/C0%の京都府産、埼玉県産、石川県輪島産、岐阜県糸坂産、岡山県倉敷産および鳥取県家奥産で 0.178～0.206、0.221～0.223、0.165～0.312、0.166～0.250、0.184～0.239 および 0.074～0.101 N/mm²を得る。同様に 85%で 0.174～0.234、0.398～0.420、0.227～0.253、0.290～0.296、0.171～0.204 および 0.037～0.089 N/mm²となる。それぞれの平均は 0.192、0.227、0.220、0.208、0.215、0.084 および 0.205、0.409、0.239、0.239、0.292、0.067 N/mm²を示す。これらから、一部例外があるものの S/C0%よりも 85%が大きくなることが認められ、最大および最小強度を示すのは埼玉県産の 85%および鳥取県家奥産の 85%である。

強度と密度の関係は、S/C に関わらず密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向が認められる。参考までに両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$\begin{array}{ll} \text{S/C} & 0\% : y=0.3931x-0.3239 \quad (r=0.692 \quad n=6) \\ & 85\% : y=0.7842x-0.9208 \quad (r=0.787 \quad n=6) \\ \text{ここに、} y : & \text{引張強さ (N/mm}^2\text{)} \quad x : \text{密度(g/cm}^3\text{)} \end{array}$$

式から明らかなように、S/C0 および 85%で一次式の傾きは異なるものの、相関係数で類似することが認められる。両者の相関係数は $r=0.692$ および 0.787 を示すことから関係していることが明らかである。

最大強度でのひずみは、S/C0%の京都府産、埼玉県産、石川県輪島産、岐阜県糸坂産、岡山県倉敷産および鳥取県家奥産で 0.19～0.20、0.28～0.40、0.19～0.22、0.30～0.38、0.20～0.24 および 0.08～0.10 を得る。同様に 85%で 0.19～0.41、0.28～0.30、0.19～0.22、0.21～0.30、0.31～0.40 および 0.15～0.21 となる。これらのことから、一部例があるがひずみは地域に関わらず S/C85%より 0%で僅かに小さくなることが明らかである。また、石川県輪島産で S/C0 および 85%のひずみが一致することも確認された。

c) 中塗土

図 4.4.2-68 に示すひずみ曲線について見ると、S/C0 および 85%に関わらず、最大値まで急激に増加し、その後緩慢に減少する試料と急激に減少する試料が確認される。前者は後者に比べ僅かではあるが強度の増加が緩やかになることも認められ、前者は鳥取県家奥産、福島県郡山産および石川県輪島産、後者は滋賀県東近江産および兵庫県産である。これらを基準の曲線と比較すると京都府産、滋賀県東近江産および兵庫県産で類似することも明らかである。

引張強さは、S/C0%の京都府産、滋賀県東近江産、兵庫県産、鳥取県家奥産および福島県郡山産で 0.165～0.231、0.140～0.25、0.147～0.296、0.073～0.097 および 0.136～0.156 N/mm²を得る。同様に 85%で 0.144～0.236 7、0.133～0.285、0.250～0.343、0.097～0.100 および 0.081～0.100 N/mm²となる。それぞれの平均は 0.189、0.216、0.215、0.087、0.146 および 0.189、0.223、0.292、0.099、0.092 N/mm²を示す。また、供試体が S/C0%のみの福岡県飯原産および石川県輪島産は 0.184～0.232 および 0.111～0.120 N/mm²を得る。それぞれの平均は 0.208 および 0.117 N/mm²を示す。これらから、一部例外があるものの S/C0%よりも 85%が大きくなることが認められる。また、最大および最小強度を示すのは兵庫県産の 85%および鳥取県家奥産の 0%である。

強度と密度の関係は、S/C に関わらず密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向が認められるが、0%では僅かである。参考までに両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$\begin{array}{ll} \text{S/C} & 0\% : y=0.1163x+0.0130 \quad (r=0.473 \quad n=7) \\ & 85\% : y=0.7160x-0.8463 \quad (r=0.910 \quad n=7) \\ \text{ここに、} y : & \text{引張強さ (N/mm}^2\text{)} \quad x : \text{密度(g/cm}^3\text{)} \end{array}$$

式から明らかなように、S/C0 および 85%で一次式の傾きおよび相関係数が異なることが明らかである。両者の相関係数はそれぞれ、 $r=0.473$ および 0.910 を示し、0%は僅かに関係しているが、85%は密接に関係していることが確認される。

最大強度でのひずみは、S/C0%の京都府産、滋賀県東近江産、兵庫県産、鳥取県家奥産および福島県郡山産で 0.14～0.24、0.19～0.29、0.38～0.39、0.19～0.28 および 0.28～0.30 を得る。同様に 85%で 0.21～0.30、0.19～0.29、0.19～0.31、0.20～0.30 および 0.12～0.15 となる。また、供試体が S/C0%のみの福岡県飯原産および石川県輪島産は 0.45～0.60 および 0.18～0.25 を得るこれらのことから、一部例があるがひずみは地域に関わらず S/C0%より 85%で僅かに小さくなることが認められる。また、滋賀県東近江産で S/C0 および 85%のひずみが一致することも確認された。

d) 全用途用土

各ひずみ曲線から明らかなように、各用途用土で最大強度まで急激に増加し、その後緩慢に減少する試料と急激に減少する試料が確認される。また、S/C85%で立ち上がり之急であるのに対し、0%は僅かに緩慢になる試料もあることが明らかである。前者のような傾向は原土および中塗土で認められるが、後者は荒壁土で多く見られる。

引張強さは、S/C0%の原土、荒壁土および中塗土で 0.133~0.233、0.084~0.227 および 0.087~0.216 N/mm²を得る。同様に 85%で 0.141~0.223、0.067~0.409 および 0.092~0.292N/mm²となる。それぞれの平均は 0.189、0.191、0.168 および 0.181、0.233、0.179 N/mm²を示す。また、最大および最小値は荒壁土の 85%および中塗土の 0%であることが明らかである。これらから僅かに S/C0%よりも 85%で強度が大きくなることが認められる。また、中塗土では S/C に関わらず大略 0.18N/mm²前後で類似する。

密度と強度の関係は、用途用土の種類および S/C に関わりなく密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向が認められるが、中塗土の 0%では僅かである。参考までに、両者の関係を一次式と看做し、各用途用土および S/C 別で以下に示す。

原 土	S/C	0% :	$y=0.3211x-0.2155$	($r=0.949$ $n=3$)
		85% :	$y=0.7861x-0.9300$	($r=0.983$ $n=3$)
荒壁土	S/C	0% :	$y=0.3931x-0.3239$	($r=0.692$ $n=6$)
		85% :	$y=0.7842x-0.9208$	($r=0.787$ $n=6$)
中塗土	S/C	0% :	$y=0.1163x+0.0130$	($r=0.473$ $n=7$)
		85% :	$y=0.7160x-0.8463$	($r=0.910$ $n=5$)
ここに、 y : 引張強さ (N/mm ²) x : 密度(g/cm ³)				

式からも明らかなように、各用途用土の S/C0 および 85%で一次式の傾きおよび相関係数が類似する傾向が見られるが、中塗土の 0%で異なる。

最大強度でのたわみは、各用途用土でばらつきが見られ、特に原土および荒壁土で多く確認される。

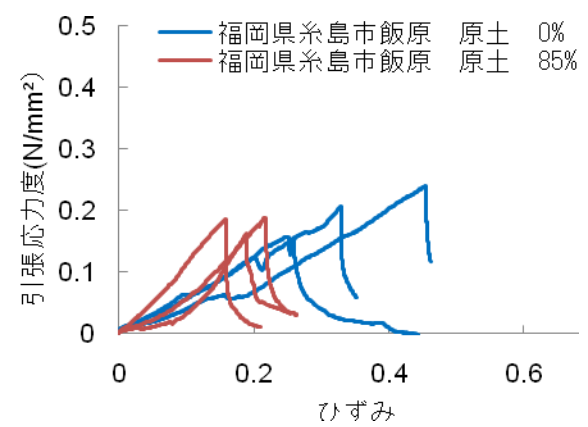
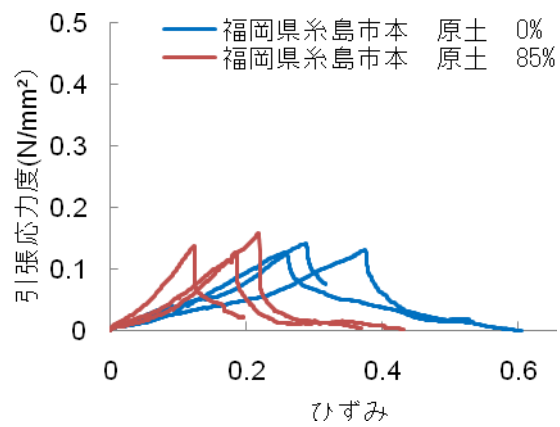
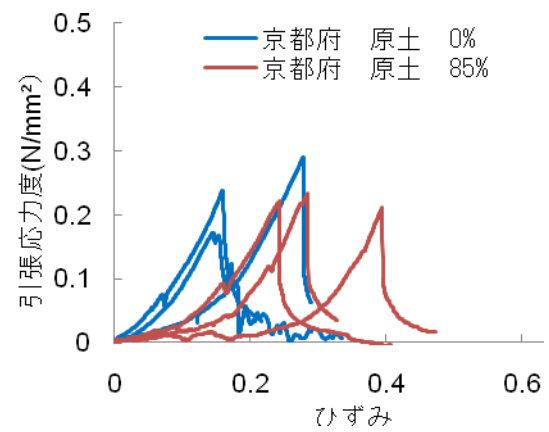
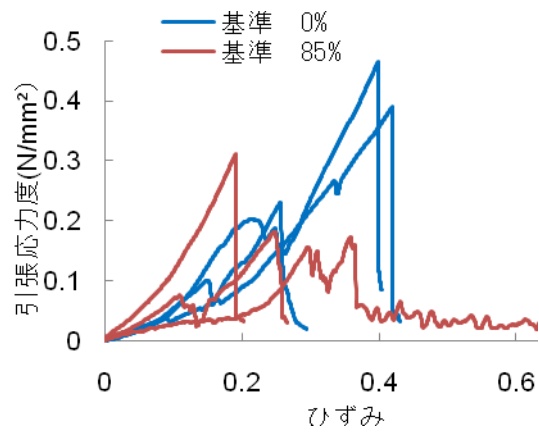


図 4. 4. 2-66 引張応力度—ひずみ曲線 (原土)

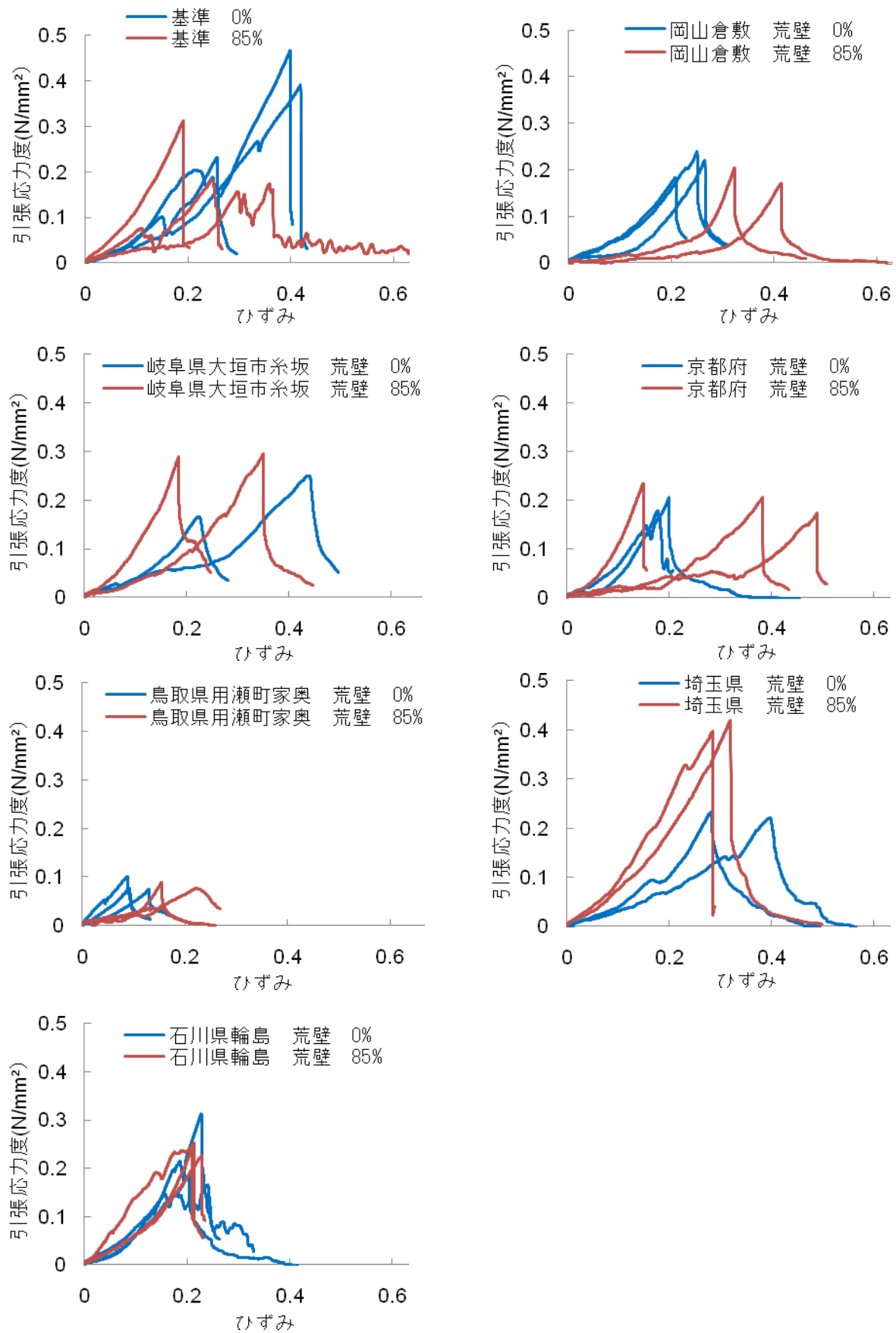


図 4.4.2-67 引張応力度—ひずみ曲線（荒壁土）

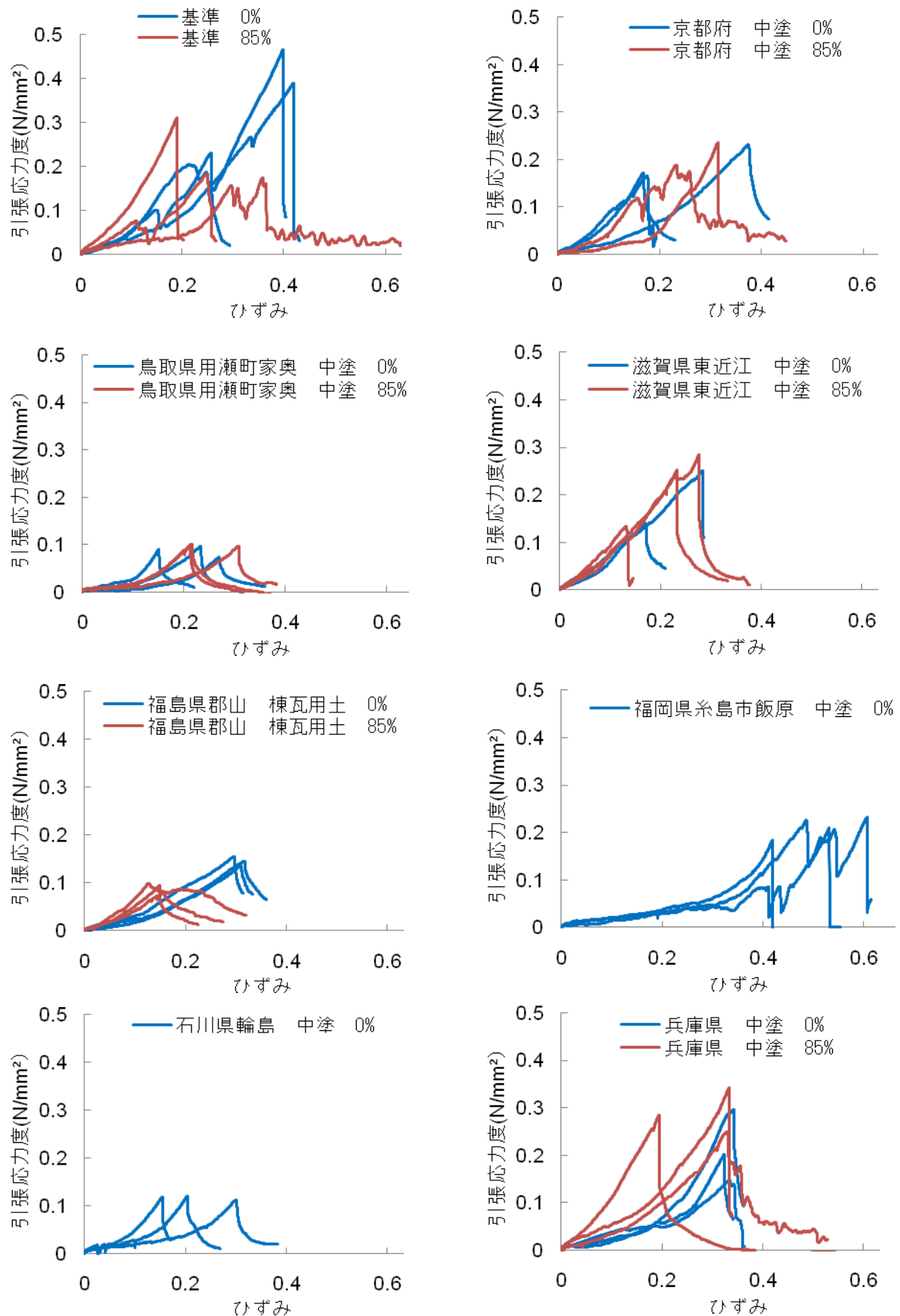
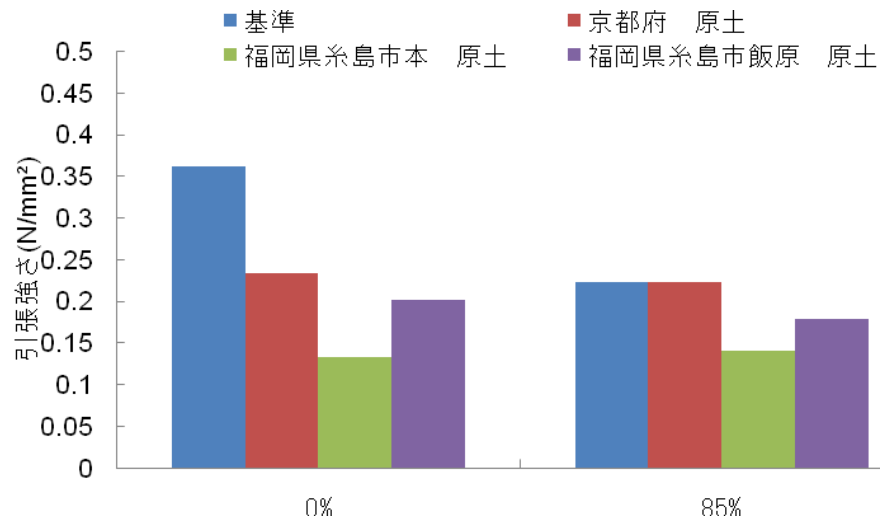
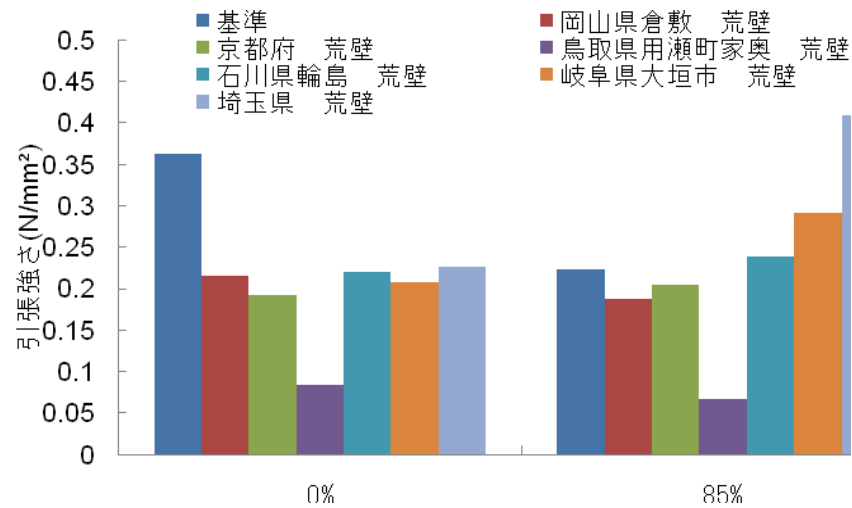


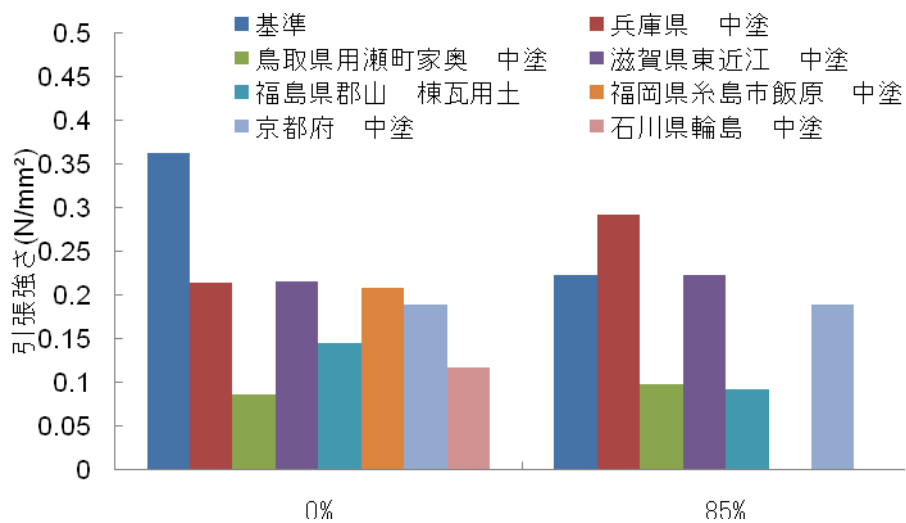
図 4.4.2-68 引張応力度—ひずみ曲線 (中塗土)



原土



荒壁土



中塗土

図 4. 4. 2-69 引張強さ表

表 4. 4. 2-17 引張強さ

産地	用途	引張強さ (N/mm ²)	
		S/C 0%	S/C 85%
基準		0.362	0.223
京都府	原土	0.233	0.223
福岡県糸島市本	原土	0.133	0.141
福岡県糸島市飯原	原土	0.201	0.179
京都府	荒壁土	0.192	0.205
埼玉県	荒壁土	0.227	0.409
石川県輪島市	荒壁土	0.22	0.239
岐阜県大垣市系坂町	荒壁土	0.208	0.292
岡山県倉敷市	荒壁土	0.215	0.188
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	荒壁土	0.084	0.067
京都府	中塗土	0.189	0.189
滋賀県東近江市	中塗土	0.216	0.223
兵庫県	中塗土	0.215	0.292
福岡県糸島市飯原	中塗土	0.208	—
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	中塗土	0.087	0.099
石川県輪島市	中塗土	0.117	—
福島県郡山	棟瓦用土	0.146	0.092

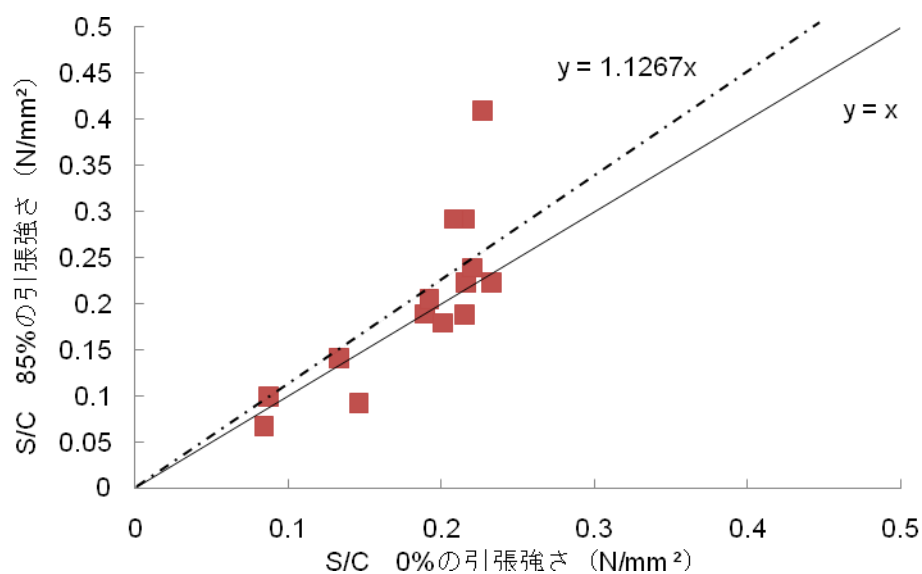


図 4. 4. 2-70 S/C0%と85%の関係

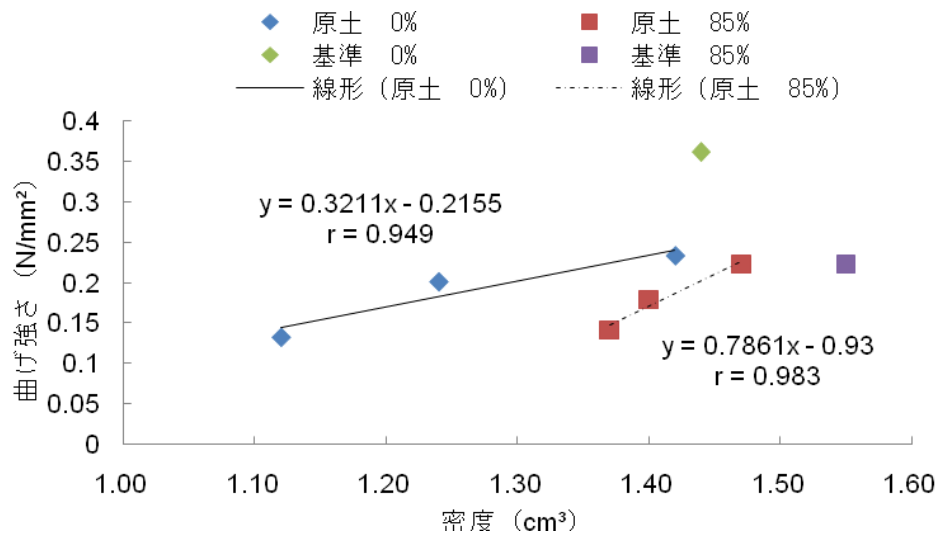


図 4.4.2-71 引張強さと密度の関係 (原土)

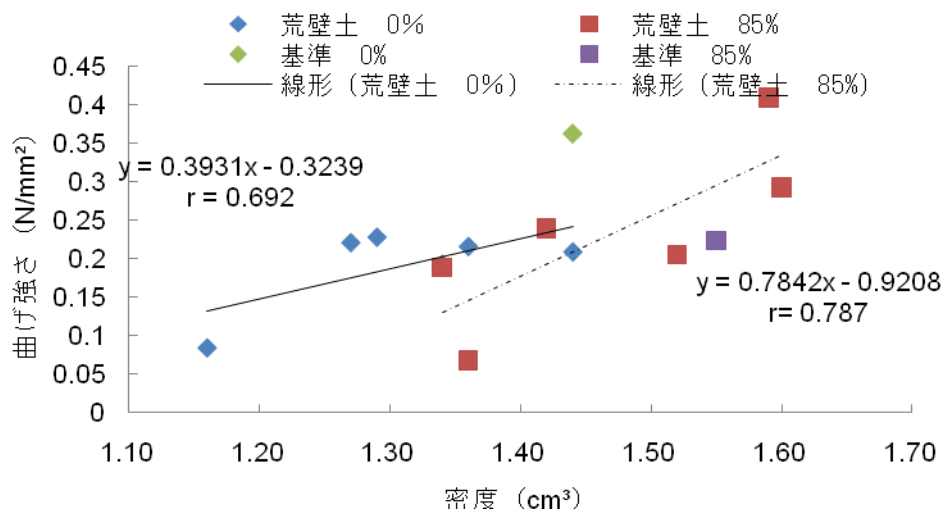


図 4.4.2-72 引張強さと密度の関係 (荒壁土)

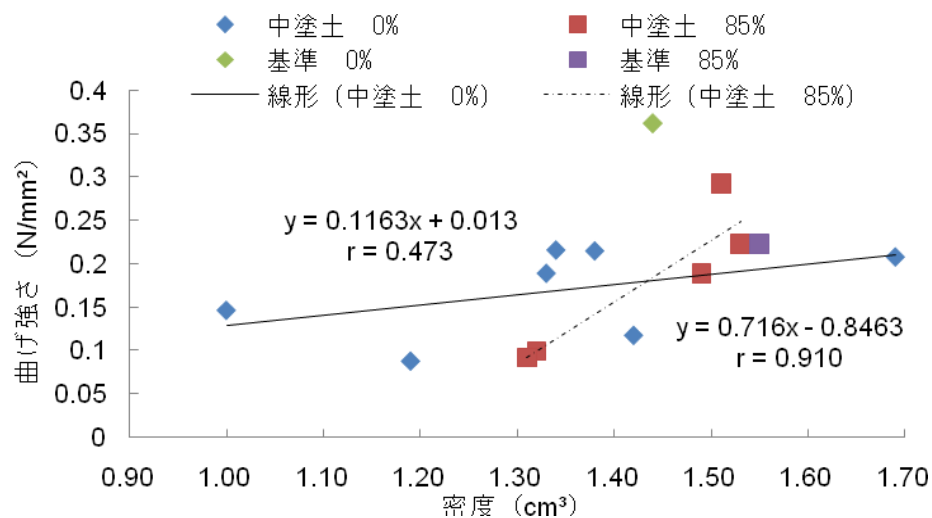


図 4.4.2-73 引張強さと密度の関係 (中塗土)

表 4. 4. 2-18 各地域の強度

産地	用途	曲げ強さ (N/mm ²)		圧縮強さ (N/mm ²)		せん断強さ (N/mm ²)		引張強さ (N/mm ²)	
		S/C 0%	S/C 85%	S/C 0%	S/C 85%	S/C 0%	S/C 85%	S/C 0%	S/C 85%
基準		1.196	0.595	2.590	1.688	5.265	3.447	0.362	0.223
京都府	原土	0.442	0.460	1.259	0.781	3.624	2.554	0.233	0.223
福岡県糸島市本	原土	0.417	0.322	1.259	0.956	—	—	0.133	0.141
福岡県糸島市飯原	原土	0.592	0.304	1.175	0.858	—	—	0.201	0.179
京都府	荒壁土	0.448	0.427	1.105	0.775	3.044	2.459	0.192	0.205
埼玉県	荒壁土	0.754	0.506	3.154	2.295	—	—	0.227	0.409
石川県輪島市	荒壁土	0.590	0.279	2.123	1.282	4.195	2.12	0.220	0.239
岐阜県大垣市糸坂町	荒壁土	0.513	0.624	1.941	1.554	—	—	0.208	0.292
岡山県倉敷市	荒壁土	0.467	0.335	1.195	0.639	3.35	1.639	0.215	0.188
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	荒壁土	0.215	0.113	0.572	0.425	1.596	1.250	0.084	0.067
京都府	中塗土	0.670	0.291	1.158	0.655	3.001	2.311	0.189	0.189
滋賀県東近江市	中塗土	0.605	0.578	2.319	1.620	4.490	3.412	0.216	0.223
兵庫県	中塗土	0.895	0.454	2.517	1.764	5.127	3.592	0.215	0.292
福岡県糸島市飯原	中塗土	0.327	—	1.025	—	2.020	—	0.208	—
鳥取県鳥取市用瀬町家奥	中塗土	0.197	0.206	0.514	0.421	1.401	1.220	0.087	0.099
石川県輪島市	中塗土	0.346	—	0.916	—	2.171	—	0.117	—
福島県郡山	棟瓦用土	0.261	0.138	1.160	0.906	1.877	1.775	0.146	0.092

(5) まとめ

地域産土の粒度特性および材料特性は以下の通りである。

1) SALD 試験

原土、荒壁土および中塗土でそれぞれ粒径頻度の分布に違いがある。また、分布形状は原土および荒壁土で類似するのに対し、中塗土では異なり、基準と比較すると原土および荒壁土の曲線が類似する。

粒径加積曲線の傾きは原土および荒壁土で同様な傾向が見られるが、中塗土は異なる。また、粒径加積曲線の分布は原土で $75\mu\text{m}$ ラインより左側によるが、中塗土は中央および右側に表れる。荒壁土は前者と後者の両方の存在が認められ、平均粒径の範囲は原土、荒壁土および中塗土の中で、荒壁土が最も広い。

密度 ($\phi 20 \times 40\text{mm}$ で求めた) は、原土、荒壁土および中塗土で大きな違いが認められず 1.6g/cm^3 前後を示す。

平均粒径と密度の関係は、粒径が大きくなるに従い小さくなる傾向が認められる。参考までに、両者の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y = -0.477x + 1.7691 \quad (r = -0.497 \quad n = 15)$$

ここに、 y : 密度(g/cm^3) x : 平均粒径 (mm)

2) 土質試験 (JIS)

粒径加積曲線は原土および荒壁土で同様な傾向が見られるが、中塗土では僅かに異なる。また、土の分類では、粘性土質砂、砂質シルト、砂質粘土、砂まじりシルトおよび粘土で、粘性土質砂が多く、平均粒径の範囲は原土、荒壁土および中塗土の中で、荒壁土が最も広い。

密度 (JISA 1202 で求めたも) は原土、荒壁土および中塗土で大きな違いが認められない。

平均粒径と密度の関係は、僅かではあるが粒径が大きくなるに従い小さくなる傾向が見られ、両者の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y = -0.1655x + 2.6832 \quad (r = -0.86 \quad n = 12)$$

ここに、 y : 密度(g/cm^3) x : 平均粒径 (mm)

液性限界は原土、荒壁土および中塗土で大きな違いが認められないが、各用途の土で値が大きいものが存在する。

平均粒径と液性限界の関係は、粒径が大きくなるに従い限界値が小さくなる傾向が見られ、両者の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y = -85.502x + 59.888 \quad (r = -0.569 \quad n = 12)$$

ここに、 y : 液性限界 (%) x : 平均粒径 (mm)

塑性限界は原土、荒壁土および中塗土で差異はあるが、原土の値が最も小さいことが確認される。

平均粒径と塑性限界の関係は、粒径が大きくなるに従い限界値が小さくなる傾向が見られ、両者の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y = -33.3570x + 31.0230 \quad (r = -0.445 \quad n = 12)$$

ここに、 y : 塑性限界 (%) x : 平均粒径 (mm)

塑性指数は原土、荒壁土および中塗土で荒壁土の値が最も小さいことが確認されたが、大きな違いは認められない。

密度と液性限界の関係は、密度が大きくなるに従い限界値が高くなる傾向が見られ、両者の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y=397.83x-1010.1 \quad (r=0.527 \quad n=12)$$

ここに、 y : 液性限界 (%) x : 密度 (g/cm^3)

密度と塑性限界の関係は、密度が大きくなるに従い限界値が高くなる傾向が見られ、両者の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y=125.67x-307.82 \quad (r=0.322 \quad n=12)$$

ここに、 y : 塑性限界 (%) x : 密度 (g/cm^3)

以上のことから、壁土用の原土は土質試験のいくつかを利用することで粒径頻度、平均粒径、液性限界および塑性限界を求められる。また、原土の特徴を把握することもでき、土質特性が一次式で評価できることを提示した。

3) SALD と JIS の比較

粒径加積曲線はSALDおよびJISで異なる。また、JISは粒径が $1.5\mu\text{m}$ までしか測定できないのに対し、SALDは $0.1\mu\text{m}$ 程度まで測定できる。

SALDおよびJISで粒径加積曲線が異なったのは、測定範囲と測定方法が大気中および水中の相違と考える。また、両者の積算値と粒径加積曲線は平行することも明らかである。

密度はSALDよりもJISで大きくなることが明らかで、その値はSALDで 1.700g/cm^3 、JISで 2.661g/cm^3 を得、その差異は大略 1g/cm^3 前後である。また、SALDとJISの密度の関係は、後者で前者の大略1.6倍の値を得る。

以上のことから、SALDを用いた粒度実験ではJISと似た値が得られることから、簡易的な実験として利用できることが明らかである。

4) 圧縮試験 ($\phi 20 \times 40\text{mm}$)

a) 原土

ひずみ線図は、全ての試料で立ち上がりおよび最大強度後の低下が緩慢である。また、京都府産でひずみ線図のばらつきが多く見られる。

圧縮強さはほとんど違いが見られなかったが、福岡県飯原産で 0.252N/mm^2 を得ることから、僅かに強い。

密度と強度の関係は、僅かではあるが密度が高くなるに従って強度が上昇する傾向が見られ、両者の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y=0.0406x+0.1581 \quad (r=0.154 \quad n=3)$$

ここに、 y : 圧縮強さ (N/mm^2) x : 密度 (g/cm^3)

平均粒径と強度の関係は、粒径が大きくなるに従い強度が低下する傾向が見られ、両者の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y=-0.2404x+0.2389 \quad (r=-0.638 \quad n=3)$$

ここに、 y : 圧縮強さ (N/mm^2) x : 平均粒径 (mm)

最大強度でのひずみ大略 0.020 前後を示し、各試料で大きな違いは認められないが、密度および平均粒径と強度の関係を一次式で評価できることを提示した。

b) 荒壁土

ひずみ線図は、立ち上がりが急、あるいは緩慢な試料もあることが確認される。前者は岐阜県糸坂産、埼玉県産および石川県輪島産で、後者は岡山県倉敷産、京都産および鳥取県家奥産である。

圧縮強さの最大および最小強度を示すのは、埼玉県産 1.25N/mm^2 および鳥取県家奥産 0.08N/mm^2 である。

密度と強度の関係は、密度が高くなるに従って強度が上昇する傾向が見られ、両者の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y=1.4212x+2.0334 \quad (r=0.769 \quad n=6)$$

ここに、 y : 圧縮強さ (N/mm^2) x : 密度 (g/cm^3)

平均粒径と強度の関係は、粒径が大きくなるに従い強度が低下する傾向が見られ、両者の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y=-0.8642x+0.6014 \quad (r=-0.521 \quad n=6)$$

ここに、 y : 圧縮強さ (N/mm^2) x : 平均粒径 (mm)

最大強度でのひずみは、大略 0.020 前後を示し、各試料で大きな違いは認められないが、密度および平均粒径と強度の関係を一次式で評価できることを提示した。

c) 中塗土

ひずみ線図は、立ち上がりが急、あるいは緩慢な試料もあることが確認される。前者は、滋賀県東近江産および兵庫県産で、後者では、京都府産、鳥取県家奥産、福岡県飯原産および福島県郡山産である。

圧縮強さは、大略 0.35 および 0.75N/mm^2 前後に分けられ、最大および最小強度を示すのは滋賀県東近江産 0.76N/mm^2 および鳥取県家奥産 0.11N/mm^2 であることが明らかである。

密度と強度の関係は、密度が高くなるに従って強度が上昇する傾向が見られる。参考までに、密度と強度の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y=1.3379x+1.8598 \quad (r=0.776 \quad n=6)$$

ここに、 y : 圧縮強さ (N/mm^2) x : 密度 (g/cm^3)

平均粒径と強度の関係は、粒径が大きくなるに従い強度が低下する傾向が見られ、両者の関係を一次式と看做し以下に示す。

$$y=-1.2225x+0.5532 \quad (r=-0.664 \quad n=6)$$

ここに、 y : 圧縮強さ (N/mm^2) x : 平均粒径 (mm)

最大強度でのひずみは、大略 0.019 前後を示し、各試料で大きな違いは認められないが、密度および平均粒径と強度の関係を一次式で評価できることを提示した。

d) 全用途用土

ひずみ線図は、強度が高いものほど立ち上がりが急で、崩壊後の低下も速い。また、低いものほど緩慢で崩壊後も粘ることが確認される。また、ひずみ線図は密度が大きく平均粒径が小さいものほど立ち上がりが急で且つ、崩壊後の強度低下が速くなる傾向が認められる。

圧縮強さの最大および最小値は荒壁土 0.46 N/mm²および原土 0.23N/mm²であることが明らかで、両者には強度に大きな差が見られたが、荒壁土と中塗土では大略 0.43N/mm²前後で類似する。

密度と強度の関係は、用途用土の種類に関わりなく密度が高くなるに従って強度が上昇する傾向が見られ、両者の関係を一次式と看做し、各用途用土別で以下に示す。

$$\text{原 土 : } y=0.0406x+0.1581 \quad (r=0.154 \quad n=3)$$

$$\text{荒壁土 : } y=1.4212x+2.0334 \quad (r=0.769 \quad n=6)$$

$$\text{中塗土 : } y=1.3379x+1.8598 \quad (r=0.776 \quad n=6)$$

$$\text{ここに、} y : \text{圧縮強さ (N/mm}^2\text{)} \quad x : \text{密度 (g/cm}^3\text{)}$$

平均粒径と強度の関係は、用途用土の種類に関わりなく粒径が大きくなるに従い強度が低下する傾向が見られ、両者の関係を一次式と看做し、各用途用土別で以下に示す。

$$\text{原 土 : } y=-0.2404x+0.2389 \quad (r=-0.638 \quad n=3)$$

$$\text{荒壁土 : } y=-0.8642x+0.6014 \quad (r=-0.521 \quad n=6)$$

$$\text{中塗土 : } y=-1.2225x+0.5532 \quad (r=-0.664 \quad n=6)$$

$$\text{ここに、} y : \text{圧縮強さ (N/mm}^2\text{)} \quad x : \text{平均粒径 (mm)}$$

最大強度でのひずみは、大略 0.020 前後を示し各用途用土で大きな違いは認められないが、密度および平均粒径と強度の関係を一次式で評価できることを提示した。

以上のことから、各用途用土で圧縮強さに大きな違いは認められないが、密度および平均粒径と強度の関係では差異が確認される。しかし、密度および平均粒径と圧縮強度の関係は一次式が成り立つことから、地域の異なる壁土用原土を評価できることを明らかにした。

5) フロー値

フロー値は S/C に関わらず単位数量が同じでもばらつきが出る事が明らかで、加水したものが目標フロー値に近くなる。

平均粒径とフロー値の関係は、平均粒径が大きくなるに従いフロー値が高くなる傾向が見られ、両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$\text{S/C } 0\% : y=57.540x+153.36 \quad (r=0.490 \quad n=11)$$

$$85\% : y=41.425x+145.80 \quad (r=0.686 \quad n=11)$$

$$\text{ここに、} y : \text{フロー値} \quad x : \text{平均粒径 (mm)}$$

6) 質量変化

質量変化は 0～7 日で急激に変化するが 14 日以降は安定期に入り、S/C85%より 0%の変化量が多い事も確認された。

質量変化と平均粒径の関係は、僅かではあるが平均粒径が大きくなるに従い質量変化が減少する傾向が見られ、両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$\text{S/C } 0\% : y=6.0925x-34.633 \quad (r=0.156 \quad n=16)$$

$$85\% : y=7.0806x-28.183 \quad (r=0.273 \quad n=15)$$

$$\text{ここに、} y : \text{質量変化(\%)} \quad x : \text{平均粒径 (mm)}$$

7) 乾燥変形

乾燥変形は各用途の土に関わりなく S/C85%よりも 0%で大きくなる傾向が見られ、縦、横および高さの変形率は一部例外もあるが横で最大値を得ることも確認される。また、乾燥変形率は原土で最大を得る。

乾燥変形と平均粒径の関係は、僅かではあるが平均粒径が大きくなるに従い乾燥変形が減少する傾向が見られ、両者の関係を一次式と看做し、S/C および方向別で以下に示す。

S/C	0%	縦	:	$y=10.297x-5.5872$	($r=0.618$ $n=16$)
		横	:	$y=6.3324x-9.5580$	($r=0.281$ $n=16$)
		高さ	:	$y=9.6465x-9.1982$	($r=0.372$ $n=16$)
85%		縦	:	$y=3.6370x-2.4516$	($r=0.367$ $n=15$)
		横	:	$y=5.9247x-6.4691$	($r=0.329$ $n=15$)
		高さ	:	$y=4.4711x-3.7551$	($r=0.332$ $n=15$)

ここに、 y : 乾燥変化(%) x : 平均粒径 (mm)

8) 供試体密度(ようかん: 40×40×160mm)

密度はスサおよび砂を混入することで変化することが明らかで、S/C0%が最小となる。

その値は、S/C0、85%およびφ20×40mm で 1.312、1.445 および 1.709g/cm³を示し、0 および 85%はφ20×40mm 密度の大略 3 および 2 割前後低下することも確認された。

9) 曲げ強さ(ようかん: 40×40×160mm)

a) 原土

たわみ曲線は、S/C0 および 85%で立ち上がりに違いが確認されるものの崩壊後の強度低下は両者で緩慢になることが明らかである。また、福岡県本産はS/Cに関わらずたわみ曲線が類似し、同様な傾向は京都府産でも認められる。

曲げ強さは、S/C85%よりも 0%が大きくなり、最大および最小強度を示すのは福岡県飯原産 0 および 85%その値は、0.592 および 0.304N/mm²である。しかし、京都産はS/Cに関わらず大略 0.4N/mm²前後で安定する。

強度と密度の関係は、S/C85%で密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向を示すが、0%では認められない。両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

S/C	0%	:	$y=0.0110x+0.4699$	($r=0.055$ $n=3$)
	85%	:	$y=1.5304x-1.8009$	($r=0.920$ $n=3$)

ここに、 y : 曲げ強さ (N/mm²) x : 密度 (g/cm³)

最大強度でのたわみは、地域に関わらず S/C0%より 85%で小さくなることが明らかである。

b) 荒壁土

たわみ曲線は、S/C0 および 85%で立ち上がりおよび崩壊後の強度低下が類似し、立ち上がりが急、あるいは緩慢な供試体も存在する。前者は岐阜県糸坂産および埼玉県産、後者は京都産および鳥取県家奥産である。

曲げ強さは、S/C85%よりも 0%が大きくなるが、最大および最小強度を示すのは埼玉県産 0% の 0.754N/mm²および鳥取県家奥産 85% の 0.113N/mm²であるが、京都産はS/Cに関わらず大略 0.4N/mm²前後で安定する。

強度と密度の関係は、S/C85%で密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向をしめすが、0%

は僅かに認められ、両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$\text{S/C } 0\% : y=0.7266x-0.4540 \quad (r=0.387 \quad n=6)$$

$$85\% : y=1.3702x-1.6359 \quad (r=0.872 \quad n=6)$$

ここに、 y : 曲げ強さ (N/mm²) x : 密度 (g/cm³)

最大強度でのたわみは、地域に関わらず S/C0%より 85%で小さくなることが明らかである。

c) 中塗土

たわみ曲線は、S/C0 および 85%で立ち上がりおよび崩壊後の強度低下が類似し、立ち上がりが急、あるいは緩慢な供試体も存在する。前者は福岡県飯原産および兵庫県産、後者は鳥取県家奥産および福島県郡山産で確認される。

曲げ強さは、S/C85%よりも 0%が大きくなることが認められる。また、最大および最小強度を示すのは、兵庫県産 0%の 0.895 N/mm²および福島県郡山産 85%の 0.138 N/mm²である。また、滋賀県東近江産は S/C に関わらず大略 0.58N/mm²前後で安定する。

強度と密度の関係は、S/C85%で密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向を示すが、0%は僅かに認められ、両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$\text{S/C } 0\% : y=0.2498x+0.1379 \quad (r=0.207 \quad n=7)$$

$$85\% : y=1.4851x-1.7932 \quad (r=0.886 \quad n=5)$$

ここに、 y : 曲げ強さ (N/mm²) x : 密度 (g/cm³)

最大強度でのたわみは、S/C0 および 85%に関わらず類似する試料と、0%より 85%で小さくなる試料に分かれる。

d) 全用途用土

各たわみ線図から明らかなように、曲線は S/C に関わらず強度が高いものほど立ち上がりが急であることが明らかで、低いものほど緩慢且つ、最大応力後もねばることが確認される。

曲げ強さの最大および最小値は荒壁土 0%の 0.498N/mm²および中塗土 85%の 0.333N/mm²である。また、S/C85%よりも 0%で強度が大きくなることが認められ、用途用土に関わらず、前者で 0.36 N/mm²前後、後者は大略 0.48 N/mm²で安定する。

密度と強度の関係は、用途用土の種類に関わりなく S/C85%で密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向が認められるが、0%ではほとんど確認できない。

両者の関係を一次式と看做し、各用途用土および S/C 別で以下に示す。

$$\text{原 土 S/C } 0\% : y=0.0110x+0.4699 \quad (r=0.055 \quad n=3)$$

$$85\% : y=1.5304x-1.8009 \quad (r=0.920 \quad n=3)$$

$$\text{荒壁土 S/C } 0\% : y=0.7266x-0.4540 \quad (r=0.387 \quad n=6)$$

$$85\% : y=1.3702x-1.6359 \quad (r=0.872 \quad n=6)$$

$$\text{中塗土 S/C } 0\% : y=0.2498x+0.1379 \quad (r=0.207 \quad n=7)$$

$$85\% : y=1.4851x-1.7932 \quad (r=0.886 \quad n=5)$$

ここに、 y : 曲げ強さ (N/mm²) x : 密度 (g/cm³)

最大強度でのたわみは、各用途用土でばらつきが見られ、特に原土および中塗土で多く確認される。

以上のことから、曲げ強さは各用途用土に関わらず S/C85%よりも 0%で最大になるが、強度に差異は無い。また、密度と強度の関係は 85%で顕著に確認され、壁土用原土を一次式で評価できることを提示した。

1 0) 圧縮強さ(ようかん：40×40×160mm)

a) 原土

ひずみ曲線は、S/C0 および 85%の立ち上りで僅かに違いが確認されるものの崩壊後の強度低下は両者とも緩慢になる。また、福岡県飯原産は S/C に関わらずたわみ曲線が類似するが、同様な傾向は京都府産でも示された。

圧縮強さは、S/C85%よりも 0%が大きくなるが、最大強度を示すのは福岡県本産 0%の 1.259N/mm²である。また、京都産の 0 および 85%で最大および最小強度を示し、その値は 1.259 および 0.781 N/mm²である。

強度と密度の関係は、S/C85%で密度が大きくなるに従い強度が低下する傾向が認められるが、0%では示さない。両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$\text{S/C} \quad 0\% : y = 0.0363x + 1.1852 \quad (r=0.113 \quad n=3)$$

$$85\% : y = -1.6399x + 3.1826 \quad (r=0.956 \quad n=3)$$

ここに、 y : 圧縮強さ (N/mm²) x : 密度 (g/cm³)

最大強度でのひずみは、地域に関わらず S/C0%より 85%で小さくなることが明らかである。

b) 荒壁土

ひずみ曲線は、S/C0 および 85%で立ち上がりおよび崩壊後の強度低下が類似する。また、立ち上がりが急、あるいは緩慢な供試体も確認される。前者は岐阜県糸坂産、埼玉県産および石川県輪島産、後者は岡山県倉敷産および鳥取県家奥産で認められる。

圧縮強さは、S/C85%よりも 0%が大きくなるが、最大および最小強度を示すのは埼玉県産 0%の 3.154N/mm²および鳥取県家奥産 85%の 0.425 N/mm²である。

強度と密度の関係は S/C に関わらず、密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向が認められる。両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$\text{S/C} \quad 0\% : y = 2.4883x - 1.578 \quad (r=0.256 \quad n=6)$$

$$85\% : y = 4.7591x - 5.842 \quad (r=0.782 \quad n=6)$$

ここに、 y : 圧縮強さ (N/mm²) x : 密度 (g/cm³)

最大強度でのひずみは、地域に関わらず S/C0%より 85%で小さくなることが明らかである。また、試料ごとでのばらつきは強度が大きいものに多く見られるが。

c) 中塗土

ひずみ曲線は、S/C0 および 85%で立ち上がりおよび崩壊後の強度低下が類似し、立ち上がりが急、あるいは緩慢な供試体も確認される。前者は福岡県飯原産および兵庫県産、後者は鳥取県家奥産、福島県郡山産および石川県輪島産で認められる。

圧縮強さは、S/C85%よりも 0%が大きくなるが、最大および最小強度を示すのは兵庫県産 0%の 2.517N/mm²および鳥取県家奥産 85%の 0.421N/mm²である。

強度と密度の関係は、S/C85%で密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向が認められるが、0%は認められない。両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$\begin{aligned} \text{S/C } 0\% : y &= 0.3374x + 0.9222 & (r=0.095 \quad n=7) \\ 85\% : y &= 3.8023x - 4.3717 & (r=0.692 \quad n=5) \end{aligned}$$

ここに、 y : 圧縮強さ (N/mm^2) x : 密度 (g/cm^3)

最大強度でのひずみは、S/C0%よりも85%で小さくなることが認められる。また、京都府産および鳥取県家奥産でS/C0 および85%のひずみが一致することも確認される。

d) 全用途用土

各ひずみ線図から明らかなように、曲線はS/Cに関わらず強度が高いものほど立ち上がりが急で、低いものほど緩慢であることが明らかである。

圧縮強さの最大および最小値は荒壁土0%の 1.682N/mm^2 および原土85%の 0.865N/mm^2 であることが明らかである。また、S/C85%よりも0%で強度が大きくなり、前者は後者の7割程度の強度になることも確認される。

密度と強度の関係は、用途用土の種類に関わりなくS/C85%で密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向が認められるが、0%ではほとんど認められない。また、原土の85%は密度が大きくなるに従い強度が低下する傾向も確認され、両者の関係を一次式と看做し、各用途用土およびS/C別で以下に示す。

$$\begin{aligned} \text{原土 S/C } 0\% : y &= 0.0363x + 1.1852 & (r=0.113 \quad n=3) \\ 85\% : y &= -1.6399x + 3.1826 & (r=0.956 \quad n=3) \\ \text{荒壁土 S/C } 0\% : y &= 2.4883x - 1.578 & (r=0.256 \quad n=6) \\ 85\% : y &= 4.7591x - 5.842 & (r=0.782 \quad n=6) \\ \text{中塗土 S/C } 0\% : y &= 0.3374x + 0.9222 & (r=0.095 \quad n=7) \\ 85\% : y &= 3.8023x - 4.3717 & (r=0.692 \quad n=5) \end{aligned}$$

ここに、 y : 圧縮強さ (N/mm^2) x : 密度 (g/cm^3)

最大強度でのひずみは、各用途用土で大きなばらつきは認められない。

以上のことから、圧縮強さはS/C85%よりも0%で最大となり、85%では0%の7割の強度を示す。また、密度と強度の関係は85%で顕著に表れる。また、壁土用原土を一次式で評価できることを提示した。

1 1) セン断強さ(ようかん：40×40×160mm)

a) 荒壁土

ひずみ曲線は、S/C0 および85%で立ち上がりおよび崩壊後の強度低下が類似するものと異なる供試体に分かれる。前者は京都府産および鳥取県家奥産、後者は石川県輪島産および岡山県倉敷産で確認される。

せん断強さは、S/C85%よりも0%が大きくなるが、最大および最小強度を示すのは石川県輪島産0%の 4.195N/mm^2 および鳥取県家奥産85%の 1.250N/mm^2 である。

強度と密度の関係はS/Cに関わらず、密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向が認められ、両者の関係を一次式と看做し、S/C別で以下に示す。

$$\begin{aligned} \text{S/C } 0\% : y &= 7.6285x - 6.7373 & (r=0.637 \quad n=4) \\ 85\% : y &= 5.8398x - 6.3671 & (r=0.888 \quad n=4) \end{aligned}$$

ここに、 y : セン断強さ (N/mm^2) x : 密度 (g/cm^3)

最大強度でのひずみは、地域に関わらずS/C0%より85%で僅かに小さくなることが明らかである。また、鳥取県家奥産でS/C0 および85%のひずみが一致することも確認された。

b) 中塗土

ひずみ曲線は、S/C0 および 85%で立ち上がりおよび崩壊後の強度低下が類似し、立ち上がりが急、あるいは緩慢な供試体が混在することも明らかである。前者は京都府産、滋賀県東近江産および兵庫県産、後者は鳥取県家奥産および福島県郡山産で確認される。

せん断強さは、S/C85%よりも 0%が大きくなり、最大および最小強度を示すのは兵庫県産 0%の 5.127N/mm^2 および鳥取県家奥産 85%の 1.220N/mm^2 である。

強度と密度の関係は、S/C85%で密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向が認められるが、0%は僅かである。両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$\text{S/C } 0\% : y=1.0928x+1.4098 \quad (r=0.163 \quad n=7)$$

$$85\% : y=8.5069x-9.7199 \quad (r=0.893 \quad n=5)$$

ここに、 y : せん断強さ (N/mm^2) x : 密度 (g/cm^3)

最大強度でのひずみは、S/C0%よりも 85%で小さくなることが認められる。また、鳥取県家奥産で S/C0 および 85%のひずみがほとんど一致することも確認された。

c) 全用途用土

各ひずみ線図から明らかなように、荒壁土では立ち上がりが急な試料が多いのに対し、中塗土では緩慢なものが占める。

せん断強さの最大および最小値はどちらも荒壁土であることが認められ、その値は、0 および 85%で 3.046 および 1.867 N/mm^2 となる。また、中塗土では S/C に関わらず大略 2.6 N/mm^2 前後で類似する。

密度と強度の関係は、用途用土の種類に関わりなく S/C85%で密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向が認められるが、0%では荒壁土のみに見られ、両者の関係を一次式と看做し、各用途用土および S/C 別で以下に示す

$$\text{荒壁土 S/C } 0\% : y=7.6285x-6.7373 \quad (r=0.637 \quad n=4)$$

$$85\% : y=5.8398x-6.3671 \quad (r=0.888 \quad n=4)$$

$$\text{中塗土 S/C } 0\% : y=1.0928x+1.4098 \quad (r=0.163 \quad n=7)$$

$$85\% : y=8.5069x-9.7199 \quad (r=0.893 \quad n=5)$$

ここに、 y : せん断強さ (N/mm^2) x : 密度 (g/cm^3)

最大強度でのひずみは、各用途用土でばらつきが認められる。

以上のことから最大および最小強度は荒壁土に存在し、中塗土は S/C に関わらず 2.6 N/mm^2 前後で安定する。また、密度と強度の関係は中塗土の 0%のみ確認されない。また、壁土用原土を一次式で評価できることを提示した。

1 2) 引張強さ(ようかん : $40 \times 40 \times 160\text{mm}$)

a) 原土

ひずみ曲線は、S/C0 および 85%に関わらず、最大値まで急激に増加し、その後緩慢に減少、あるいは急激に低下する試料も確認される。前者は京都府産、後者は福岡県本産で確認される。また、京都府産は S/C に関わらずたわみ曲線が類似することも認められる。

引張強さは、S/C85%よりも 0%が大きくなるが、最大および最小強度を示すのは京都府産 0%の 0.233N/mm^2 および福岡県本産 0%の 0.141 N/mm^2 である。また、京都産は S/C に関わらず大略 0.23N/mm^2 前後を示すことも確認された。

強度と密度の関係は、S/C に関わらず密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向が認められ、両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$S/C \quad 0\% : y=0.3211x-0.2155 \quad (r=0.949 \quad n=3)$$

$$85\% : y=0.7861x-0.9300 \quad (r=0.983 \quad n=3)$$

ここに、 y : 引張強さ (N/mm^2) x : 密度 (g/cm^3)

最大強度でのたわみは、地域に関わらず S/C0%より 85%で小さくなることが明らかである。

b) 荒壁土

ひずみ曲線は、S/C85%で立ち上がり急であるのに対し、0%は僅かに緩慢であることが認められる。また、崩壊後の強度低下は一部例外があるものの S/C に関わらず急激である。また、石川県輪島産は S/C に関係なくたわみ曲線が類似する。

引張強さは、S/C0%よりも 85%が大きくなり、最大および最小強度を示すのは埼玉県産 85%の $0.227 N/mm^2$ および鳥取県家奥産 85%の $0.067 N/mm^2$ である。

強度と密度の関係は、S/C に関わらず密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向が認められ、両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$S/C \quad 0\% : y=0.3931x-0.3239 \quad (r=0.692 \quad n=6)$$

$$85\% : y=0.7842x-0.9208 \quad (r=0.787 \quad n=6)$$

ここに、 y : 引張強さ (N/mm^2) x : 密度 (g/cm^3)

最大強度でのひずみは、地域に関わらず S/C85%より 0%で僅かに小さくなることが明らかである。また、石川県輪島産で S/C0 および 85%のひずみが一致することも確認された。

c) 中塗土

ひずみ曲線は、S/C0 および 85%に関わらず、最大値まで急激に増加し、その後緩慢に減少するものと急激に減少する試料が確認される。前者は鳥取県家奥産、福島県郡山産および石川県輪島産、後者は滋賀県東近江産および兵庫県産である。

引張強さは、S/C0%よりも 85%が大きくなるが、最大および最小強度を示すのは兵庫県産 85%の $0.215 N/mm^2$ および鳥取県家奥産 0%の $0.099 N/mm^2$ である。

強度と密度の関係は、S/C に関わらず密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向が認められるが、0%では僅かである。両者の関係を一次式と看做し、S/C 別で以下に示す。

$$S/C \quad 0\% : y=0.1163x+0.0130 \quad (r=0.473 \quad n=7)$$

$$85\% : y=0.7160x-0.8463 \quad (r=0.910 \quad n=7)$$

ここに、 y : 引張強さ (N/mm^2) x : 密度 (g/cm^3)

最大強度でのひずみは、地域に関わらず S/C0%より 85%で僅かに小さくなることが認められる。また、滋賀県東近江産で S/C0 および 85%のひずみが一致することも確認された。

d) 全用途用土

各ひずみ曲線から明らかなように、各用途用土で最大強度まで急激に増加し、その後緩慢に減少するものと急激に低下する試料が確認される。また、S/C85%で立ち上がり急であるのに対し、0%では僅かに緩慢になる試料もある。前者のような傾向は原土および中塗土で認められるが、後者は荒壁土で多く見られる。

引張強さの最大および最小値は、荒壁土の 85%および中塗土の 0%で、S/C0%よりも 85%が大きくなる。また、中塗土は S/C に関わらず大略 $0.18 N/mm^2$ 前後で類似する。

密度と強度の関係は、用途用土の種類および S/C に関わりなく密度が大きくなるに従い強度が増加する傾向が認められるが、中塗土の 0%では僅かである。両者の関係を一次式と看做し、各用途用土および S/C 別で以下に示す。

$$\text{原 土 } S/C \quad 0\% : y=0.3211x-0.2155 \quad (r=0.949 \quad n=3)$$

$$85\% : y=0.7861x-0.9300 \quad (r=0.983 \quad n=3)$$

荒壁土 S/C 0% : $y=0.3931x-0.3239$ ($r=0.692$ $n=6$)

85% : $y=0.7842x-0.9208$ ($r=0.787$ $n=6$)

中塗土 S/C 0% : $y=0.1163x+0.0130$ ($r=0.473$ $n=7$)

85% : $y=0.7160x-0.8463$ ($r=0.910$ $n=7$)

ここに、 y : 引張強さ (N/mm^2) x : 密度 (g/cm^3)

最大強度でのたわみは、各用途用土でばらつきが見られ、特に原土および荒壁土で多く確認される。

以上のことから、引張強さは S/C0 よりも 85% で最大となり、中塗土は S/C に関わらず 0.18N/mm^2 前後で安定する。また、密度と強度の関係は一部例外があるが、全ての試料で顕著に見られる。また、壁土用原土を一次式で評価できることを提示した。

1 3) 総括

壁土用の原土は土質試験の粒径頻度、平均粒径、液性限界および塑性限界を求めることで、原土の特徴を評価できる。また、SALD を用いた粒度分布では JIS と似た値が得られることから、簡易的な実験として利用できる。

$\phi 20 \times 40\text{mm}$ の圧縮試験では、各用途用土で強度に大きな違いは認められないが、密度および平均粒径と強度の関係では差異が確認される。

土壁のフロー値は、S/C に関わらず水量が同じでもばらつくが、加水することでほぼ目標フロー値が得られ、平均粒径が大きくなるに従いフロー値が高くなる。また、質量変化は 0~7 日で急激に変化するが 14 日以降は安定期に入り、S/C85% より 0% の変化量が多く、平均粒径が大きくなるに従い質量変化が減少することも認められる。さらに、乾燥変形は各用途用の土に関わりなく S/C85% よりも 0% で大きくなり、変形率は横で最大値を得る。また、各用途用土では原土で最大を示し、平均粒径が大きくなるに従い乾燥変形が減少することも確認された。

密度 ($40 \times 40 \times 160\text{mm}$ のもの) は、スサおよび砂を混入することで変化し S/C0% が最小となる。また、S/C0、85% および $\phi 20 \times 40\text{mm}$ で 1.312、1.445 および 1.709g/cm^3 を示し、0 および 85% は $\phi 20 \times 40\text{mm}$ の密度の大略 3 および 2 割前後低下する。

曲げ、圧縮およびせん断強さは、各用途用土に関わらず S/C85% よりも 0% で最大になる。曲げ強さは各 S/C で強度に差異は無いが、圧縮強さは 85% で 0% の 7 割の強度を示す。また、せん断強さの最大および最小強度は荒壁土が示し、中塗土は S/C に関わらず 2.6N/mm^2 前後で安定する。これらの、密度と強度の関係は 85% で認められる。しかし、引張強さは S/C0 よりも 85% で最大となり、中塗土は S/C に関わらず 0.18N/mm^2 前後で安定し、密度と強度の関係は一部例外があるが、全ての試料で認められる。

これらから、各地域および用途用土では様々な特徴が見られる。また、強度試験において各用途用土での最大および最小値を得たものには密度および平均粒径に共通点が見られる。最大強度を得た試料は、密度が高く、且つ平均粒径が小さいものが多い。また、最小値を得た試料はその逆であることも認められる。

以上のことから、地域の異なる壁土用原土は密度および平均粒径と強度を調べることで定量評価できることを明らかにした。また、荒壁土を実大実験に使用する場合、粒度分布を参考に粒径 $75\mu\text{m}$ で検討すると、埼玉県産、岡山県倉敷産および鳥取県家奥産の三試料が挙げられる。埼玉県産は微細側に片寄り $75\mu\text{m}$ 近傍の積算値が 100% で粒度差が大きい。岡山県倉敷産は $75\mu\text{m}$ 近傍の積算値が 50% で粒度分布が粗から細と適切である。鳥取県家奥産は $75\mu\text{m}$ の積算値が 10% 前後で粒度分布が粗に片寄る。因みに曲げ強さはそれぞれ S/C0% で 0.754、0.467 および 0.215N/mm^2 、同様に 85% で 0.506、0.335 および 0.113N/mm^2 を示す。

4. 4. 3 実大実験に用いた壁土の性質

(1) E-defense 実験使用の壁土について 1 (豊田)

1) 材料試験法

壁土試験体は、既報²⁾に基づき作成した。材料試験体は、直径 50mm 高さ 100mm の円柱とし、型枠は吸水性の良いM画紙を用いた。試験体作成手順を以下に示す。

- 乾燥した壁土を試験体 1 本に対し 400 g 量り採り粉末状になるまで棒等で突く。
- 壁土質量比で適量の水を混ぜ練り合わす（乾燥工程では、この時加えられた水に相当する水分を除去する）。
- M画紙で作成した型枠に泥状の壁土を型枠の 3 分の 1 ずつ詰め、棒で 20 回付く。
- 乾燥工程：定温乾燥機（I 社製 BL-115S）を用いて乾燥する。

圧縮試験前には、試験体の上下面を削り平らにした。圧縮試験は、S 社製 DTB-100 を用いた。圧縮試験および割裂試験を写真 4.4.3-1 に示す。



圧縮試験

割裂試験

写真 4. 4. 3-1 圧縮試験，割裂試験

2) 試験結果

a) 壁土の強度

伝統的構法の設計法作成及び性能検証実験の 2010 年度試験に用いる土壁の荒壁土の強度試験を行った。圧縮強度の結果を図 4.4.3-1、引張強度の結果を図 4.4.3-2 に示す。最大圧縮強度は 0.46 N/mm²、最大引張強度は 0.12 N/mm²、となった。

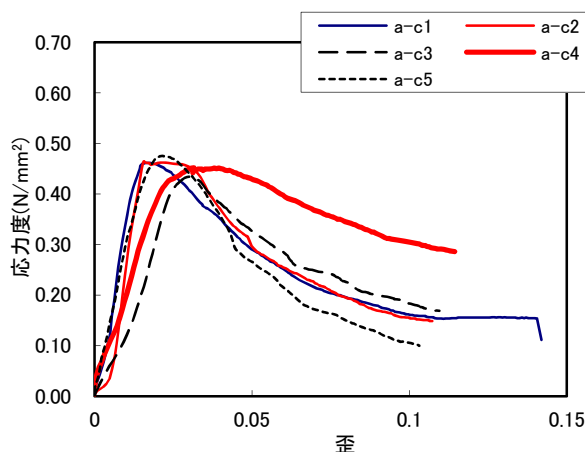


図 4. 4. 3-1 圧縮強度

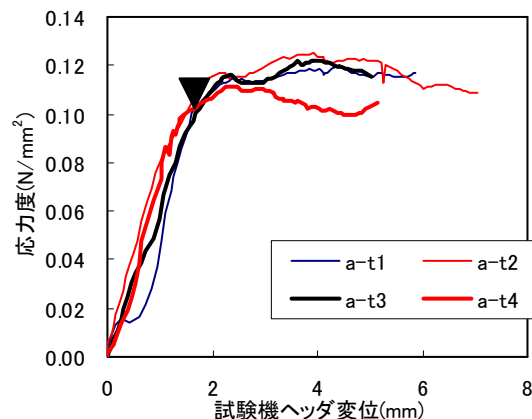


図 4. 4. 3-2 引張強度（図中の▼）

b) 塗り土の強度

伝統的構法の設計法作成及び性能検証実験の 2010 年度試験に用いる土壁の中塗り土の強度試験を行った。圧縮強度の結果を図 4.4.3-3、引張強度の結果を図 4.4.3-4 に示す。最大圧縮強度は 0.58 N/mm^2 、最大引張強度は 0.15 もしくは 0.18 N/mm^2 となった。荒壁土に比して、最大圧縮強度の発現は遅いが高い強度を示している。また、引張強度も高い。

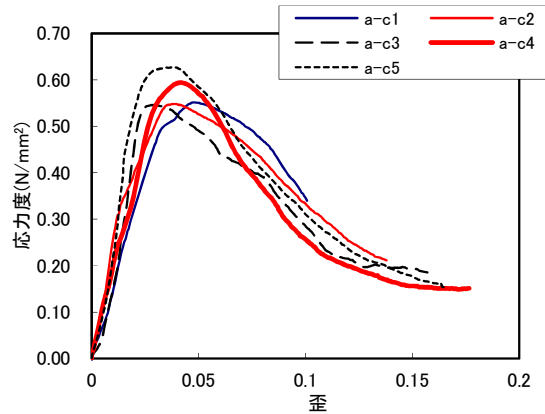


図 4.4.3-3 圧縮強度

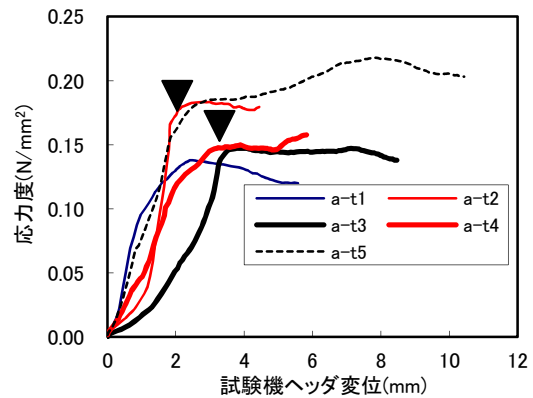


図 4.4.3-4 引張強度（図中の▼）

参考文献

- 1) 山田耕司、中治弘行、鈴木祥之：壁土の配合と強度に関する定性的傾向、日本地震工学会・大会－2009 梗概集、pp.332-333、2009

(2) E-defense 実験使用の壁土について 2 (金沢工大)

1) 実験方法

a) 使用材料

原土は、現場から提供された深草土の 5mm ふるい通過分を用いた。壁土に混入するスサは混合スサ(市販、長さは 20~100mm 前後)、砂はコンクリート用細骨材(2.5mm)として利用しているものを表乾状態で使用した。練混ぜ水は、金沢工業大学内の水道水を用いた。尚、比較用として京都産土を使用した。

b) 基本調合

表 4.4.3-1 に基本調合 S/C85%を示す。調合は土に余分がないことから、S/C85%のみを目標フロー値 135±10 に合せて作製した。

4.4.3-1 基本調合¹⁾

砂原土比 (%) (S/C)	質量調合 (g/ℓ)			
	原土 (C)	砂 (S)	水 (W)	スサ (St)
85	710.1	603.6	394.8	20.3

c) 壁土試料の作製

壁土の練混ぜには、公称容量 5ℓ のオムニミキサを用い、材料はスサ、砂、土および水の順に投入し、表 4.4.3-2 に従い所定時間練混ぜた。

表 4.4.3-2 壁土の練混ぜ時間

水合せ 0 日			水合せ 7 日		
回転記号	回転数(r/min)	時間(秒)	回転記号	回転数(r/min)	時間(秒)
5.5	330	15	5.5	330	-
6.0	380	15	6.0	380	-
6.5	425	30	6.5	425	30
		30			—
		60			60
練混ぜ時間		150	—		90

d) 壁土のフロー試験

フロー試験は、JISR5210-1992 (セメントの物理試験法) に従い行った。

e) 供試体の作製¹⁾

供試体の作製は、以下に示す。

練混ぜ後の壁土試料は、三連型枠 (ようかん) に詰める前にセメントペースト練混ぜ用 (手練り用) さじでかき混ぜ、容器に取り出した。

イ) 型枠

型枠は、モルタル供試体成形用型 (□40×40×160 mm) を使用した。

ロ) 成型

試料は型枠に二層に分けて詰め、モルタル供試体作製用型の突き棒 (□35×35 mm) で各層 5 回突きを 4 回繰り返す(20 回)、仕上げは上端をならし成形した。

ハ) 強さ試験用供試体の作製

曲げおよび圧縮試験用強さ試験用供試体は 2 個、引張試験用として 1 個作製した。

f) 養生方法

試験体の養生は、実験室内で温度、湿度に関係なく気中養生としている。脱型は供試体作製後 3 日目に側面、7 日目に完全脱型を目標としている。

g) 水合せ

水合せ環境は試料を 150 バケツに入れ屋外に 7 日間放置した。水合せ 7 日後、水を切り試料をオムニミキサで所定時間練混ぜを行った後、フロー値を測定した。

2) 試験方法

a) 粒度分布

粒度分布試験は、レーザー折式粒度分布測定装置 SALD-3000S (株式会社 島津作製所) を用いた。試料を 2 mm ふるいにかけ、2 mm 未満の試料について測定値が安定するまで繰り返し調べた。

b) 質量変化

質量変化は、供試体の強度試験日の目安と乾燥状態を調べるために測定した。測定は、養生 0、1、2、3、5 および 7 日目で、以後は 7 日おきに質量が安定するまで行った。

質量変化率は次式により求めた。

$$W = \{(W_n - W_0) / W_0\} \times 100$$

ここに、W : 質量変化率 (%)、 W_n : 供試体作製時の測定値 (g)

W_0 : 所定材齢の測定値 (g)

c) 強度試験

強度試験は、曲げ、圧縮および引張について調べた。

曲げ強さは、3 試料の最大曲げ荷重の平均値を用い、次式により求めた。

$$\sigma_b = \frac{M}{Z}$$

ここに、 σ_b : 曲げ強さ (N/mm²) M : 曲げモーメント (N・mm)

Z : 断面係数 (公称値 10667 mm³ : ようかん)

圧縮強さは、曲げ試験を行った折片 6 試料から最大および最小圧縮荷重を除いた 4 試料の平均値を用い、次式により求めた。

$$\sigma_c = \frac{N}{A}$$

ここに、 σ_c : 圧縮強さ (N/mm²) N : 最大荷重 (N)

A : 断面積 (公称値 1600 mm²)

引張強さは、3 試料の最大引張荷重の平均値を用い、次式により求めた。

$$\sigma_t = \frac{N}{A}$$

ここに、 σ_t : 引張強さ (N/mm²) N : 最大荷重 (N)

A : 断面積 (公称値 1600 mm²)

3) 実験結果および考察

a) 粒度分布

図 4.4.3-5 および 6 に、深草土の粒度分布を示す。

粒子径の頻度は、京都産で $75\mu\text{m}$ 、深草土は $500\mu\text{m}$ 前後を示す。後者は全体的に粒子が粗く、微細粒子を確認できない。

粒子径と積算値についてみると、平均粒子径 50%では京都産で $20\mu\text{m}$ 、深草土は $150\mu\text{m}$ 前後を示している。後者は全体的に右寄りの傾向が見られ、 $10\mu\text{m}$ 以下の粒子が少ないことから、 $1\mu\text{m}$ 以下の粒子を含む京都産に比べ粘り強さが乏しいことを表している。

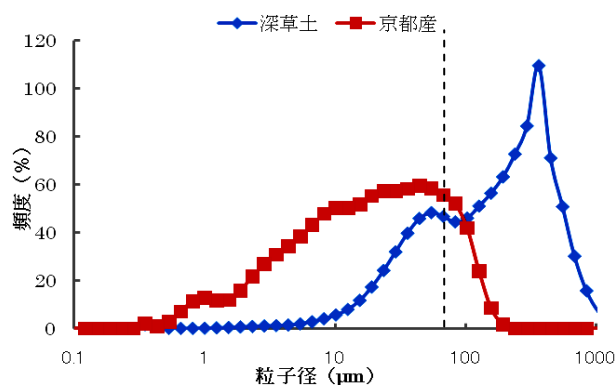


図 4.4.3-5 粒度分布（頻度）

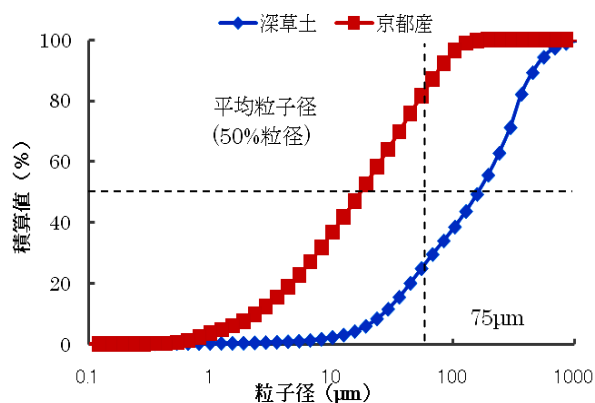


図 4.4.3-6 粒度分布（積算値）

b) フロー値

図 4.4.3-7 にフロー値の結果を示す。

フロー値は、水合せ 0 および 7 日に関わりなく目標値 135 ± 10 を示す。試料は、前者の場合ガサガサしており土が不足しているような感触で、砂が多いようにも見られた。後者はスサが多く荒々しいことから水合せ期間を長く取るか、土が多めに必要であると思われた。原土は粒度分布から明らかなように、微細粒子が不足しており、S/C85%以下の砂を減らした調合、例えば 50 あるいは 30%が適切と考える。他には、微細粒子の多い原土を混合することも一案であるが、水合せが長期化することで、スサの腐敗が進み土と馴染むことで粘りも顕著に表れることも推察される。

深草土は、これまで使われ続けてきた時代背景を考えた場合、水合せすることで使いやすい、すなわち粘りはあるがコテ離れの良い壁土になることを左官職人が経験、伝承で知っていたとも言える。

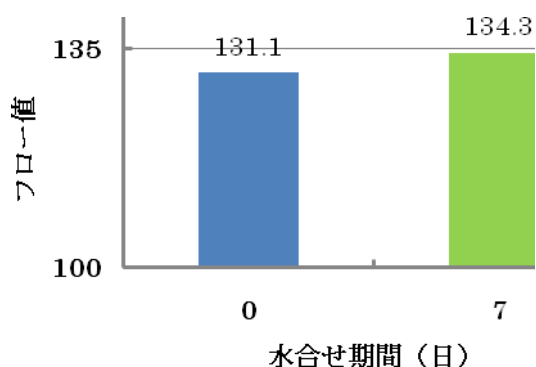
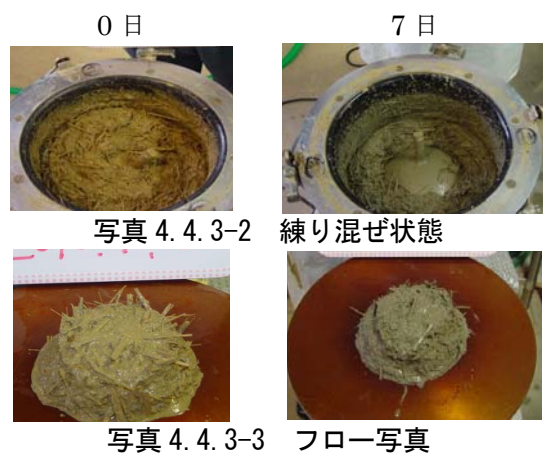


図 4.4.3-7 フロー値



c) 質量変化率

図 4.4.3-8 に質量変化を示す。

質量変化率は、水合せ 0 日の場合、14 日まで急激に下がるが、以降は緩やかに低下している。水合せ 7 日の場合、強制乾燥したことで急激に減少したが、7 日以降は緩慢に下降する。質量変化率は水合せ期間に関りなく、供試体作製から 2 週間前後で大略 20% 低下し、ほぼ一定する。

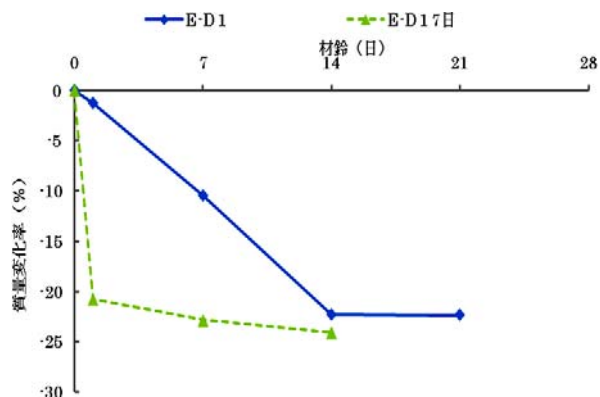


図 4.4.3-8 質量変化率

d) 曲げ強さ

図 4.4.3-9 に曲げ強さとたわみの関係を示す。

ひずみ線図は、水合せに関わりなく最大値で破壊するが、その後は傾向が異なる。0 日の場合、最大値から比較的急に下がるが、7 日では緩慢に低下する。したがって、左官職人は水合せすることで強度は低くても破壊後に粘りの出ることを職人間での伝承か、あるいは手軽で入手しやすいだけで使われ続けていると考える。

曲げ強さは、水合せ 0 日の方が 7 日に比べ約 2 倍大きくなる。その値は、前者で大略 0.44N/mm^2 、後者は 0.29N/mm^2 を示し、7 日は 0 日の 65% 程度しか得られない。たわみは、水合せに関わりなく同様な傾向を示し、0.5mm 前後で最大値に達する。

e) 圧縮強さ

図 4.4.3-10 に圧縮応力度とひずみの関係を示す。

ひずみ線図は、水合せによって異なり 0 日は急激に上昇するが、7 日は徐々に増加して最大応力に達し、両者ともその後は緩慢に低下する。

圧縮強さは、水合せ 0 日および 7 日で大略 0.64 および 0.38N/mm^2 を示し、後者は前者の 59% 程度しか得られない。ひずみは、水合せ 7 日の方が 0 日比べわずかに大きくなるが 0.03 前後である。

f) 引張強さ

図 4.4.3-11 に引張応力度と変位の関係を示す。

ひずみ線図は、一部例外はあるが水合せに関わりなく最大値まで線形で増加した後、急激に低下する。その傾向は水合せ 0 日のほうが 7 日より急であるが、引張強度は 0.1N/mm^2 前後とほぼ一定である。

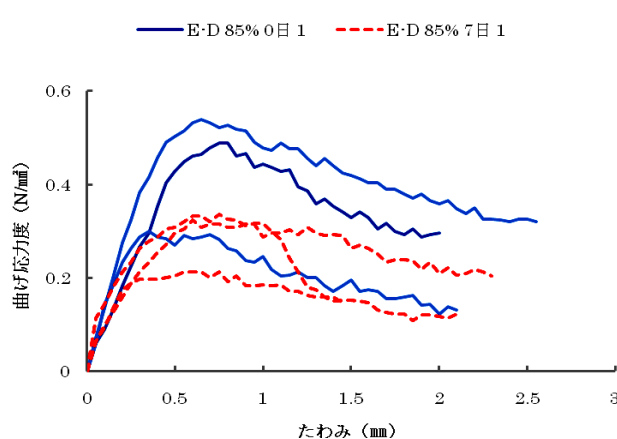


図 4. 4. 3-9 曲げ応力とたわみの関係

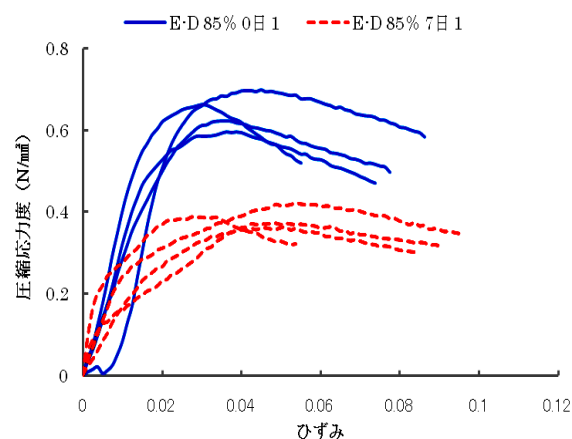


図 4. 4. 3-10 圧縮応力とひずみの関係

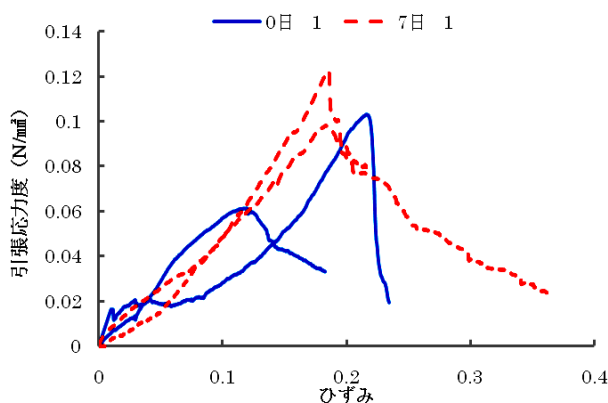


図 4. 4. 3-11 引張応力とひずみの関係

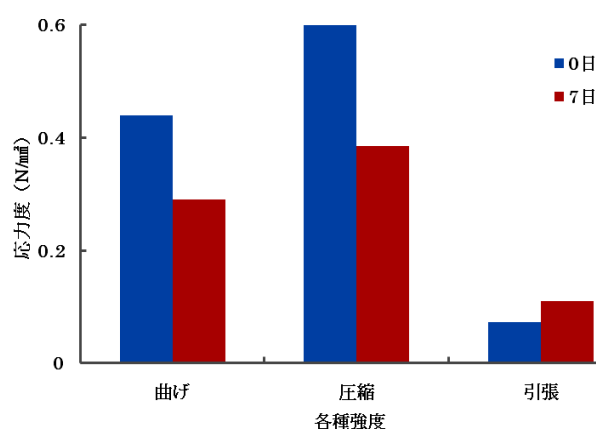


図 4. 4. 3-12 試験別応力度

g) まとめ

深草土の要点を以下に述べる。

イ) 深草土は微細粒子が少なく、 $10\mu\text{m}$ 以上と粒子が粗い。

ロ) 曲げ強さ、圧縮強さおよび引張強さは、水合せ 0 日で大略 0.44N/mm^2 、 0.64N/mm^2 および 0.07N/mm^2 、7 日では約 0.29N/mm^2 、 0.38N/mm^2 および 0.11N/mm^2 を示す。

作製した深草土は、水合せ 7 日程度と短期である。しかし、実際の現場では、水合せ期間の長いものを土塗りしており、これ以上の強度が期待できることは明らかである。

参考文献

1) 浦ほか：壁土の試験法に関する基礎実験、日本建築学会技術報告集、No. 24、pp. 35—38、2006.

(3) E-defense 実験使用の壁土について3 (金沢工大)

1) 実験方法

a) 使用材料

表 4.4.3-3 に E-d 試料を示す。

表 4.4.3-3 試料の製造場所と搬入時期

製造場所	表記	用途	搬入時期
現場搬入	現場	荒壁土	2010 年 8 月 31 日
		中塗り	2010 年 10 月 25 日
金沢工業大学	工大	荒壁土	2010 年 10 月 7 日
		中塗り	2010 年 11 月 4 日
鳥取環境大学	鳥取	荒壁土	2010 年 10 月 8 日
		中塗り	—

原土は、E-d 現場から搬入された壁土(以後、現場と表記する)、金沢工業大学(以後、工大と表記する)および鳥取環境大学(以後、鳥取と表記する)の E-d 試料を用いた。尚、現場は試料搬入時を 0 日、水合せ 7 日も作製した。また、工大は硬めの荒壁土(以後、工大 - 硬と表記する)と僅かに加水した荒壁土(以後、工大 - 軟と表記する)の 2 種類を用いている。

b) 壁土試料の練混ぜ

壁土は水合せ期間が不明であるが、水合せしていることから練混ぜに公称容量 5ℓ のオムニミキサを用い、表 4.4.3-4 に従い所定時間練混ぜた。

表 4.4.3-4 壁土の練混ぜ時間

回転記号	回転数(r/min)	時間 (秒)
5.5～6.0	330～380	—
6.0	380	—
6.5	425	30
		60
練混ぜ時間		90

c) 供試体の作製

供試体の作製は、以下に示す。

練混ぜ後の壁土試料は、三連型枠（ようかん）に詰める前にセメントペースト練混ぜ用（手練り用）さじでかき混ぜ、容器に取り出した。

イ) 型枠

型枠は、モルタル供試体成形用型（□40×40×160 mm）を使用した。

ロ) 成型

試料は型枠に二層に分けて詰め、モルタル供試体作製用型の突き棒（□35×35 mm）で各層 5 回突きを 4 回繰り返す(20 回)、仕上げは上端をならし成形した。

ハ) 強さ試験用供試体の作製

曲げおよび圧縮強さ試験用供試体は 2 個、引張試験用として 1 個作製した。

d) 養生方法

試験体の養生は、実験室内で温度、湿度に関係なく気中養生としている。脱型は供試体作製後 3 日目に側面、7 日目に完全脱型を目標としている。

e) 水合せ

壁土の水合せ期間は、現場から搬入されたものでいずれも不明である。しかし、搬入後はオムニミキサで練り混ぜを行った後、フロー値を測定した。

f) スサの混入

工大の試料は、荒壁塗りの場合スサを足で混入したもので、踏み込みながらスサを混ぜている。中塗土は、ミキサーを用いて荒壁土：もみスサを大略 6：2 の容積で練混ぜたものを用いた。



スサの混入と押切りによる切断



切断スサの足による混入



荒壁土



中塗土の練混ぜ(もみスサの混入)

写真 4.4.3-4 スサの練り混ぜ

g) 小舞壁の作製

小舞壁は、左官職人のもとで作製された。



小舞間隔
(空き 40 mm 角：縦 70×横 70mm)



裏なで



裏返し



小舞壁の乾燥

写真 4. 4. 3-5 小舞壁の作製

2) 試験方法

a) 質量変化

質量変化は、供試体の強度試験日の目安と乾燥状態を調べるために測定した。測定は、養生 0、1、2、3、5 および 7 日目で、以後は 7 日おきに質量が安定するまで行った。

質量変化率は次式により求めた。

$$W = \{(W_n - W_0) / W_0\} \times 100$$

ここに、 W : 質量変化率 (%)、 W_n : 供試体作製時の測定値 (g)

W_0 : 所定材齢の測定値 (g)

b) 強度試験

強度試験は、曲げ、圧縮および引張について行っている。

イ) 曲げ強さ試験

曲げ強さは、3 試料の最大曲げ荷重の平均値を用い、次式により求めた。

$$\sigma_b = \frac{M}{Z}$$

ここに、 σ_b : 曲げ強さ (N/mm²) M : 曲げモーメント (N・mm)

Z : 断面係数 (公称値 10667 mm³ : ようかん)

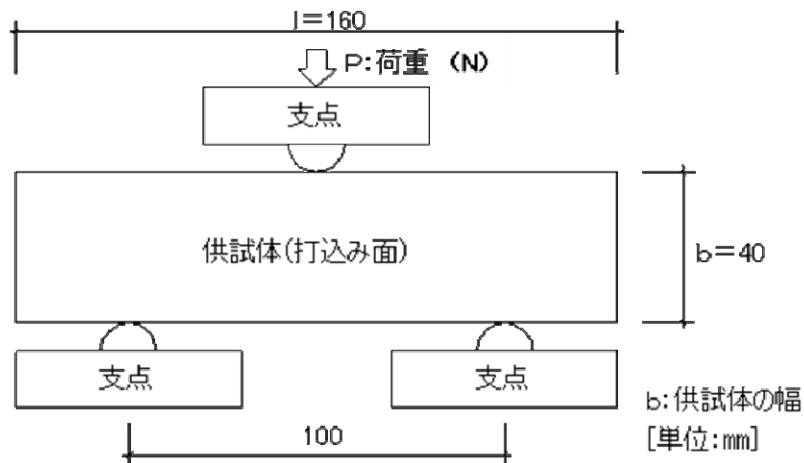


図 4.4.3-13 曲げ強さ試験

ロ) 圧縮強さ試験

圧縮強さは、曲げ試験を行った折片 6 試料から最大および最小圧縮荷重を除いた 4 試料の平均値を用い、次式により求めた。

$$\sigma_c = \frac{N}{A}$$

ここに、 σ_c : 圧縮強さ (N/mm²) N : 最大荷重 (N)

A : 断面積 (公称値 1600 mm²)

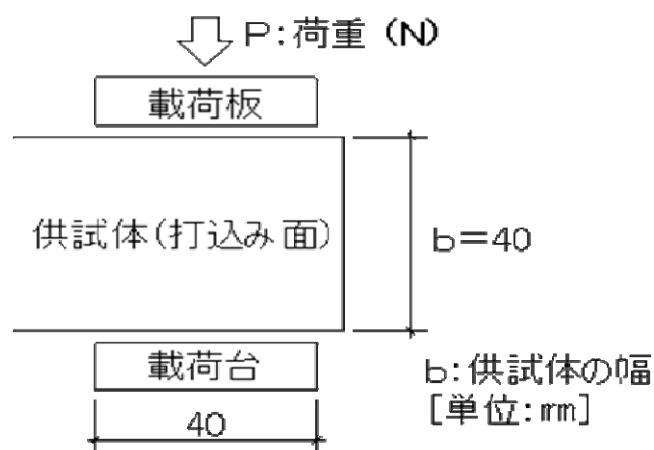


図 4. 4. 3-14 圧縮強さ試験

ハ) セン断強さ試験

せん断強さは、3 試料の最大せん断荷重の平均値を用い、次式により求めた。

$$\tau = \frac{P}{2A}$$

ここに、 τ : セン断強さ (N/mm²) P : 最大荷重 (N)

A : 断面積 (公称値 1400 mm²)

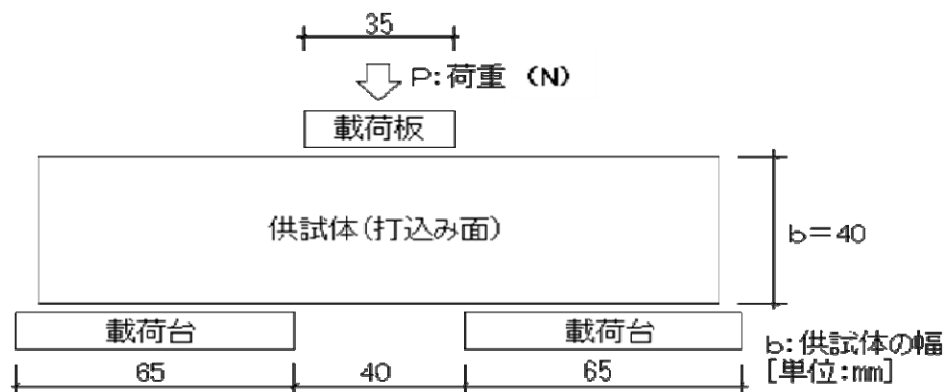


図 4. 4. 3-15 セン断強さ試験

二) 引張強さ試験

引張強さは、3 試料の最大引張荷重の平均値を用い、次式により求めた。

$$\sigma_t = \frac{N}{A}$$

ここに、 σ_t : 引張強さ (N/mm²) N : 最大荷重 (N)

A : 断面積 (公称値 1600 mm²)

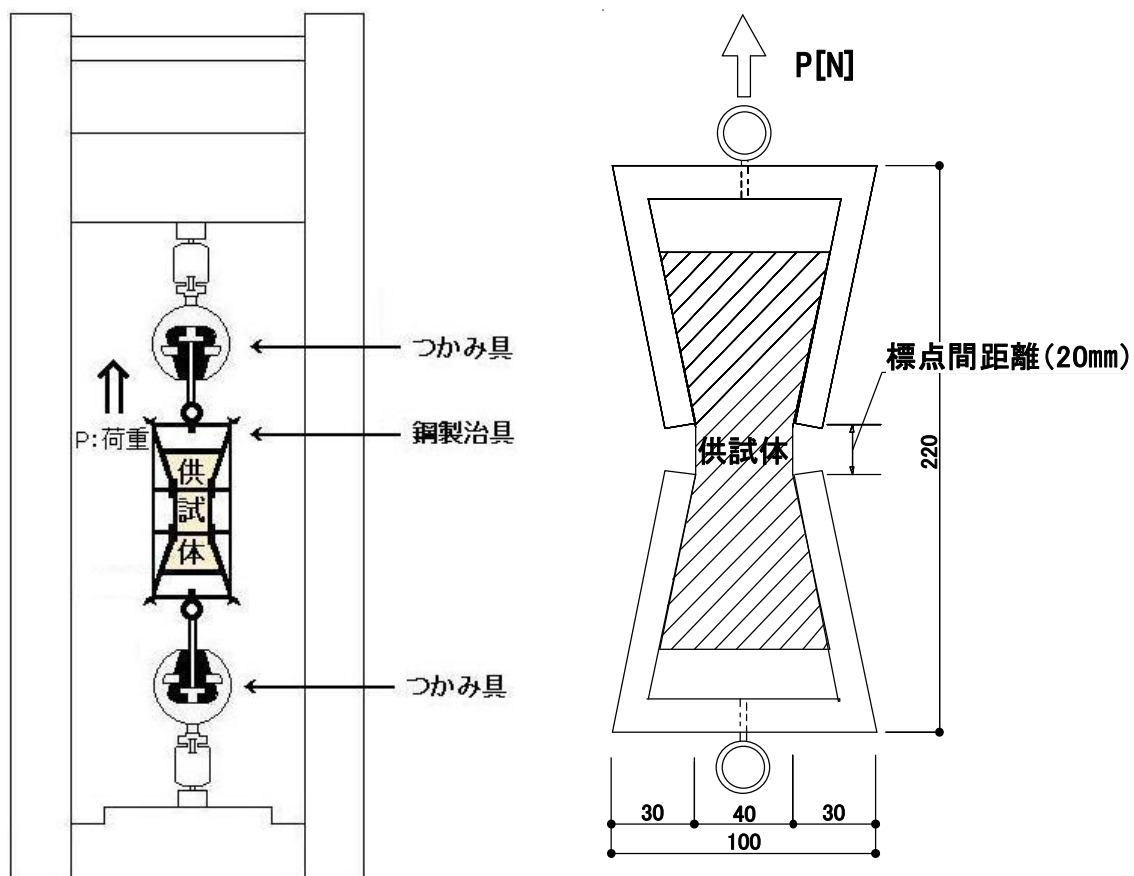


図 4. 4. 3-16 引張強さ試験

3) 実験結果および考察

a) フロー値

図 4.4.3-17 にフロー値の結果を示す。

フロー値は、製造場所に関わらず 135 ± 10 に収まっている。鳥取は、搬入時で 112.0 と硬く、加水することで一定のコンシステンシーを得た。試料は全体的に腐敗して匂いもあり、スサの細かい繊維は確認できるが、太いものは認められなかった。このことは、図 4.4.3-17 のフロー状態からも明らかである。

浦ら¹⁾は、フロー値 135 ± 10 と提示しているが、試料はその範囲であることから、左官職人の塗り易い値であることを確認した。

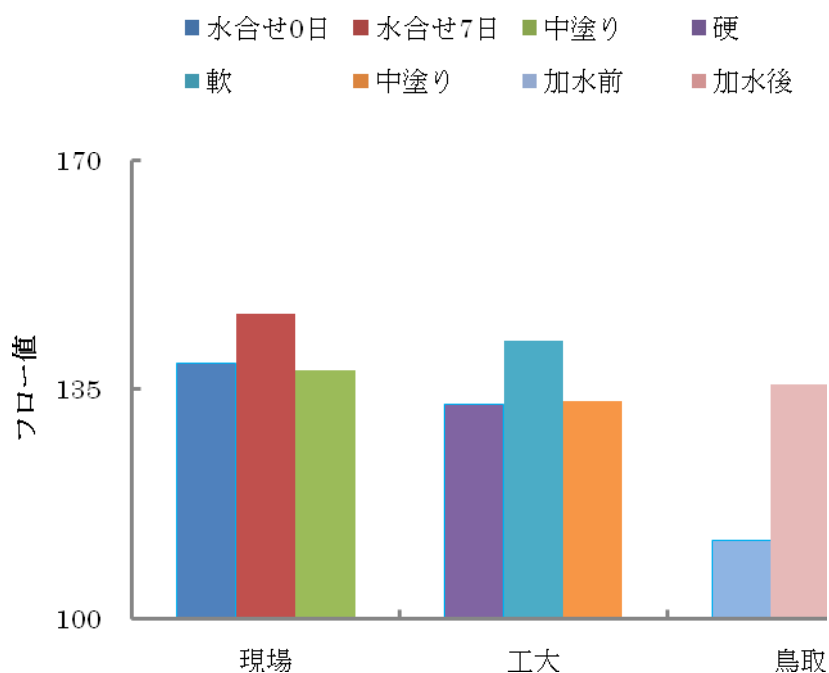


図 4.4.3-17 フロー値

1) 浦憲親、松村崇司、後藤正美、永野紳一郎、蒲田幸江、：壁土の試験法に関する基礎実験、日本建築学会技術報告集、No. 24、pp. 35－38、2006. 12

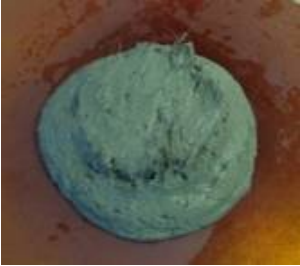
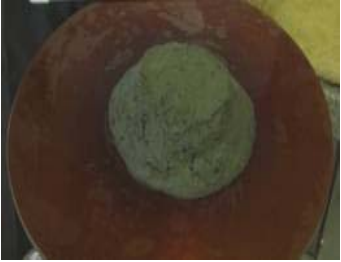
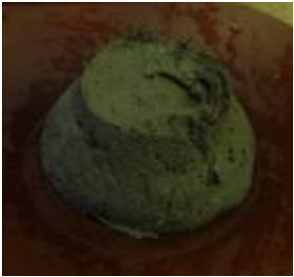
現場 0 日	現場 7 日	現場 中塗り
		
工大 硬	工大 軟	工大 中塗り
		
鳥取 加水前	鳥取 加水後	
		—

写真 4. 4. 3-6 フロー写真

b) 質量変化率

図 4.4.3-18 に質量変化率を示す。

質量変化率は、水合せに関わりなく 14 日まで急激に下がるが、以降は緩やかに低下している。その値は 21 日からほぼ安定し、壁土の種類に関わらず -25% 前後を与える。また、製造場所に関係なく中塗りの方が荒壁土より変化が大きくなる。現場の場合、中塗りは荒壁土と比べ約 -15% 大きく質量変化し、工大は荒壁および中塗りともほぼ同様な傾向であるが、後者は前者より -3% 大きくなる。

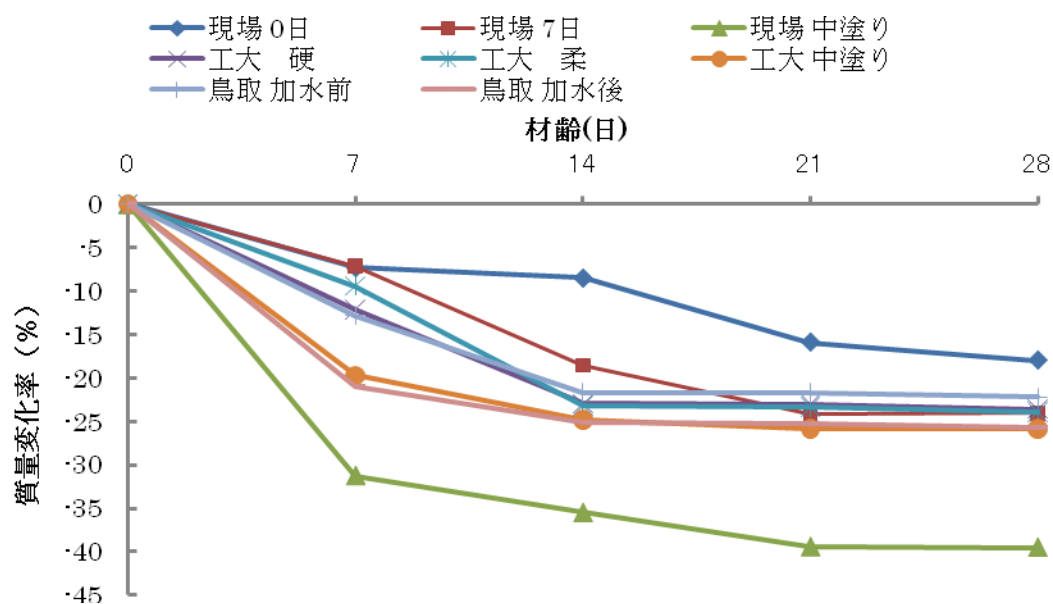


図 4.4.3-18 質量変化率

c) 曲げ強さ

図 4.4.3-19 に曲げ強さとたわみの関係を示す。

たわみ線図は、試料の製造場所に関係なく急激に最大応力まで上昇した後、一気に低下して脆性破壊する。これは写真 4.4.3-6 の写真のようにスサが腐敗し、細かい繊維状になっているため粘り強さがなかったと考える。また、ひずみは荒壁土および中塗りで大略 0.3 および 0.5 mm で最大応力を示す。

曲げ強さは、現場荒壁土の場合、水合せ 0 日で一部例外もあるが 0.17 N/mm²を示し、水合せすることで 0.21 N/mm²と強さを増している。中塗りでは約 0.36 N/mm²と荒壁土より強度があることを表している。工大および鳥取荒壁土の 2 試料ともにほぼ同様の強度であり、工大硬および軟で 0.21 N/mm²および 0.24 N/mm²、鳥取加水前および後で 0.36 および 0.34 N/mm²を示す。工大中塗りでは、大略 0.52 N/mm²と現場と同様に荒壁土より大きく上回っている。したがって、曲げ強さは、製造場所に関わりなく 0.3 N/mm²と看做しても問題ないと考える。

d) 圧縮強さ

図 4.4.3-20 に圧縮強さとひずみの関係を示す。

ひずみ線図は荒壁土の場合、製造場所に関わりなく同様な放物線を描いて急激に上昇し最大応力を過ぎると低下が比較的急であるが、中塗りでは荒壁土より緩やかに下がる。また、ひずみは製造場所および壁土の種類に関わりなく 0.03 前後で最大応力を示す。

圧縮強さは、現場荒壁土の水合せ 0、7 日および中塗りで 0.55、0.82 および 0.69 N/mm²、工大荒壁土の硬、軟および中塗りで 0.84、0.95 および 1.05 N/mm²、鳥取加水前および後で 1.02 および 0.95 N/mm²程度を示す。したがって、圧縮強さは、製造場所に関わりなく荒壁土で 0.8 N/mm²、中塗りで 1.0 N/mm²と看做しても差し支えないと考える。

e) セン断強さ

図 4.4.3-21 にせん断強さとひずみの関係を示す。

ひずみ線図は、製造場所に関わりなく急激に最大応力まで上昇した後、急低下して破壊し、製造場所が異なっても同様な傾向を得る。また、ひずみは製造場所および壁土の種類に関係なく約 0.03 で最大応力を示す。ひずみ線図は、圧縮と差はないが、最大応力からの低下に違いがあり、圧縮は緩慢に低下するが、せん断は急激である。

せん断強さは、3 種類の中で鳥取が大きく、その値は加水前および後で約 0.40 および 0.37 N/mm²を示す。現場の場合、荒壁土の水合せ 0、7 日および中塗りで大略 0.19、0.21 および 0.3 N/mm²、工大の硬、軟および中塗りで約 0.29、0.35 および 0.36 N/mm²である。したがって、せん断強さは、製造場所および壁土の種類に関わりなく 0.30 N/mm²と看做しても問題ないと考える。

f) 引張強さ

図 4.4.3-22 に引張強さとひずみの関係を示す。

ひずみ線図は、製造場所および壁土の種類に関わりなく最大応力まで線形で上昇した後、急激に低下する。また、最大応力のひずみは製造場所および壁土の種類に関係なく 0.35 前後を示す。

引張強さは、現場荒壁土の水合せ 0、7 日および中塗りで 0.10、0.10 および 0.17 N/mm²、工大の硬、軟および中塗りで 0.19、0.16 および 0.15 N/mm²、鳥取加水前および後で 0.22 および 0.15 N/mm²前後を示す。したがって、引張強さは、製造場所に関わりなく 0.1 N/mm²でほぼ一致する。

g) 各種強さ

表 4. 4. 3-5 に各種強さの平均値を示す。平均強さは、製造場所 3 箇所の算術平均であり、次式により求めた。平均強さ＝（現場＋工大＋鳥取）／3

E-d に用いた荒壁土の強さは、曲げ、圧縮、せん断および引張で 0. 26、0. 86、0. 30 および 0. 15 N/mm²を示す。同様に、中塗りは 0. 44、0. 87、0. 33 および 0. 16 N/mm²である。また、応力 - ひずみ線図は製造場所が異なってもほぼ同様な傾向を示す。

参考までに、荒壁土の曲げ強さ 0. 26 N/mm²を基準にすると、曲げ、圧縮、せん断および引張強さを安全側にとるとそれぞれ 1. 0、2. 5、1. 0 および 0. 5 倍となる。また、中塗りは荒壁土を上回るが、同じとみて問題ない。

表 4. 4. 3-5 各種強さ

強度 項目	現場 (N/mm ²)			工大 (N/mm ²)			鳥取 (N/mm ²)		平均強さ (N/mm ²)	
	0 日	7 日	中塗 り	硬	軟	中塗 り	加水 前	加水 後	荒壁土	中塗 り
σ_b	0.17	0.21	0.36	0.21	0.24	0.52	0.36	0.34	0.26	0.44
σ_c	0.55	0.82	0.69	0.84	0.95	1.05	1.02	0.95	0.86	0.87
σ_s	0.19	0.21	0.30	0.29	0.35	0.36	0.40	0.37	0.30	0.33
σ_t	0.10	0.10	0.17	0.19	0.16	0.15	0.22	0.15	0.15	0.16

曲げ

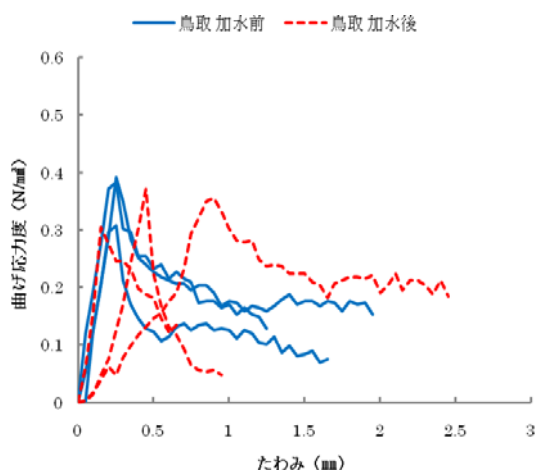
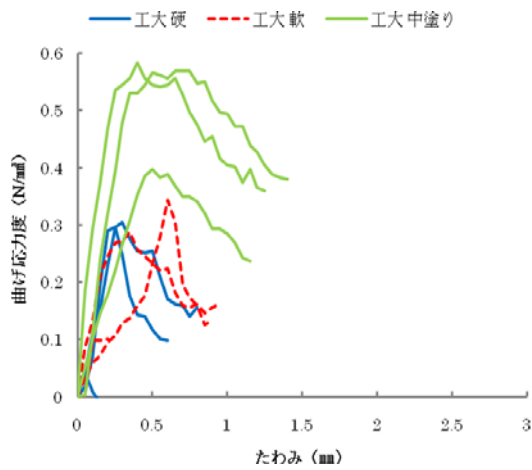
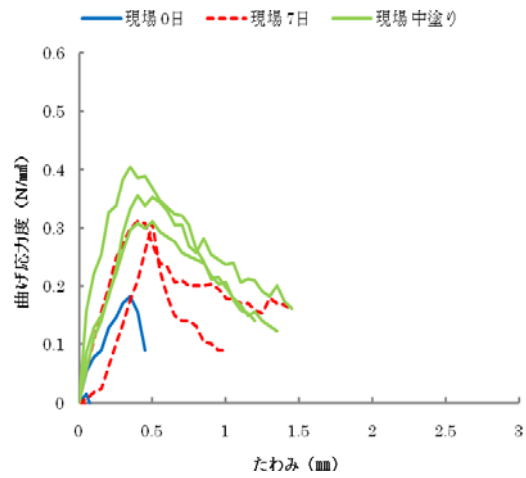


図 4. 4. 3-19 曲げ強応力とたわみの関係

圧縮

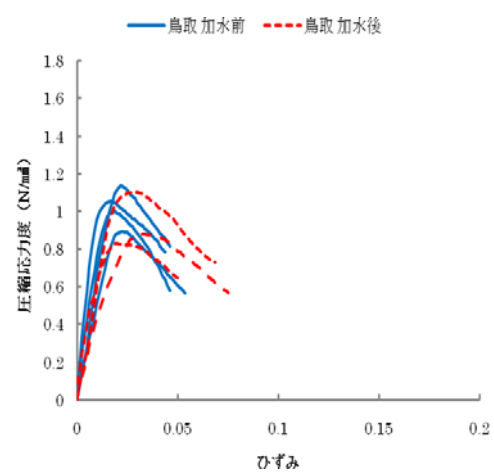
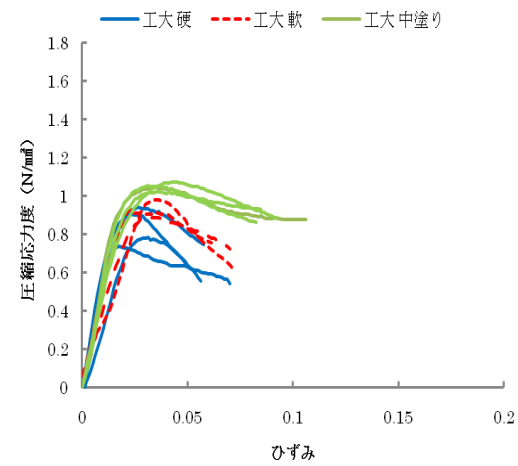
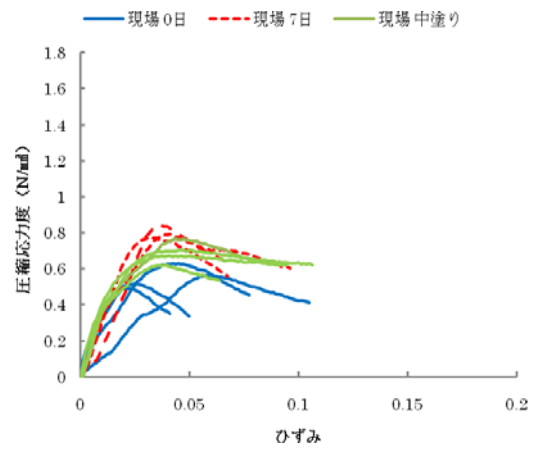


図 4. 4. 3-20 圧縮応力とひずみの関係

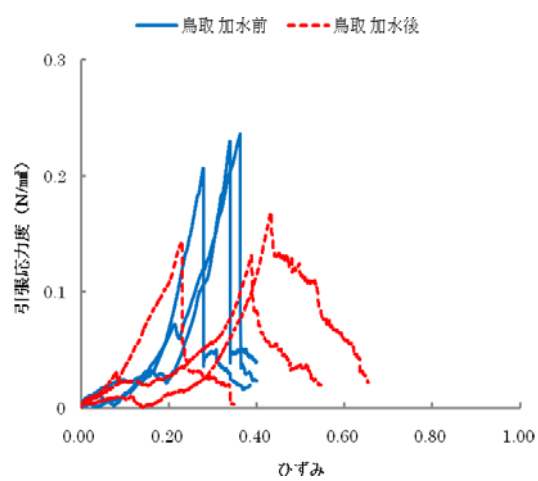
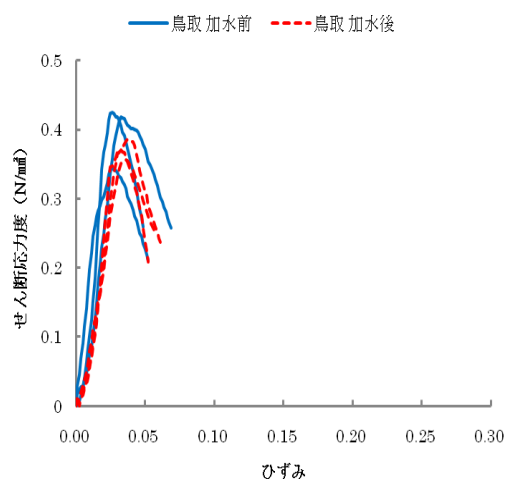
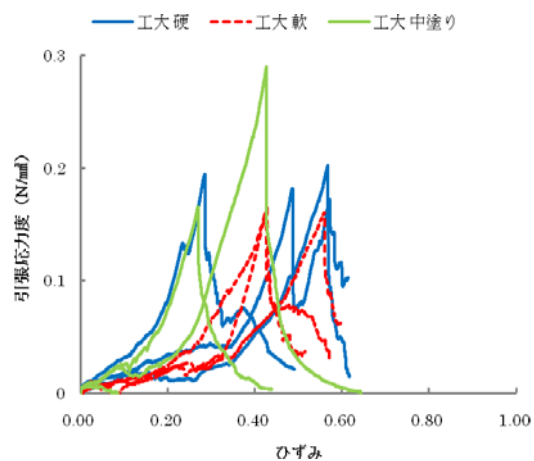
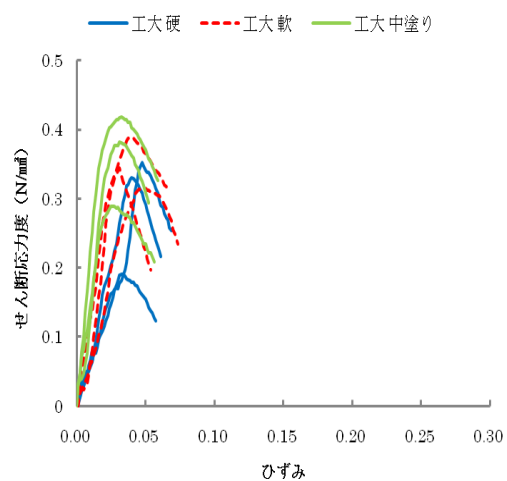
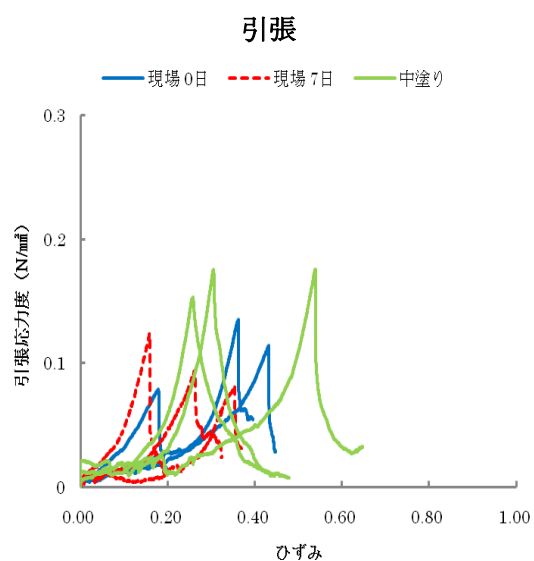
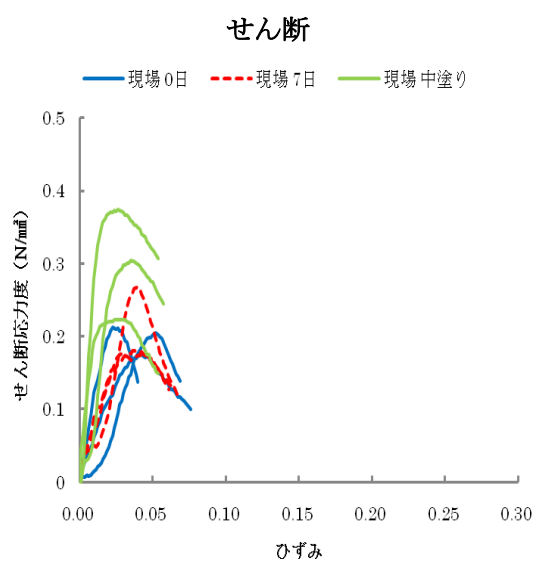


図 4. 4. 3-21 せん断応力とひずみの関係

図 4. 4. 3-22 引張応力とひずみの関係

h) まとめ

E-d 実験に使用の壁土について要約すると以下の通りである。

- イ) フロー値は、壁土の製造場所および種類に関わりなく 135 ± 10 を示し、この値は左官職人の作業範囲である。
- ロ) 質量変化率は、荒壁および中塗りの種類に関わらず 14 日まで急激に下がり、21 日以降は -25% 前後でほぼ一定する。
- ハ) E-d 荒壁土の強さは、曲げ、圧縮、せん断および引張で 0.26 、 0.86 、 0.30 および 0.15 N/mm^2 、中塗りは 0.44 、 0.87 、 0.33 および 0.16 N/mm^2 を示す。また、荒壁土の曲げ強さを基準にすると、曲げ、圧縮、せん断および引張強さを安全側にとると 1.0 、 2.5 、 1.0 および 0.5 倍となる。
- ニ) 各種強さは、製造場所が異なってもほぼ一致し、中塗りが荒壁土を上回るが同じとみても問題ない。

以上のように、試料の製造場所が異なっても壁土の軟らかさの程度がほぼ一致する。このことは、フロー値 135 ± 10 と提言していた筆者に取って、現場と実験室とが一体になったことでもあり、提言が検証されたことにもなる。左官職人の経験と勘に敬意を表するものである。