

土 木 研 究 所 資 料

吹付けコンクリート薄肉覆工の
支持機構に関する実験報告(1)

昭和59年 2 月

建設省土木研究所
道路部トンネル研究室

Copyright © 1984 by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted,
nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

ま え が き

最近、ロックボルトと吹付けコンクリートを主たる支保工材としたトンネル施工法が多く行われている。この工法は、掘削後ただちに支保を施し、地山のゆるみを最小限に抑え、地山が本来有する強度を利用した合理的かつ経済的なトンネル施工法である。したがって、この工法の成否は、いかにして地山のゆるみを最小限に抑えるかに左右される。そのためには、地山の性状はもちろんであるが各支保材の支持機構を把握しておき、対象となる地山に最適なロックボルトと吹付けコンクリートの組み合わせを決定し、施工することが重要である。

ロックボルトの支持機構に関しては、過去多くの試験調査が行われ徐々に解明されてきている。

しかしながら吹付けコンクリートに関しては、現場における施工経験についての報告や支持機構についての簡単な机上検討がなされている程度である。

そこで、トンネル研究室では、吹付けコンクリートの支持機構の解明を目的として、昭和55年度より種々の試験調査を実施してきた。本資料は、これまでに実施した実験の結果を取りまとめ、吹付けコンクリートの支持機構を説明するための基礎的な資料が得られたので報告するものである。

昭和 59 年 2 月

土 木 研 究 所

トンネル研究室 室長 水 谷 敏 則

前トンネル研究室 研究員 猪 熊 明

(現中部地方建設局三重工事々務所)

元トンネル研究室 研究員 河 野 広 隆

(現コンクリート研究室 研究員)

トンネル研究室 研究員 大久保 雅 憲

〃 石 村 利 明

〃 平 岡 弘 志

目 次

I	はじめに	1
II	吹付けコンクリートの力学的物性試験	3
1.	概 説	3
2.	実験方法	3
2.1	引張付着強度試験	3
2.2	せん断付着強度試験	8
2.3	圧縮強度試験・引張強度試験	9
3.	実験結果	11
3.1	引張付着強度	11
3.2	せん断付着強度	14
3.3	圧縮強度	15
3.4	引張強度	16
3.5	引張付着強度と圧縮強度の関係	18
3.6	圧縮強度と引張強度の関係	19
3.7	弾性係数, ポアソン比	20
4.	まとめ	21
III	吹付けコンクリート押抜き模型実験	23
1.	概 説	23
2.	実験方法	23
2.1	実験装置	23
2.2	供試体製作	25
2.3	実験条件	25
2.4	載荷方法	25
2.5	測定項目	25
3.	実験結果	26
3.1	破壊形態	27
3.2	吹付けコンクリートの押抜き耐力	28
3.2.1	供試体形状による影響	28
3.2.2	変位拘束による影響	28
3.2.2.1	ロックボルト併用の影響	28
3.2.2.2	周方向変位拘束の影響	30
3.3	圧縮強度・引張強度	30

4. 支持機構についての検討	30
4.1 ゆるみ岩塊の安定効果を検討するモデル	30
4.2 吹付けコンクリートで支え得るゆるみ岩塊についての試算	31
5. まとめ	33
IV 今後の検討項目	34
参考文献	
資料 I 吹付けコンクリートの力学的物性試験データ	39
II 吹付けコンクリート押抜き模型実験データ	87

I はじめに

ロックボルトと吹付けコンクリートを主たる支保工材としたトンネル施工法における吹付けコンクリートは、地山に直接密着して施工され、掘削直後から地山を支持する役割を担う重要な支保部材である。

吹付けコンクリートの支持機構（作用効果）は、主として、

- (1) 一部のゆるんだ岩塊の安定効果、および
- (2) 掘削面全体の地山安定効果

であるといわれているが、これらを定量的に把握し、解明することは、吹付けコンクリートによる支保工の設計の合理化を図るうえで重要である。

(1)の支持機構の概念は、図-1(a)に示すようにゆるみ岩塊周辺の地山と吹付けコンクリートとの付着力であると考えられている。しかし、付着力が十分であっても吹付け厚さによっては、コンクリートのせん断により安定が壊される場合（図-1(b)）も生じる。したがって、吹付けコンクリートの厚さの設計においては、吹付けコンクリートと地山との付着力と、吹付けコンクリートのせん断強度の整合が1つの重要な要素である。

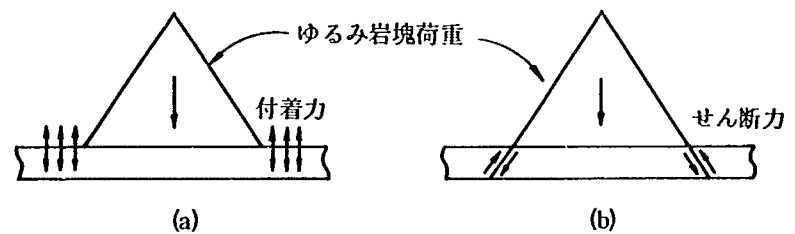


図-1 ゆるんだ岩塊の安定効果

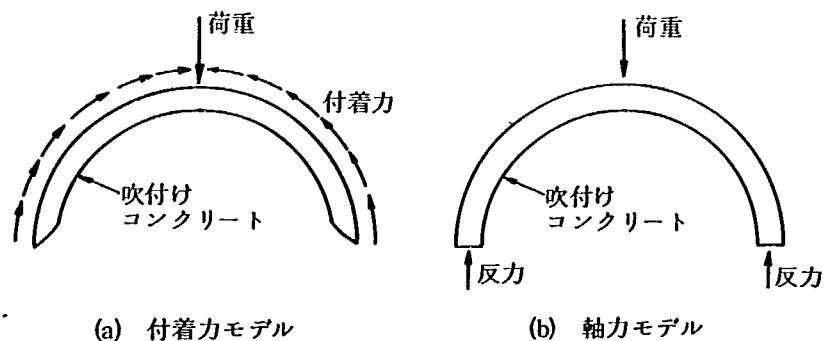


図-2 吹付面全体の安定効果

次に(2)のモデルの概念として、図-2に示す軸力モデルと付着力モデルが考えられている。軸力モデルにおいて吹付けコンクリートに作用した荷重は、掘削盤面上で接触する脚部の反力によって支持される。これは、従来の覆工コンクリートの支持機構と同様な考え方であり、耐力は、吹付けコンクリート自体の強度と吹付け厚さにより決定される。そして、地山の性状は、作用する荷重の大きさ・範囲を左右するのみで、耐力には影響しない。付着力モデルにおいては、吹付けコンクリートの脚部は拘束されておらず、作用した荷重は吹付けコンクリートと地山との付着力により支持される。つまり、耐力を支配する主要因は地山との付着力のみであり、吹付け厚さ（付着力と整合する厚さは必要）はほとんど影響しない。現場での施工例を見ても、付着力モデルと考えられる使用法がほとんどである。

このように吹付けコンクリートの安定効果を考えると、吹付けコンクリートの最大の特徴は荷重の伝達を地山との付着力によって行うことであることから、地山との付着力を知ることが重要となってくる。

そこで吹付けコンクリートの合理的設計を行うには、1) 付着力を始めとする吹付けコンクリートの強度を把握し、2) ゆるみ岩塊の安定効果についての検討を行い、3) 掘削面全体の安定効果を解明していく必要がある。

本資料では、このうち 1) および 2) についての研究成果を紹介するものである。3) については現在実験、および解析中であり、別の機会に報告する予定である。

なお、上記支持機構は、通常の硬岩ないし軟岩の地山の場合に適用できるモデル化である。膨張性地山など掘削面の変形が顕著な場合には、吹付けコンクリートを閉合して使用したり（一種の軸力モデル）、スリットを設けることがあり、このような場合の支持機構については別途検討が必要であろう。

Ⅱ 吹付けコンクリートの力学的物性試験

1. 概 説

吹付けコンクリートの支持機構を検討するには、まず第一に吹付けコンクリートの強度を把握しておかなければならない。この際、吹付けコンクリートの強度の中でも特に付着強度が重要である。すなわち、吹付けコンクリートの支持機構の特徴は、前述のように、吹付けコンクリートに作用した荷重の伝達を地山との付着力によって行うということであるから、地山との付着力を知ることが重要である。また、トンネル掘削サイクルより、吹付けコンクリートの吹付け直後から作業員等はその下で作業を行うことが多い。そうした若材令においては、吹付けコンクリート自身の強度および地山との付着強度は発生途上であるため、発生過程により、支持機構は大きく影響される。したがって、施工の安全を確保するには、各強度の発生過程を把握し経時変化による支持機構も検討しておかねばならない。

以上の理由から、まず最初に、若材令における吹付けコンクリートの付着強度（引張り、せん断）、圧縮強度、引張強度に関する試験を行った。この際、特に若材令における諸強度の経時変化に注目して調べた。

2. 実験方法

2.1 引張付着強度試験

2.1.1 実験装置

図-3、写真-1に引張付着力試験機の概要を示す。引張付着強度を、吹付けコンクリートと吹付板をはく離（引っ張りはがす）させることにより求める装置である。

(1) 吹 付 板

厚さ9mm、大きさ600×600mmの鋼板であり、裏側に形鋼を溶接して剛性を高めている。吹付けコンクリートが一様にはがれるよう、図中の陰で示した部分の鋼板のみが吹付けコンクリートと付着するように、周囲はビニール板をはり付着を切っている。そして、鋼板と吹付けコンクリートの付着を良くするため、表面はグラインダで削り傷を付けている。

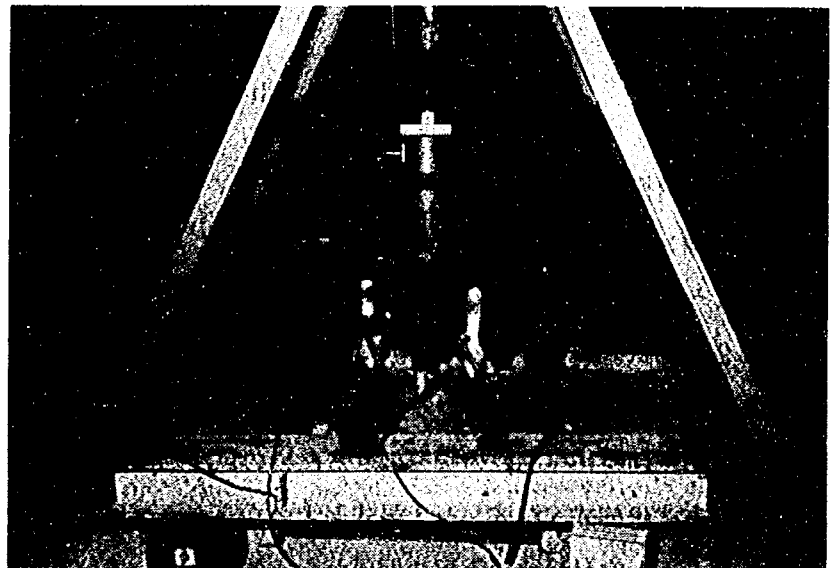
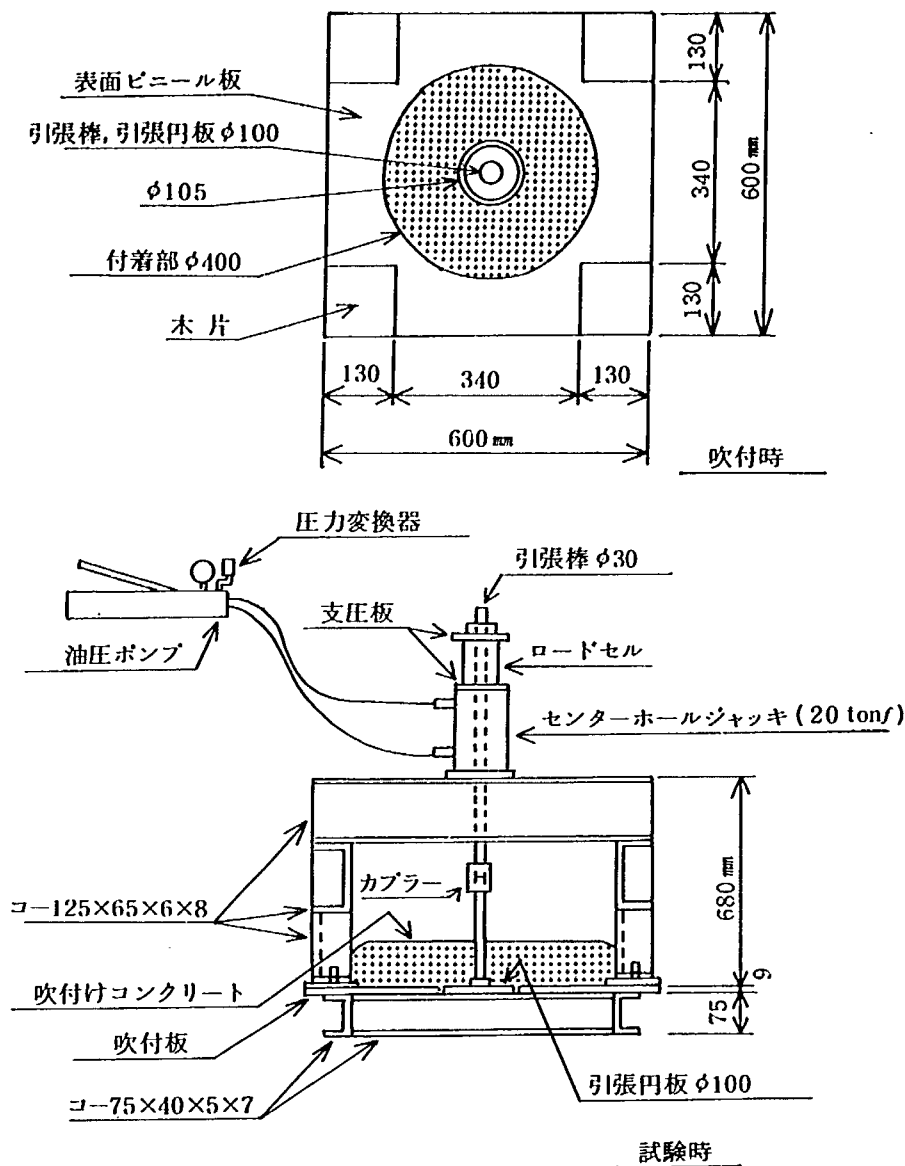


写真-1 引張付着力試験機



図－3 引張付着力試験機概要

(2) 引張円板, 引張棒

吹付けコンクリートを吹付板から引張りはがすための治具である。引張棒は、吹付け時にじゃまにならないよう2本1組となっており、途中でカプラーを介して取り付けられる。

2.1.2 供試体製作

実際にコンクリートを吹付けるのであるが、吹付けは、吹付板を鉛直に設置し正面から行っている。この場合、試験時に試験機の脚をのせるための足場確保のため4隅に木片を取り付けた。(写真－2 参照)

吹付け方式は乾式・湿式・セミ湿式と大きく3タイプに分けられるが、今回は、実験の規模が比較的小さいことと、吹付け機の手配の関係から、乾式を用いている。図－4に吹付け作業のフローチャートを、表－1に配合を示すが、本試験はAの配合である。

養生は、トンネル現場と同様な高温高湿状態で行うのが最も望ましいが、実験室の都合上今回は、吹



左3ヶは引張付着力試験用供試体
右1ヶは圧縮強度、引張強度用テ
ストピース型枠

写真-2 供試体作製

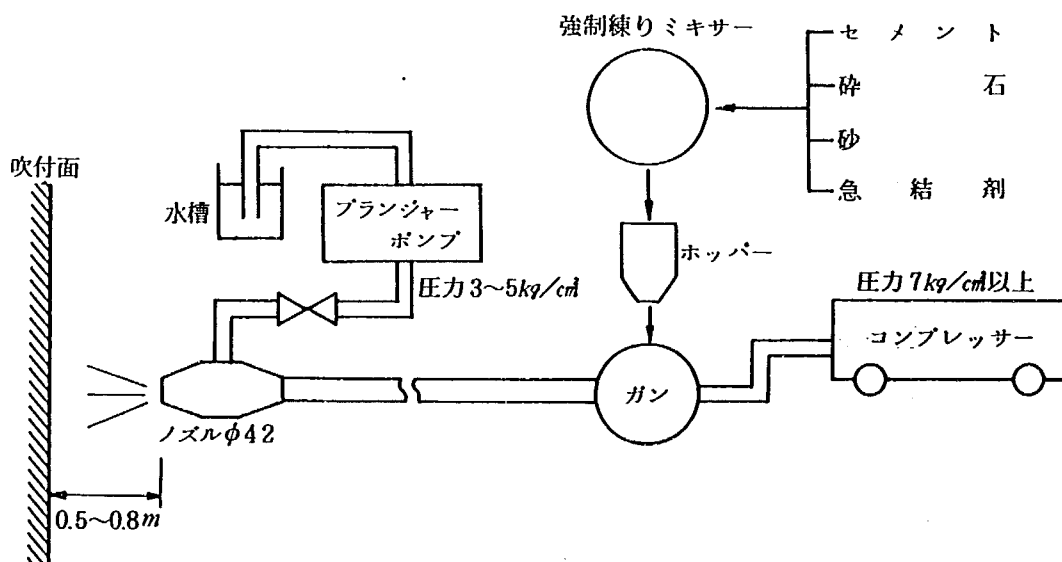


図-4 乾式吹付けフローチャート

表-1 吹付けコンクリート示方配合

	粗骨材の 最大寸法 (mm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/(S+G) (%)	単 位 量 (kg/m³)				
				水 :W	セメント :C	細骨材 :S	粗骨材 :G	急結剤 注1) C×3%
A	13	40	50	120	300	935	935	9
B	13	40	60	128	320	1,200	800	9.6

注1) QP-500

注2) 配合Aは昭和55年度（吹付けコンクリート押抜き模型実験）、昭和56年度（引張付着強度試験）に、
配合Bは昭和57年度（せん断付着強度試験）に、使用した。

配合をAからBに変更した理由は、配合Aにおいて粗骨材のはね返りが多く見られたためである。

付け後直ちに表面をビニールシートで覆う程度のものとした。

なお、供試体相互間のばらつきを少なくするため、全供試体1バッチで1度に製作するのが望ましいが、吹付板の枚数および実験パラメータの材令の関係から、吹付け作業は数回に分けて行った。

2.1.3 実験条件

表-2 a) に実験パラメータを示す。

材令24時間以内の9種類の材令について試験した。また引張付着強度を低下させる要因として発破と湧水を考え、発破を考慮した衝撃荷重を加えたケース、湧水（表面水）を考慮したケースを加えた。さらに、実際の岩と鋼板との差を把握するため岩石についてのものを試験した。

衝撃荷重は、図-5に示すように吹付板裏側をハンマーで打撃するという方法を探り、振動速度30kine程度（薬量約1.7kgの心抜き発破において約5m離れた地点の推定振動速

表-2 実験パラメータ

a) 配合Aにおいて

材 令 (hr)	1	2	3	4	6	8	12	16	24
圧縮試験 引張試験	○	○	○	○	○	○	○	○	○ ^{注)}
引張付着試験	標準	○	○	○	○	○	○	○	○
	衝撃	—	—	○	—	○	—	—	○
	表面水	—	—	○	—	—	—	—	—
岩 石	—	—	—	—	—	—	—	—	○

注) 異方性に関するものも同時に行った。

b) 配合Bにおいて

材 令 (hr)	3	7	24	48	72	168	672
圧縮試験 引張試験	—	—	○	○	○ ^{注)}	○	○
せん断付着試験	○	○	○	—	—	—	—

注) 配合をAとしたもの、および、20℃
80%恒温・恒湿養生としたものも、同時に行った。

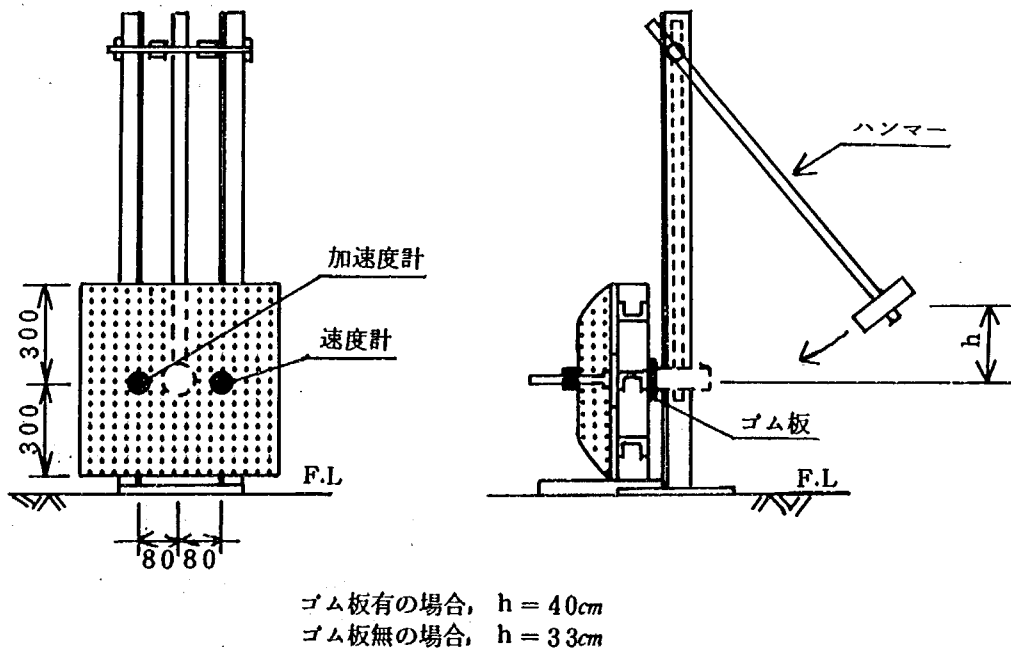


図-5 衝撃荷重の与え方

度に相当。 $\text{kine} = \text{cm}/\text{sec}$) を目標とした。試験には、材令3時間、6時間、24時間において打撃した後すぐに試験するものと、材令3時間、6時間において打撃した後材令24時間になった時点で試験するも

のとがある。

表面水は、図-6に示す方法でコンクリート吹付時のみ流し、養生中は流していない。水量は、滴水程度および表面を流れる程度の2種類とした。

岩石は、吹付板と同じ表面積となる $600 \times 600 \times 300$ の大きさのもので、大谷石（凝灰岩）と御影石（花こう岩）の2種類の岩種に対して、それぞれ表面を荒目と細目に研摩したものを用いた。

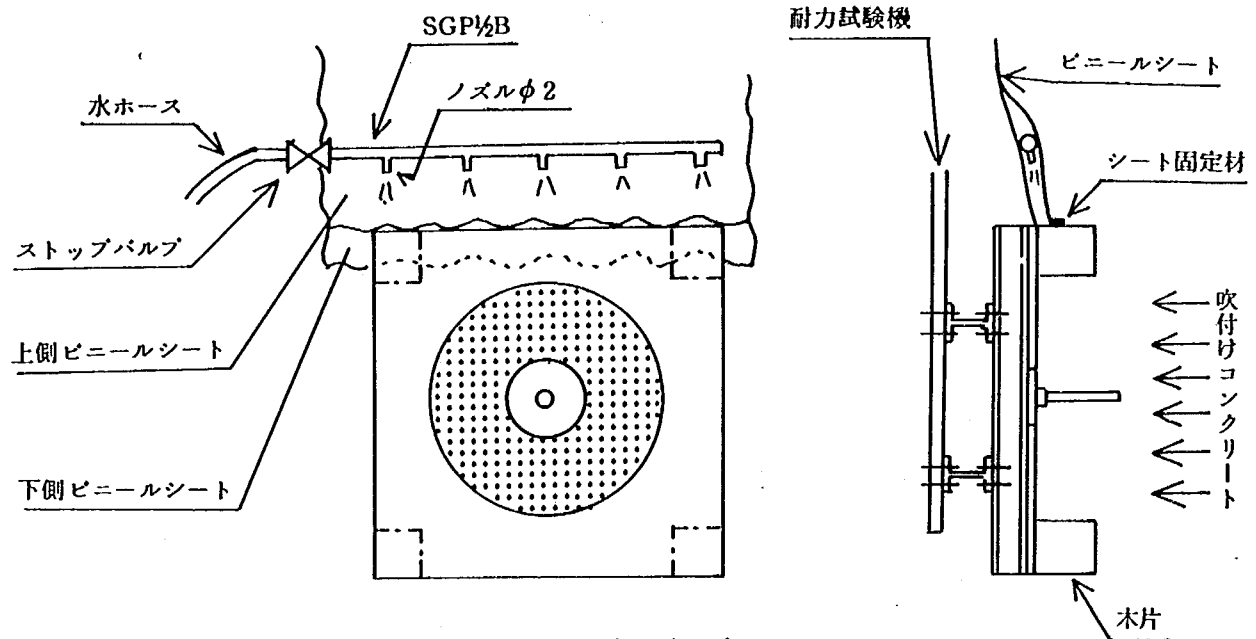


図-6 表面水の流し方

2.1.4 測定項目

(1) 载荷荷重

载荷荷重は、ジャッキの油圧を圧力変換器により測定した。なお载荷は、付着が切れるまでの荷重を10～20段階程度に分けて行っている。

(2) 変位

歪変換式変位計により、各荷重段階ごとに図-7に示す5点の変位を測定した。

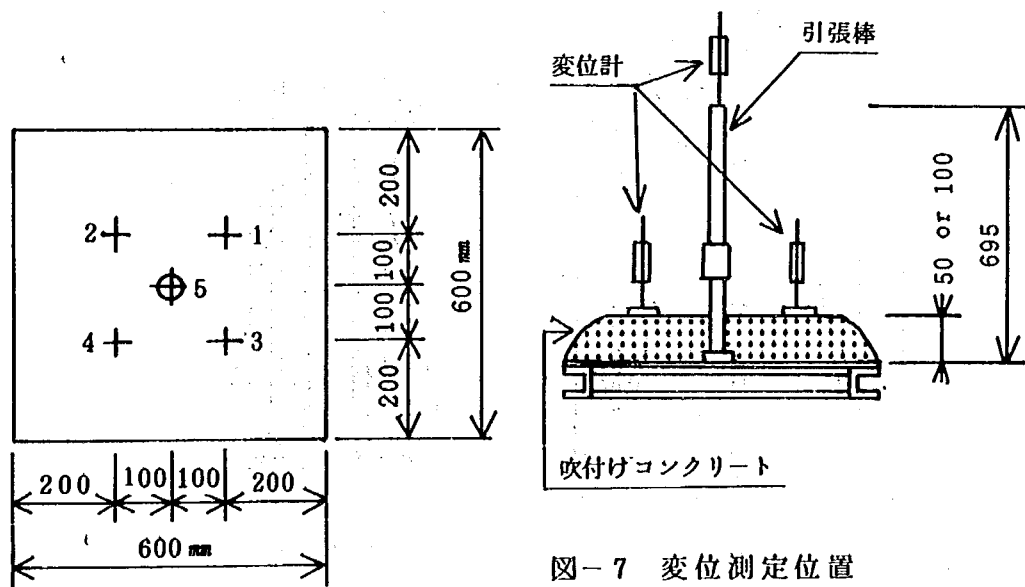


図-7 変位測定位置

(3) 付着状況の観察

試験終了後、吹付板と吹付けコンクリートの付着状況の目視観察と写真撮映を行った。この時、図-3に示した予想付着部（陰部）以外にも付着が見られる等の特徴があればスケッチを行い、引張付着強度を求める場合の参考とした。

(4) 衝擊力

吹付けコンクリート表面に直接ピックアップを2ヶ取り付け、加速度と速度を測定し、データレコーダに記録した。(図-5参照)

2.2 せん断付着強度試験

2.2.1 実験装置

図-8, 写真-3 にせん断付着力試験機の概要を示す。せん断付着強度を, 吹付けコンクリートと吹

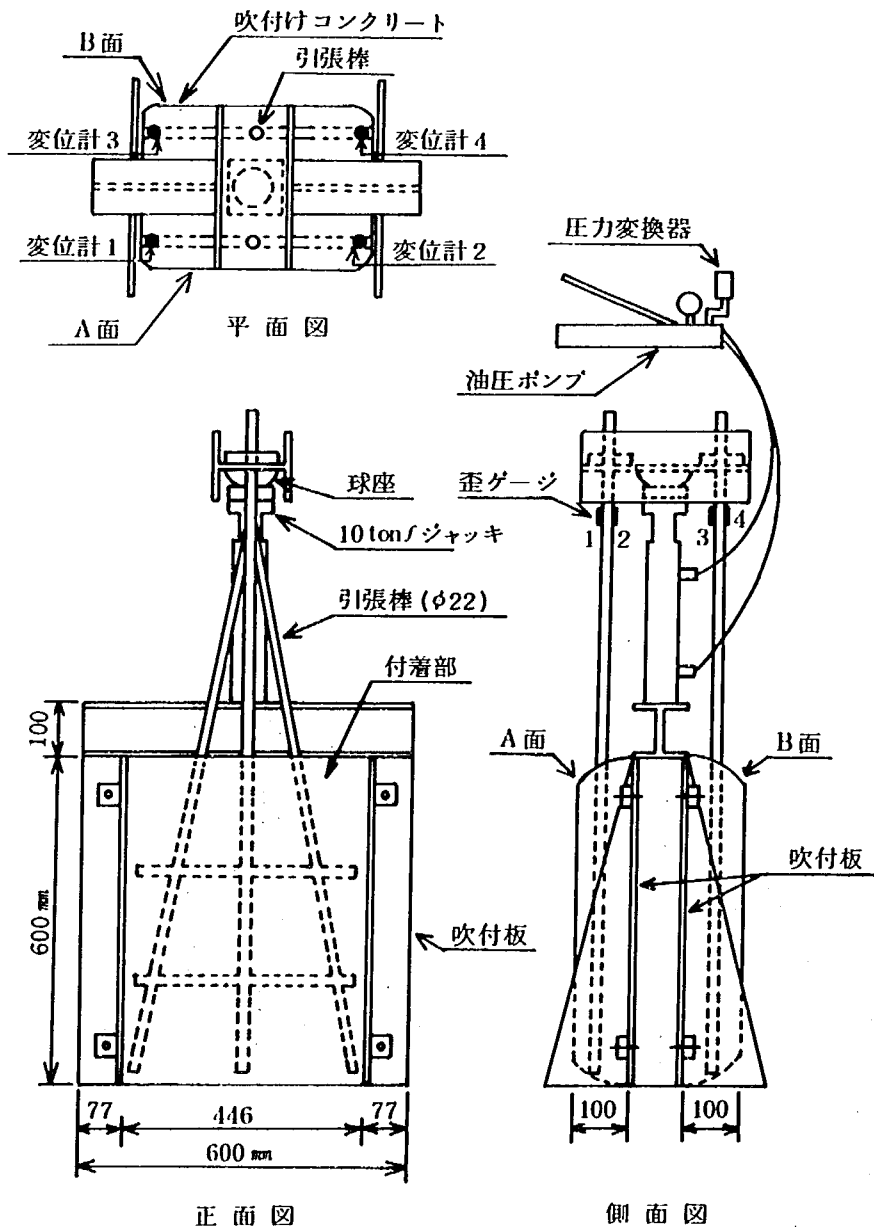


図-8 せん断付着力試験機概要

付板をすべらせることにより求める装置である。

(1) 吹付板

厚さ 9 mm, 大きさ 600×600 の鋼板を, 形鋼の両面にボルトにて接合している。実際に吹付ける所は 600×446 の部分であり, 表面はグラインダーで削り傷を付けている。

(2) 引張棒

φ22の丸棒であり, 吹付けコンクリートの間に埋め込み, 吹付けコンクリートを一体として引き上げようとするものである。

2.2.2 供試体製作

吹付けは, 両側の引張棒を平行にセットした状態で行った。吹付け方式は乾式であり, 配合は表-1のBである。2.1の配合を変更した理由は, 2.1の実験において粗骨材のはね返りが多く見られたためである。

養生は2.1と同様, 吹付後直ちに表面をビニールシートで覆う程度のものである。

2.2.3 実験条件

表-2 b) に示すように, 材令 3 時間, 7 時間, 24 時間において試験した。

2.2.4 測定項目

(1) 載荷荷重

圧力変換器を用いた。また引張棒に歪ゲージを添付し, A面とB面の荷重の分担率を求めた。なお載荷は, 付着が切れるまで数10段階程度に分けて行っている。

(2) 変位

歪変換式変位計により, 各荷重段階ごとに図-8に示す4点の変位を測定した。

(3) 付着状況の観察

2.1.4 (3)と同様である。

2.3 圧縮強度試験・引張強度試験

2.3.1 供試体

図-9に示す圧縮強度・引張強度用テストピース型枠に, 表-1のAあるいはBの配合によりコンクリートを吹付け, ある程度硬化した後脱型し, コンクリートカッターで10×10×10 cmの立方体に切断して供試体とした。

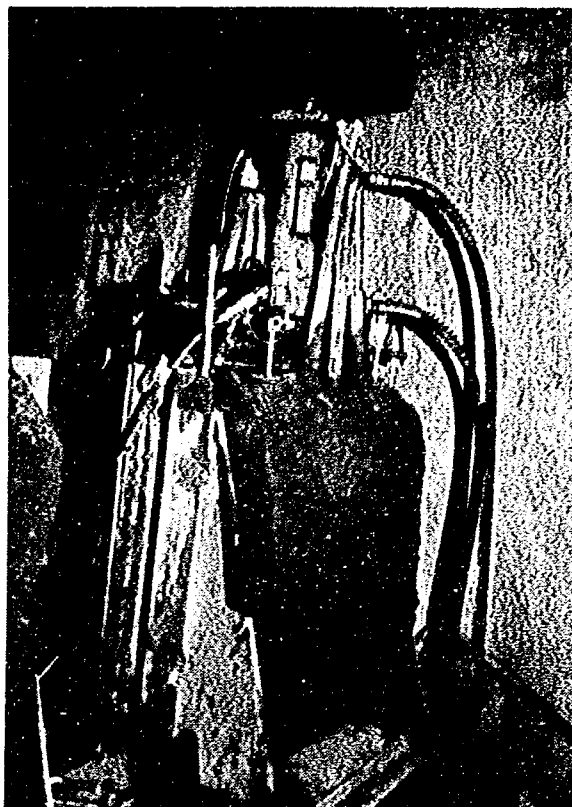


写真-3 せん断付着力試験機

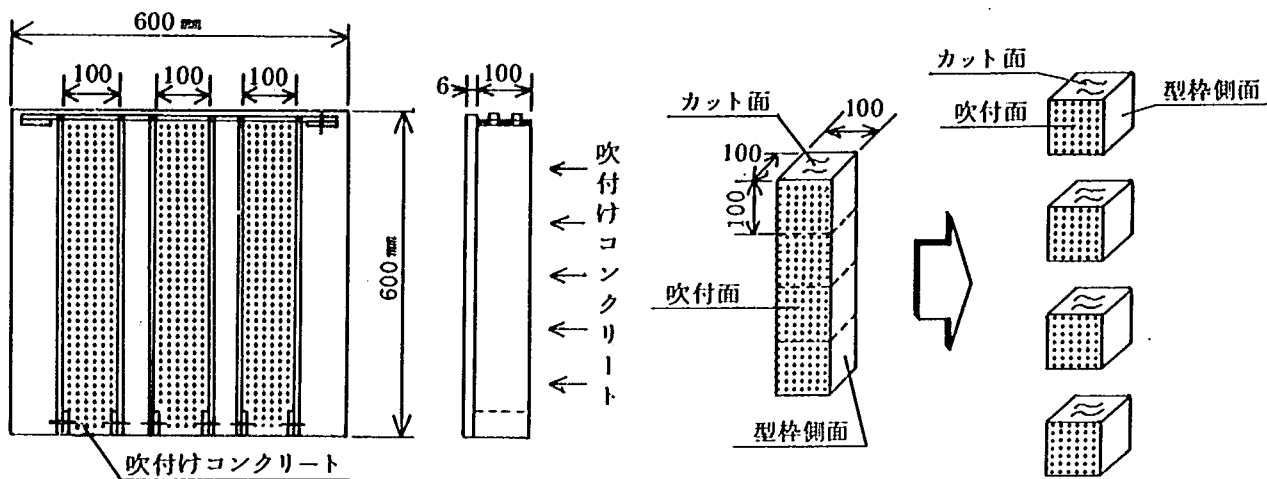


図-9 圧縮強度・引張強度用テストピース概要

2.3.2 試験条件

載荷方向を図-10に示す。表-2に示すように、Aの配合においては24時間以前の材令で、Bの配合においてはそれ以降の材令で試験した。また、材令24時間においては異方性を調べるため、載荷方向を異なる3方向について行った。

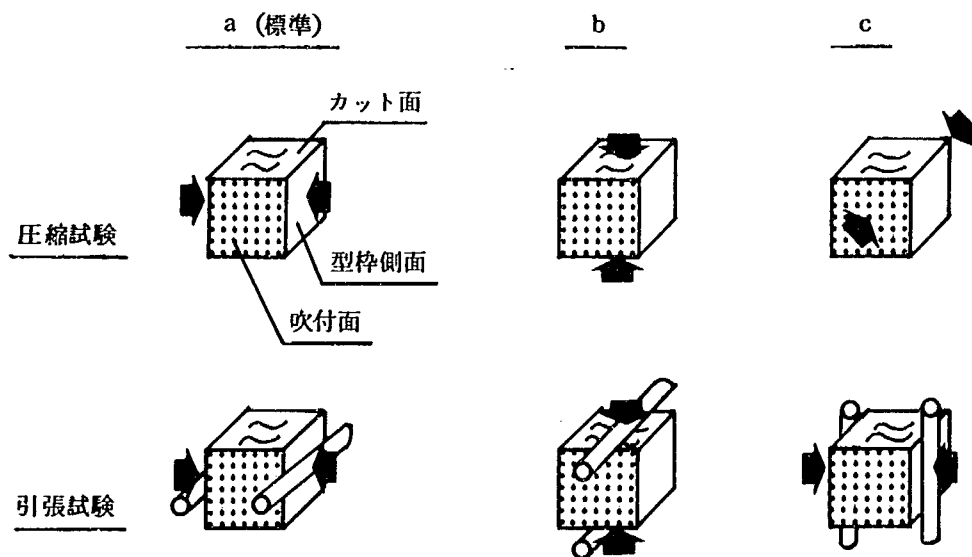


図-10 載荷方向

2.3.3 試験方法

圧縮強度は一軸圧縮試験により、引張強度は圧裂試験により求めた。

2.3.4 測定項目

(1) 最大荷重

目盛を目視により読み取った。

(2) 変位、歪

図-11に示すように、一軸圧縮試験において、変位をダイヤルゲージ（あるいは歪変換式変位計）に

て、歪を歪ゲージにて測定した。

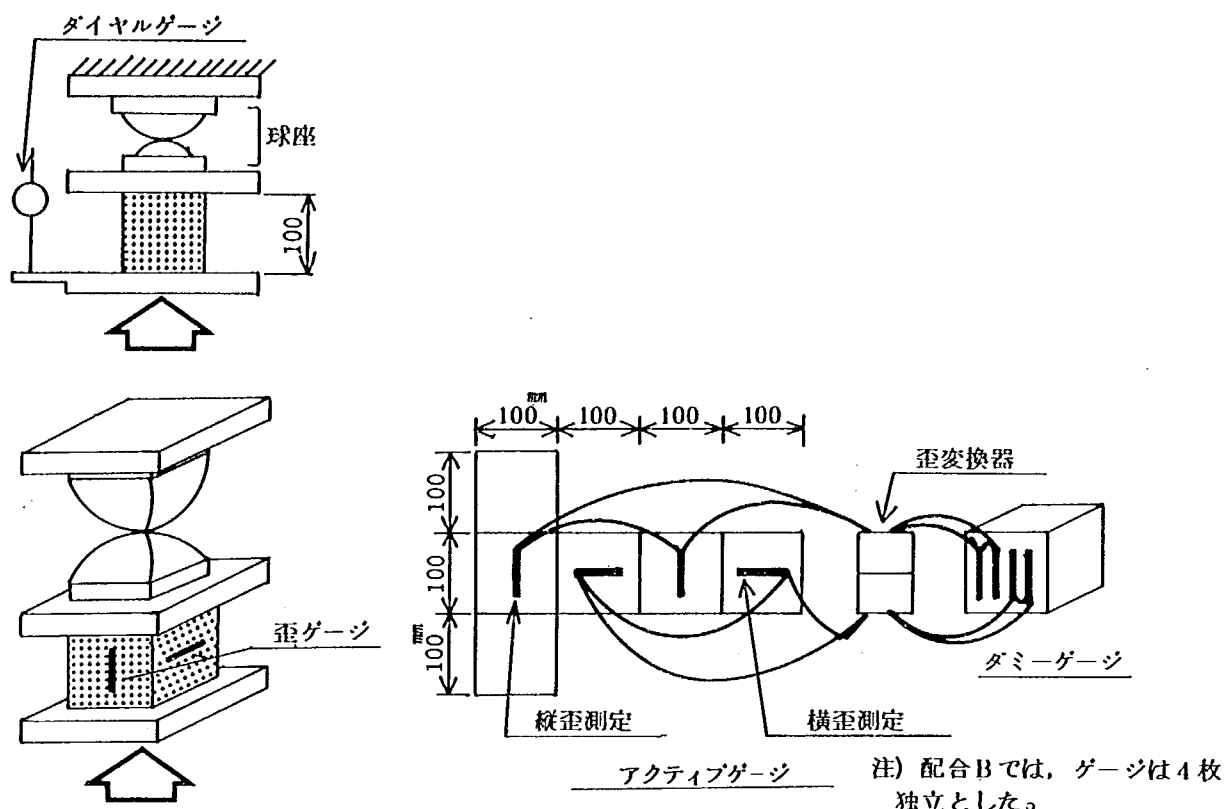


図-11 変位、歪測定図

3. 実験結果

実験の結果は巻末の資料に示すとおりである。

3.1 引張付着強度

図-12に引張付着強度の経時変化を示す。微細な吹付け方法の差・吹付板の表面性状等によりばらつきが大きく、時間との相関を一律には決定しがたいが、全体的な傾向としては、材令8時間において約 0.6 kgf/cm^2 の強度となり、その後は大きく増大しない。

図-13は衝撃荷重の影響についての試験結果を示している。材令3時間、6時間において若干低下の傾向は見られた。しかし、衝撃荷重は2通りの方法で与えたのであるが、同じ方法においてさえ各供試体で衝撃荷重の大きさは異なってしまう、微細な吹付け方法の差等によるばらつきも大きいため、有意差があったといえるかどうかは疑問である。

表-3は表面に水を流した場合の引張付着強度を示している。吹付面上に少量でも水分が存在すれば引張付着強度は低下すること、実験した水量の範囲では強度の低下は水量にあまり関係しないことがわかる。その低下の割合は、材令3時間において約50%であった。

表-4は岩石との引張付着強度を示しているが、鋼板に比べ3～5倍の引張付着強度が得られた。た

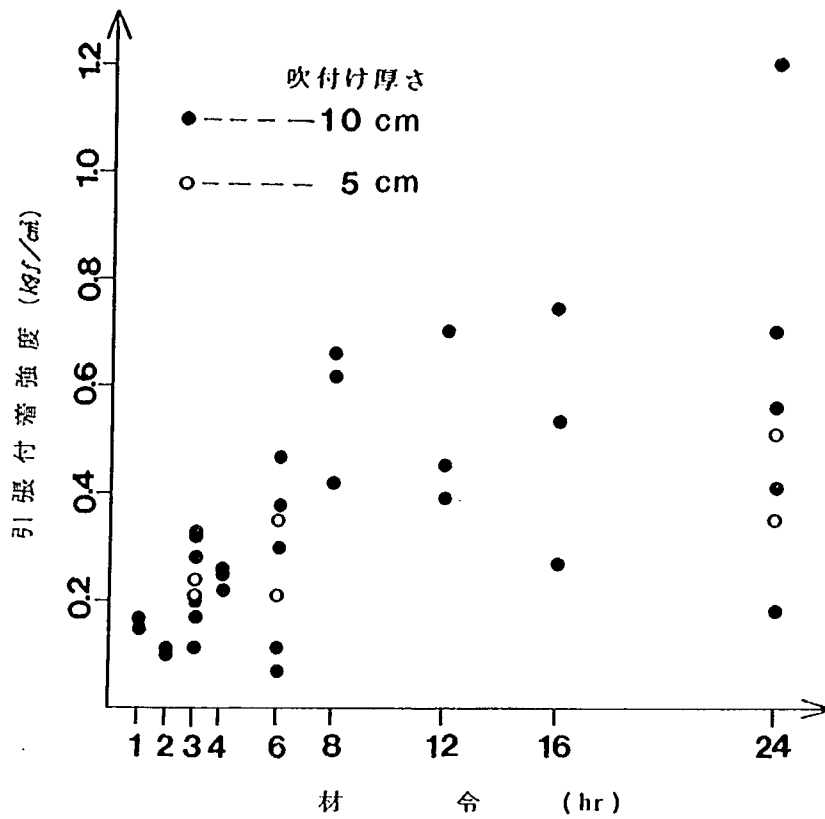


図-12 引張付着強度の経時変化 (配合A)

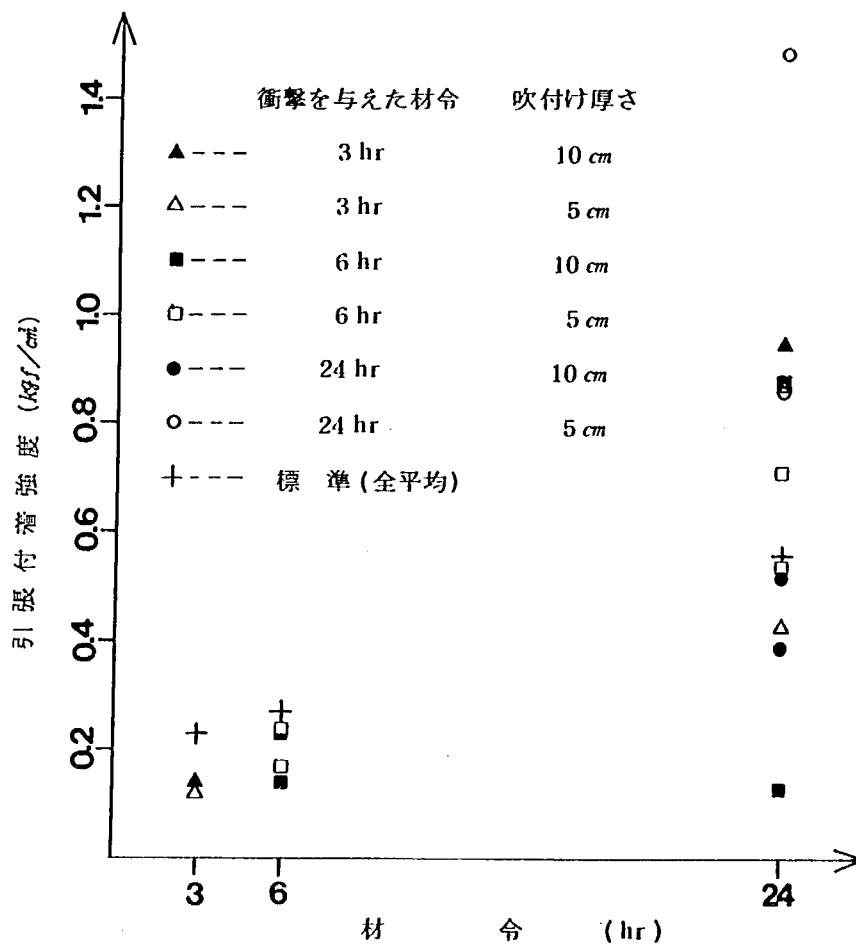


図-13 衝撃荷重の影響 (配合A)

表-3 表面水の影響（材令3時間，配合A）

水 量 (ml/m/min)	引張付着強度 (kgf/cm ²)
0	0.23
133	0.11
3,250	0.10

表-4 岩石との引張付着強度（材令24時間，配合A）

鋼 板（平均）		kgf/cm ² 0.56
大 谷 石	細 目	3.07
	荒 目	2.88
御 影 石	細 目	1.81
	荒 目	2.54

だし大谷石については、岩石とコンクリートがはがれるのではなく岩石内部で岩石自体が引張破壊を起こしていたため、吹付けコンクリートとの引張付着強度としては十分である。岩石との引張付着強度が大きいのは、岩石の表面には凹凸があること、岩石がコンクリート中の余剰水分を吸収する等の理由によると思われる。（写真-4～写真-7参照）

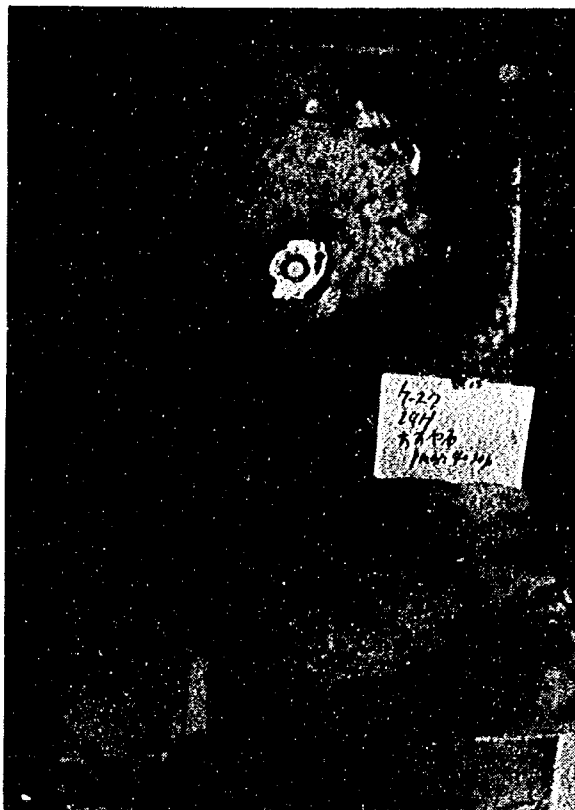


写真-4 付着状況写真
（CASE7-A 大谷石-細目）

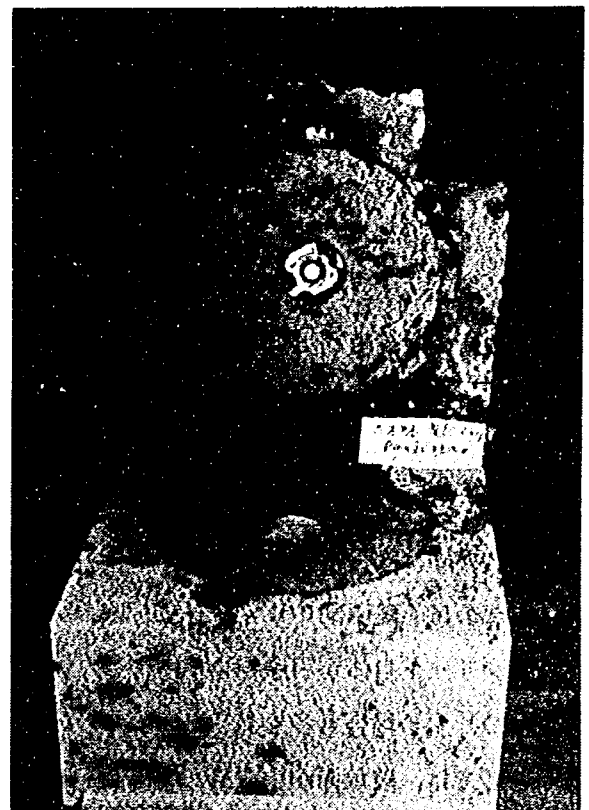


写真-5 付着状況写真
（CASE7-B 大谷石-荒目）

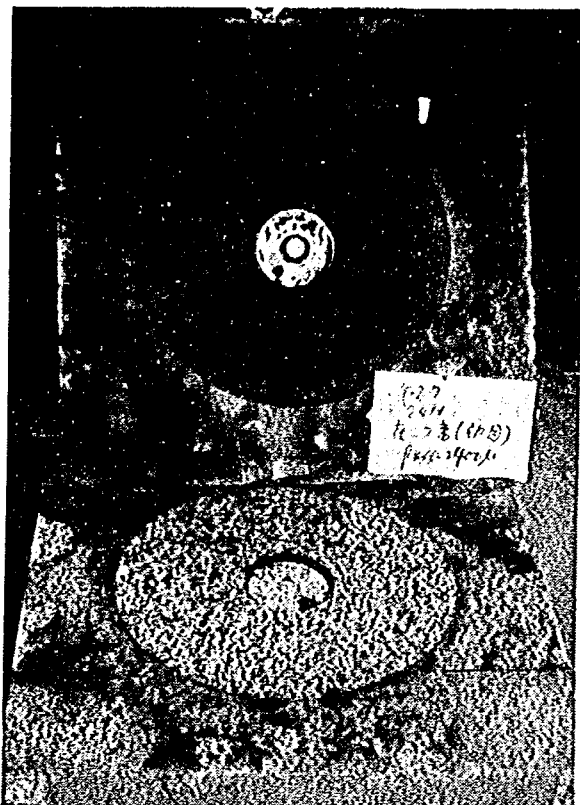


写真-6 付着状況写真
(CASE7-A 御影石-細目)

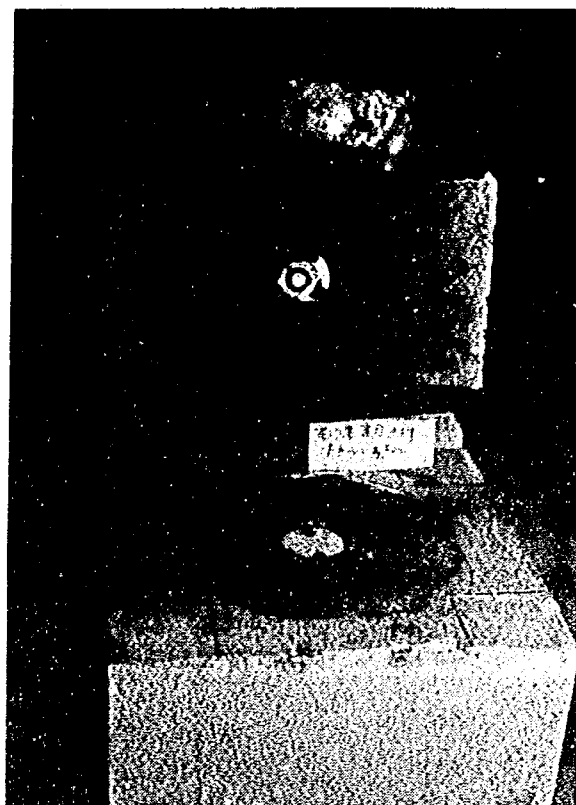


写真-7 付着状況写真
(CASE7-B 御影石-荒目)

3.2 せん断付着強度

図-14にせん断付着強度の経時変化を示す。材令24時間まで増大し約 0.4 kgf/cm^2 の強度となった。ただし実験を行った結果、当初予定していた吹付けコンクリートと鋼板の付着部のはく離（図中●）以外に、吹付けコンクリート自体が引張棒の箇所で破壊（図中○）する場合も多く見られた。この原因としては、破壊面が引張棒のすぐ裏側であったことから、吹付け時に巣が発生しコンクリートに弱点があったこと、吹付けコンクリート自身の強度も非常に小さかったこと（材令24時間における圧縮強度は約 27 kgf/cm^2 ）、等が考えられる。なお、この場合のせん断付着強度はその値以上が期

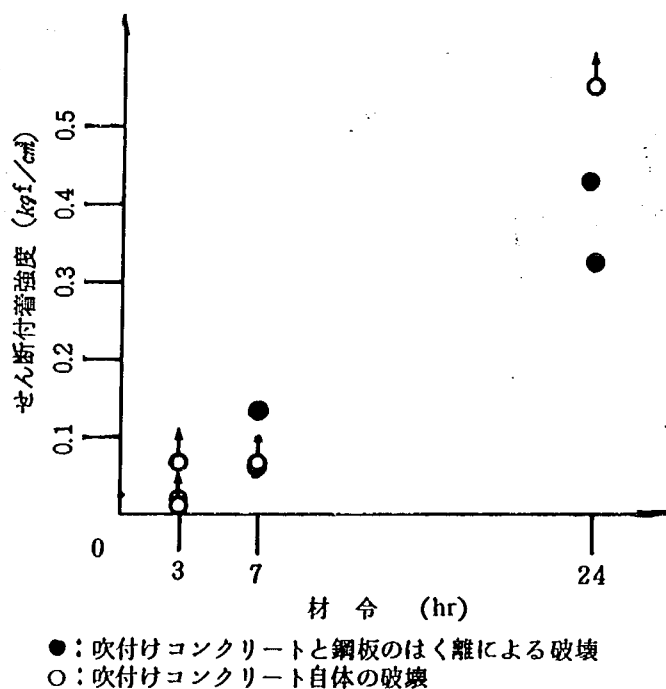


図-14 せん断付着強度の経時変化 (配合B)

待できる。

3.3 圧縮強度

図-15に、Aの配合による材令24時間以内の圧縮強度の経時変化を示す。材令約4時間までは強度の発生は非常に小さく、それ以降24時間まではほぼ直線的に増大している。なお、図中実線は一次回帰より求めた。

図-16に、Bの配合による材令1日以上の圧縮強度の経時変化を示す。材令3日以内ではほとんど差はなく30 kgf/cm²前後、7日で約80 kgf/cm²、28日で約100 kgf/cm²

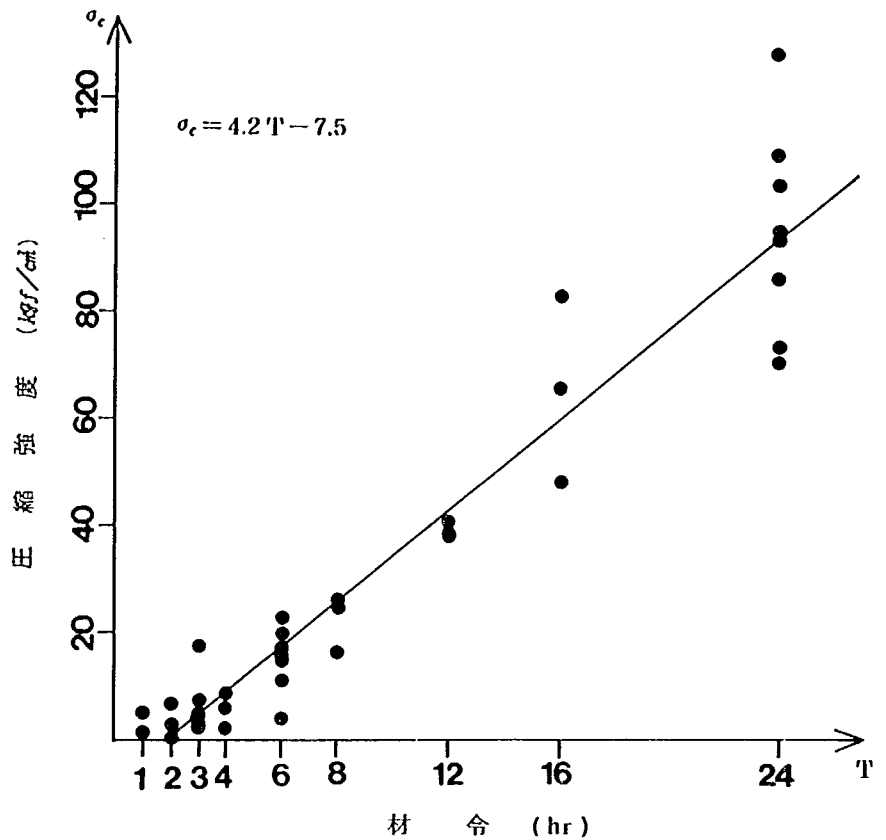


図-15 圧縮強度の経時変化 (配合A)

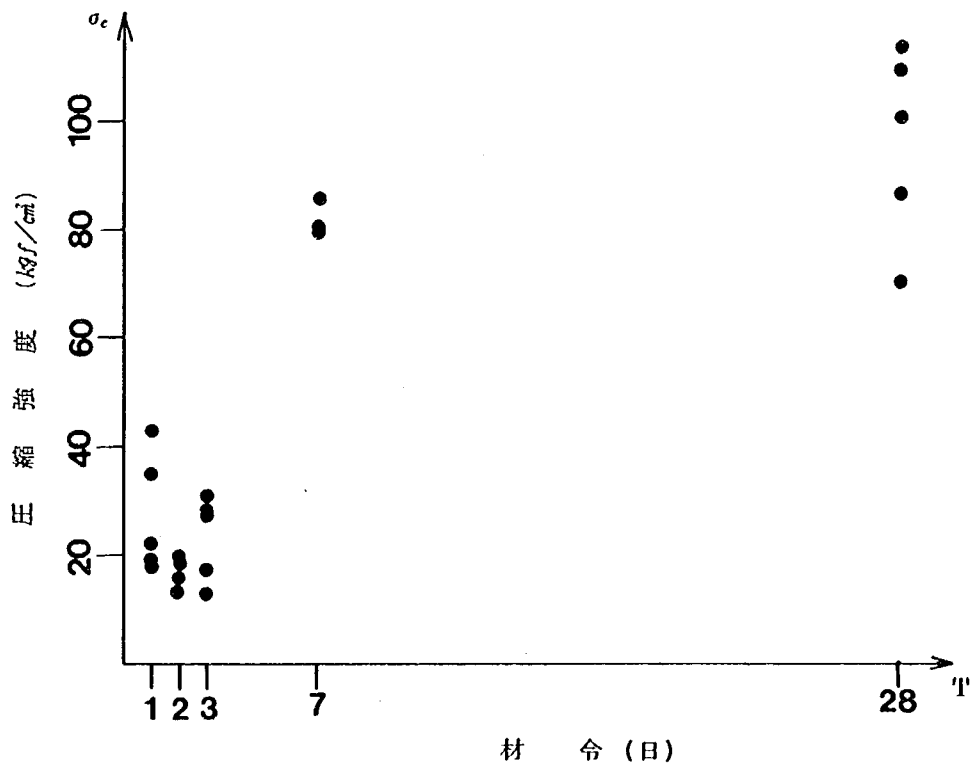


図-16 圧縮強度の経時変化 (配合B)

／ cm 程度と、図-15と比較し、非常に小さな値しか得られていない。この原因を調べるため、材令3日において、配合をAとしたもの、養生を $20^{\circ}C \cdot 80\%$ の恒温恒湿としたもの（配合Bの試験時の温度が約 $6^{\circ}C$ と配合Aの試験時の温度約 $17^{\circ}C$ と比べかなり低かったため）を試験した。結果を図-17に示す。供試体数が少ないため断定はできないが、このデータのみから判断すると、圧縮強度低下の原因は、AとBの配合の差が最も支配的であり、ついで養生の状態であると思われる。

次に、配合Aにおける圧縮強度の異方性を図-18に示す。供試体数が少ないため断言はできないが、吹付ける方向に载荷した場合の強度に若干低下の傾向が見られた。

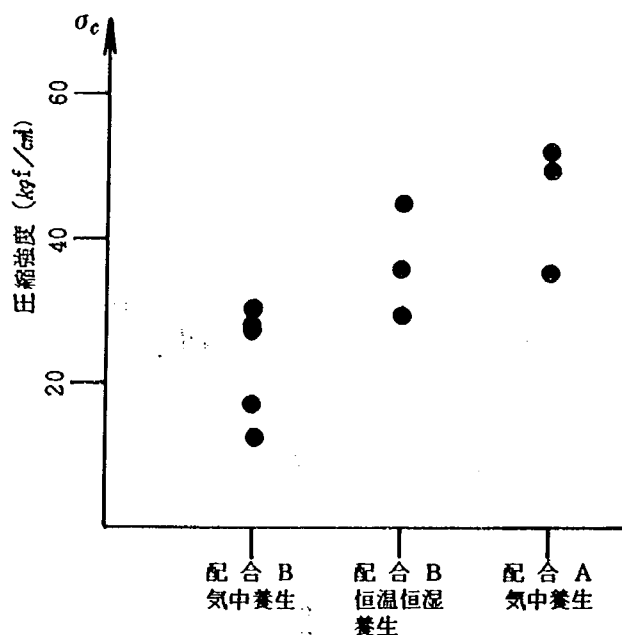


図-17 配合、養生方法が圧縮強度に与える影響

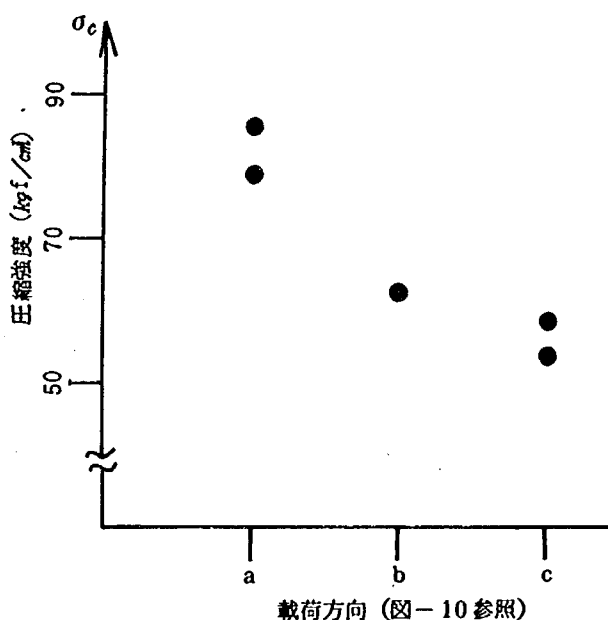


図-18 圧縮強度の異方性（配合A）

3.4 引張強度

図-19に、Aの配合による材令24時間以内の引張強度の経時変化を示す。圧縮強度と同様に、材令4時間までは強度の発生は非常に小さく、それ以降ほぼ直線的に増大している。なお、図中実線は一次回帰より求めた。

図-20に、Bの配合による材令1日以上引張強度の経時変化を示す。材令7日まではほぼ直線的に増大して約 $6.6 kgf/cm$ 、材令28日において約 $9.2 kgf/cm$ と、やはり配合Aよりかなり低い。そこで、圧縮強度同様配合と養生方法を変えて試験した結果を図-21に示す。やはり、引張強度低下の原因も、AとBの配合の差が支配的で、ついで養生状態であると思われる。

次に、配合Aにおける引張強度の異方性を図-22に示す。圧縮強度同様、吹付ける方向に引っ張った場合の強度に若干低下の傾向が見られた。

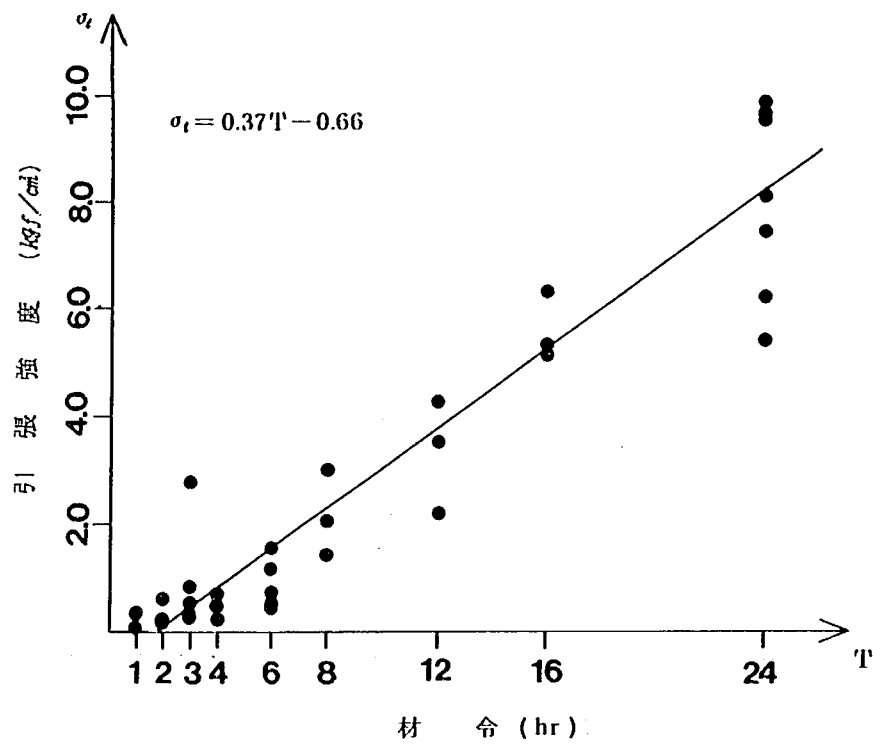


図-19 引張強度の経時変化 (配合A)

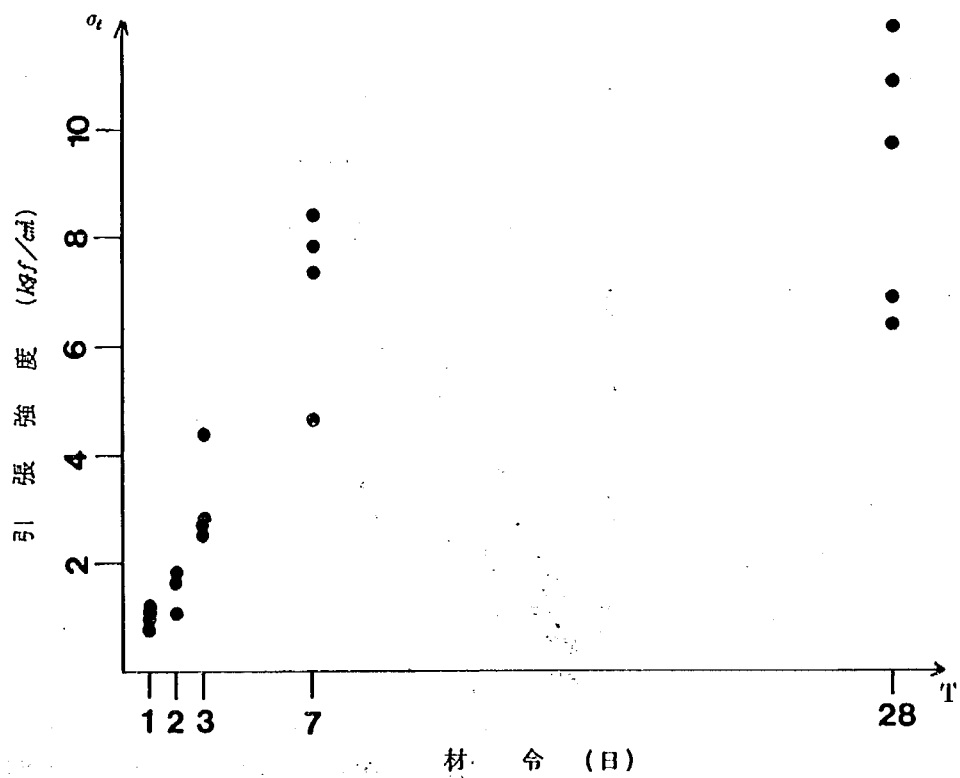


図-20 引張強度の経時変化 (配合B)

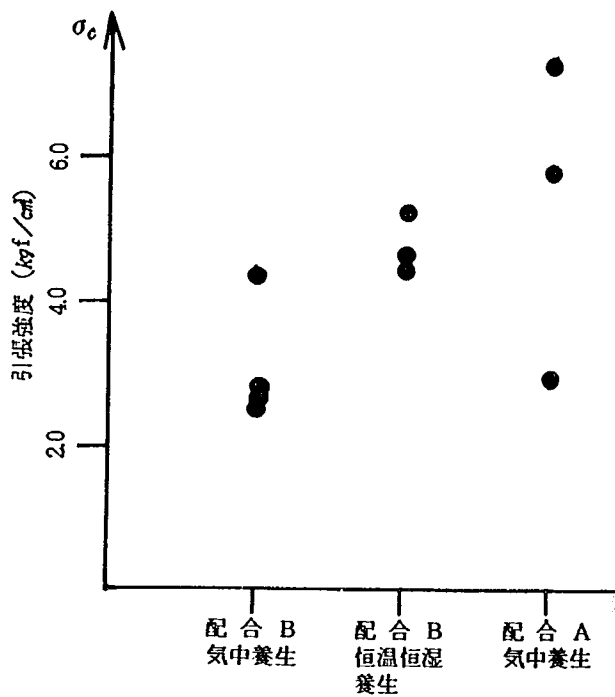


図-21 配合、養生方法が引張強度に与へる影響

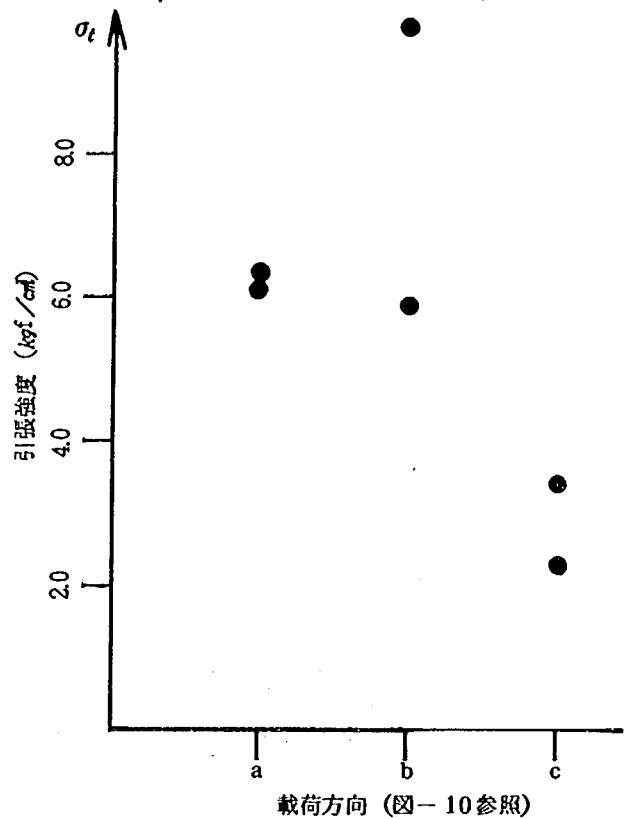


図-22 引張強度の異方性 (配合 A)

3.5 引張付着強度と圧縮強度の関係

図-23に材令24時間以内における引張付着強度と圧縮強度の関係を示す。圧縮強度約 30 kgf/cm^2 以上ではばらついてはいるものの、ほぼ横軸に平行に分布している。図-12とも合わせて考えると、引張付着強度は、吹付け後24時間以内では約8時間経過以降一定となり、圧縮強度 (同一配合の場合) にも依存しないと考えられる。

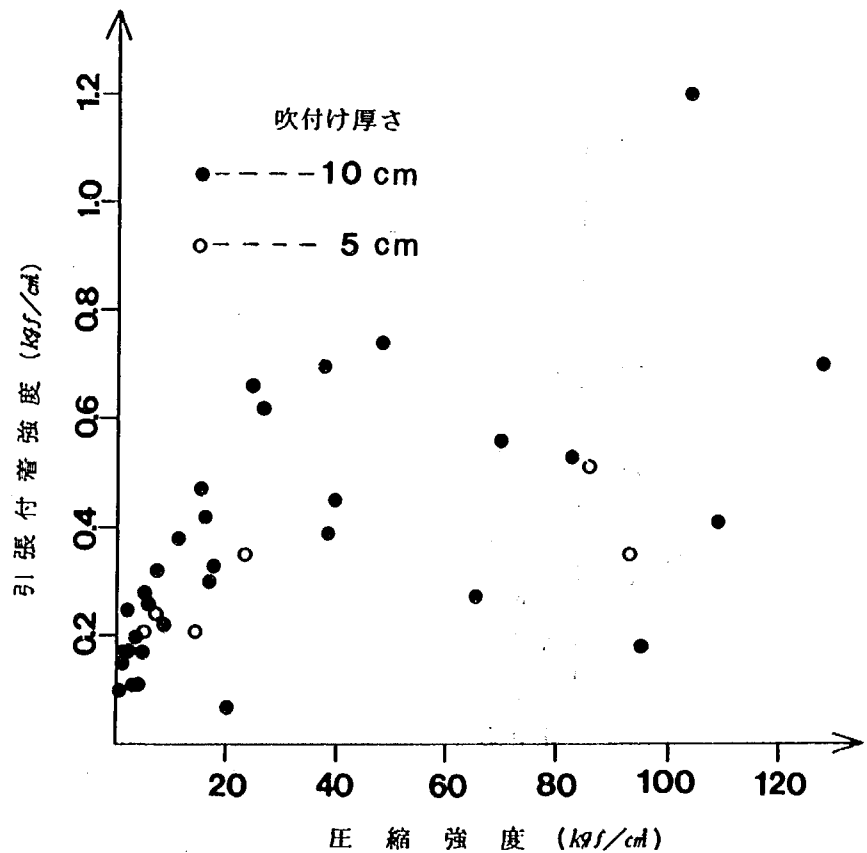


図-23 引張付着強度と圧縮強度の関係 (配合 A)

3.6 圧縮強度と引張強度の関係

図-24, 図-25に, それぞれAの配合, Bの配合による圧縮強度と引張強度の関係を示す。両者の関係については, 配合による差はほとんどなく, 非常に良い比例関係にあることがわかる。なお, 図中実線は一次回帰より求めた。

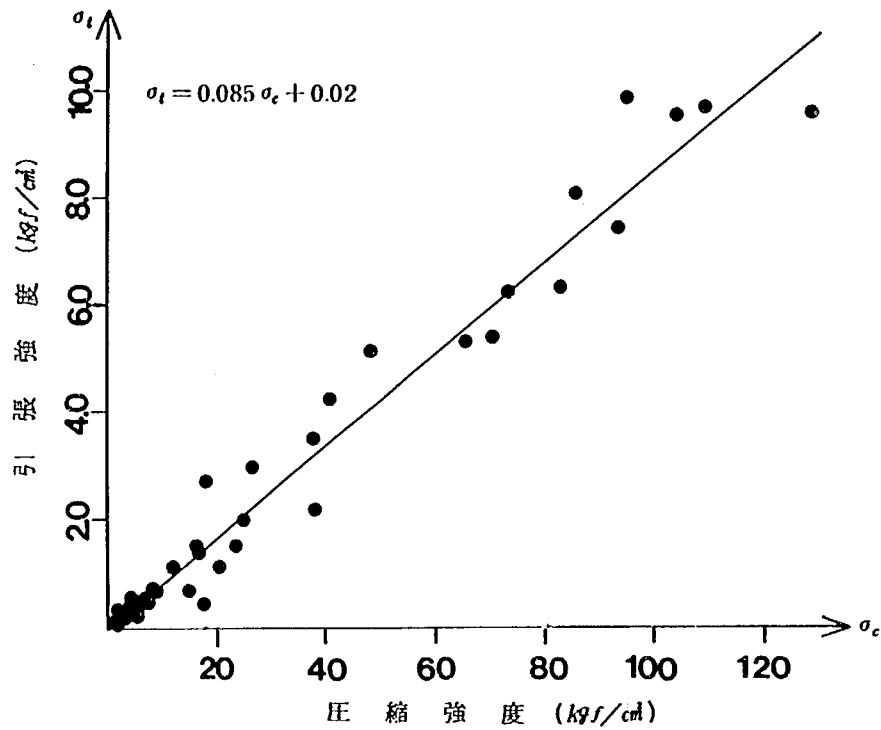


図-24 圧縮強度と引張強度の関係 (配合A)

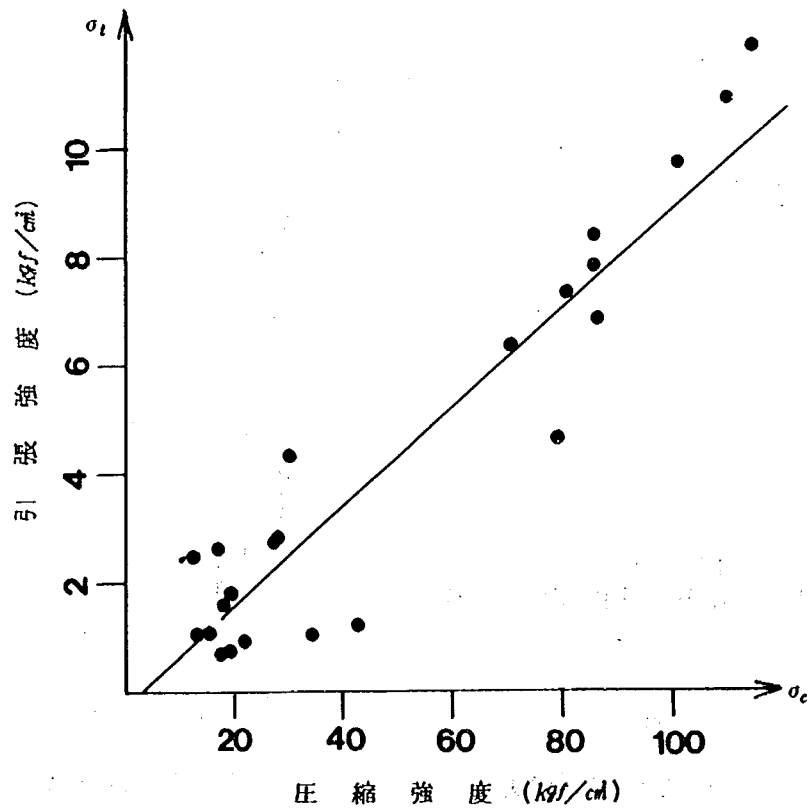
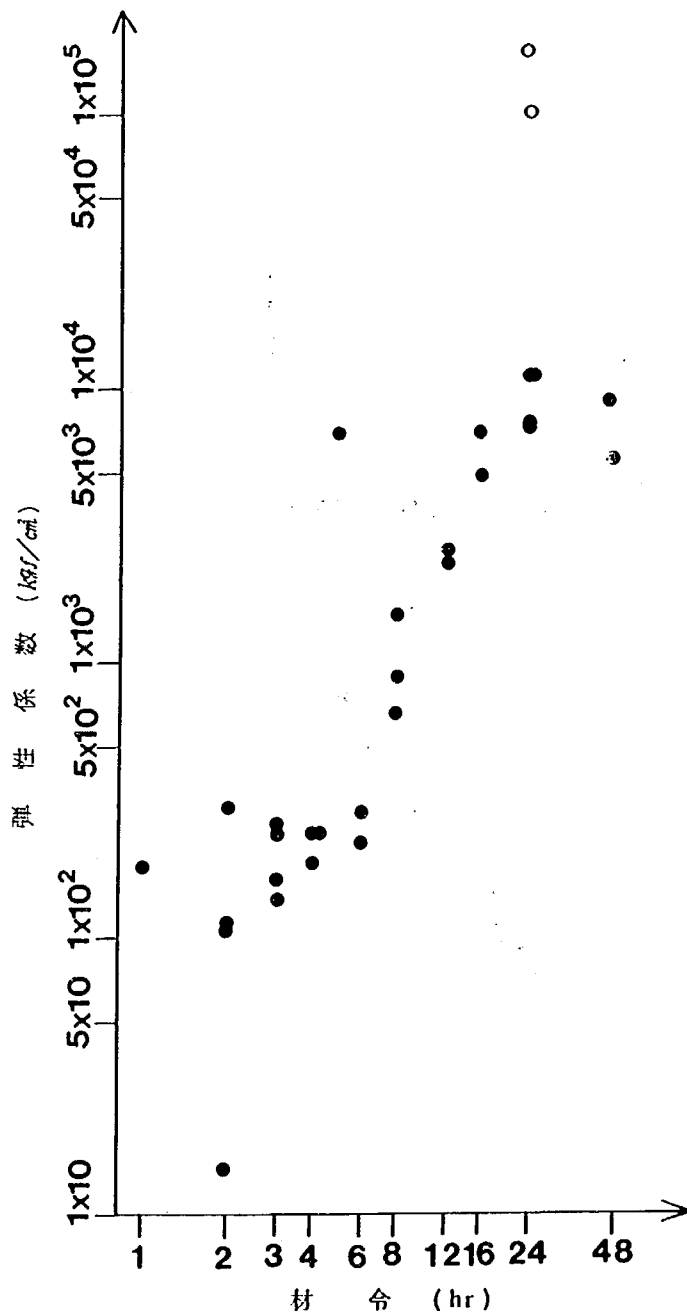


図-25 圧縮強度と引張強度の関係 (配合B)

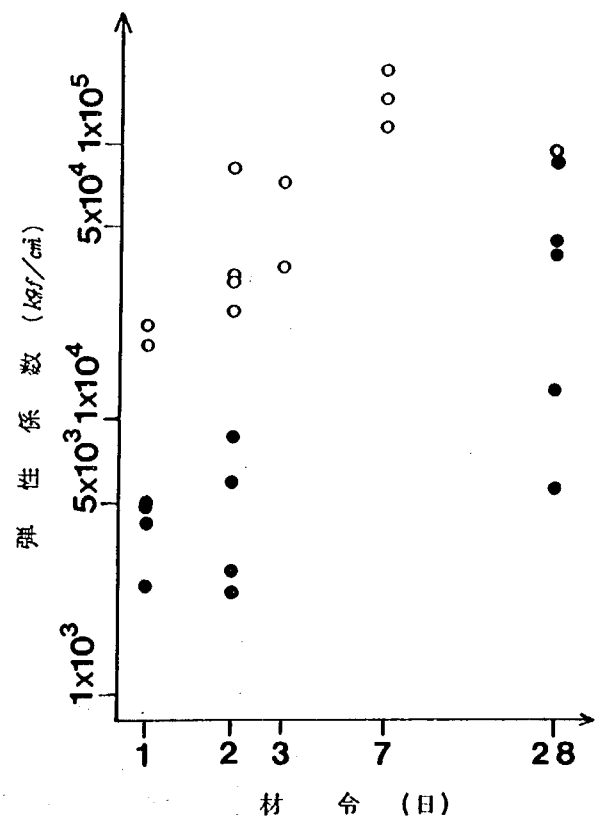
3.7 弾性係数，ポアソン比

図-26～図-29は，弾性係数の経時変化および圧縮強度と弾性係数の関係を，それぞれ配合AとBについて，両対数グラフにプロットしたものである。●はダイヤルゲージ（あるいは変位計）から接線弾性係数として，○は歪ゲージから割線弾性係数（破壊強度の $\frac{1}{2}$ ）として求めたものである。ダイヤルゲージから求めた弾性係数と圧縮強度の関係を見ると，配合Aではかなり良い相関があり，配合Bでもばらつきはあるもののほぼ同様な相関が見られる。また，ダイヤルゲージによる値と歪ゲージによる値を



●：ダイヤルゲージより求めた接線弾性係数
○：ひずみゲージより求めた割線弾性係数

図-26 弾性係数の経時変化（配合A）



●：変位計より求めた接線弾性係数
○：ひずみゲージより求めた割線弾性係数

図-27 弾性係数の経時変化（配合B）

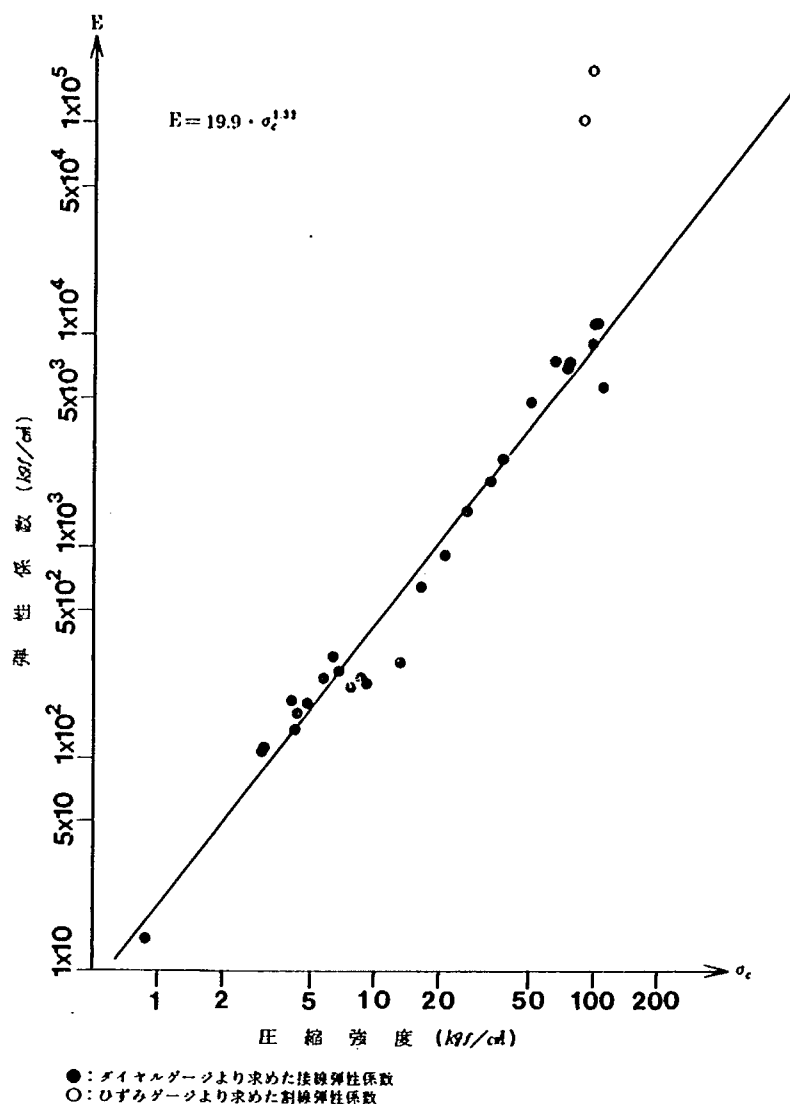


図-28 圧縮強度と弾性係数の関係 (配合A)

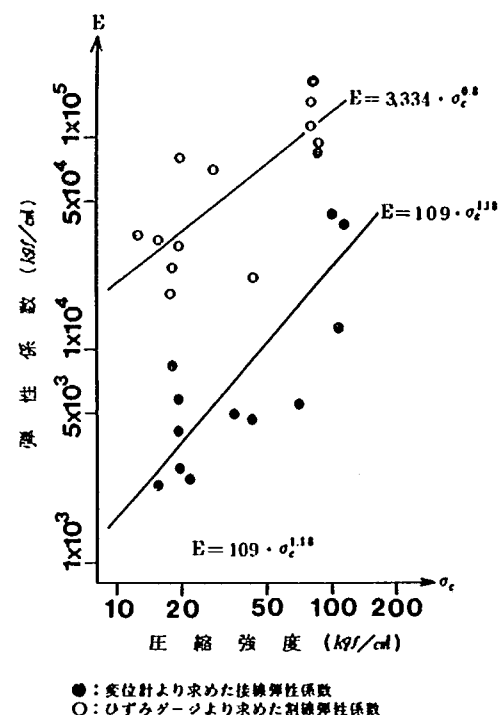


図-29 圧縮強度と弾性係数の関係 (配合B)

比べると、歪ゲージによる値はダイヤルゲージによる値よりオーダーで1桁上回る傾向であった。なお、図中実線は一回帰より求めた。

また、ポアソン比については有効なデータは得られなかった。

4. まとめ

以上の結果をまとめる。

1) 吹付け後24時間以内における吹付けコンクリートと鋼板の引張付着強度は、圧縮強度が約 30 kgf/cm^2 以上において、材令で約8時間経過以降、一定となる。また、材令3時間の強度は、表面水があれば約

50%減少する。実際の岩石では、この試験装置（鋼板）で得られた値の約3～5倍の強度を期待できる。

2) 吹付け後24時間以内における吹付けコンクリートと鋼板のせん断付着強度は、圧縮強度が約30kgf/cm²である材令24時間まで、ほぼ経過時間に比例して増大する。

3) 圧縮強度・引張強度は、材令24時間以内においてほぼ経過時間に比例して増大し、なおかつ良い相関がある。接線弾性係数も、圧縮強度と良い相関がある。配合および養生状態が不適切であると、強度は非常に低下する。

Ⅲ 吹付けコンクリート押抜き模型実験

1. 概 設

節理等亀裂の多い地山では、トンネルの一部分（多くの場合は天端部）においてゆるんだ岩塊が落下（肌落ち）する場合がある。肌落ちは、作業員等にとって最も危険な要因の一つであり、さらにこの岩塊の落下を許せば周囲の岩塊も次々とゆるみ、掘削面全体が崩壊するようになる。したがってこのキーストーンとなる岩塊を抑えることは、一個のゆるみ岩塊落下防止に止まらず、地山全体のゆるみを防止する効果も期待できる。このように、ゆるみ岩塊に対する吹付けコンクリートの支持機構（耐力・破壊形態）の把握は重要な要素である。

2. 実験方法

2.1 実験装置

図-30、写真-8 に実験装置の概要を示す。

(1) 吹 付 板

厚さ4.5mm、大きさ600×600の鋼板9枚を、装置本体（厚さ20mmの鋼板）にボルトで取り付けたものであり、鋼板と吹付けコンクリートの付着を良くするため表面はグラインダで削り傷を付けている。

また、上下端 $\frac{1}{3}$ のところ約20度傾斜させることができ、トンネルのアーチ形状を模擬できる構造としている。

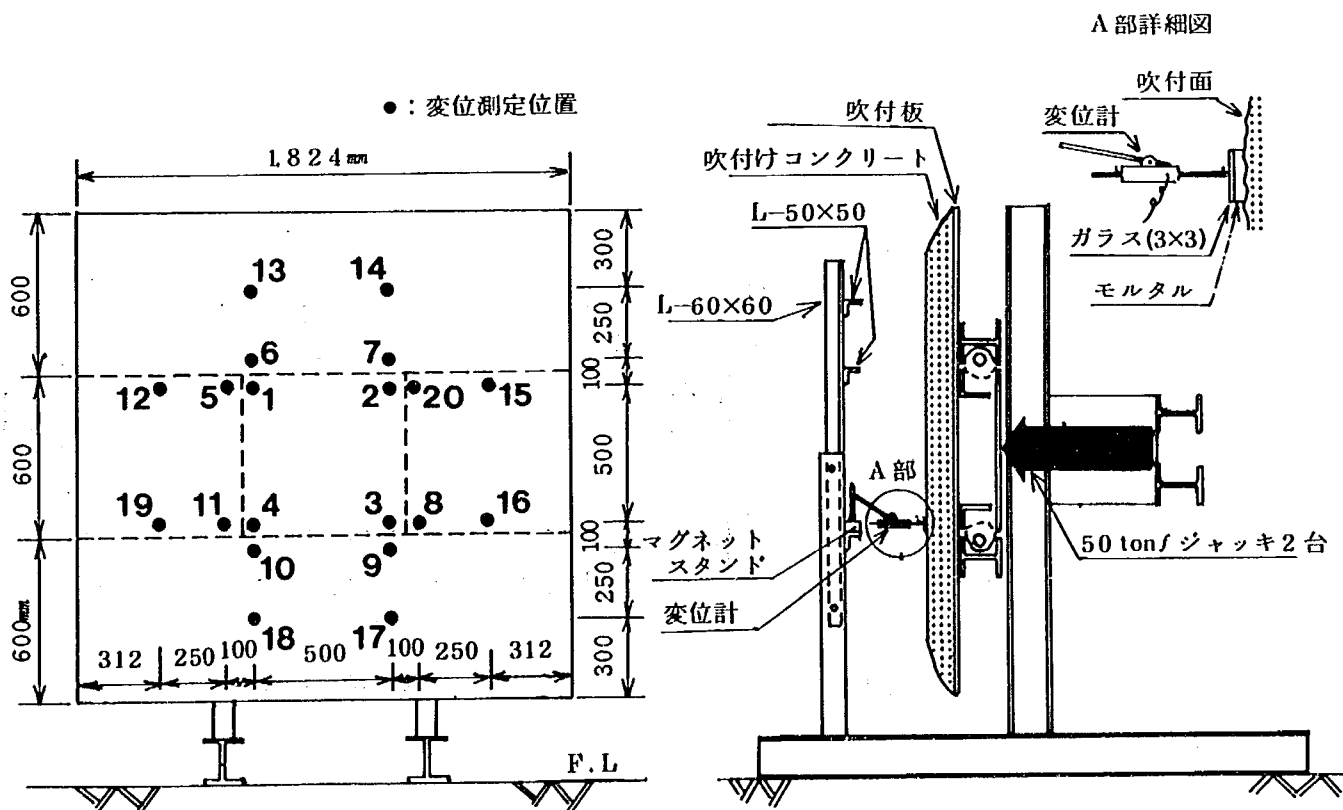


図-30 実験装置概要

(2) 押 抜 板

中央部の吹付板（600×600）であり、50 ton f ジャッキ2台が装備されており、前方へ押し出すことができるようになっている。

(3) ロックボルト

吹付けコンクリートとともにロックボルトが併用された場合を考慮して、図-31に示すように、4本のロックボルト（M16ボルト）が配置できるようにしている。

(4) 周方向変位拘束

図-32に示すように、L形鋼により周方向の変位を拘束することも可能であり、これは、トンネル壁面の凹凸により端部が拘束された場合を考慮したものである。

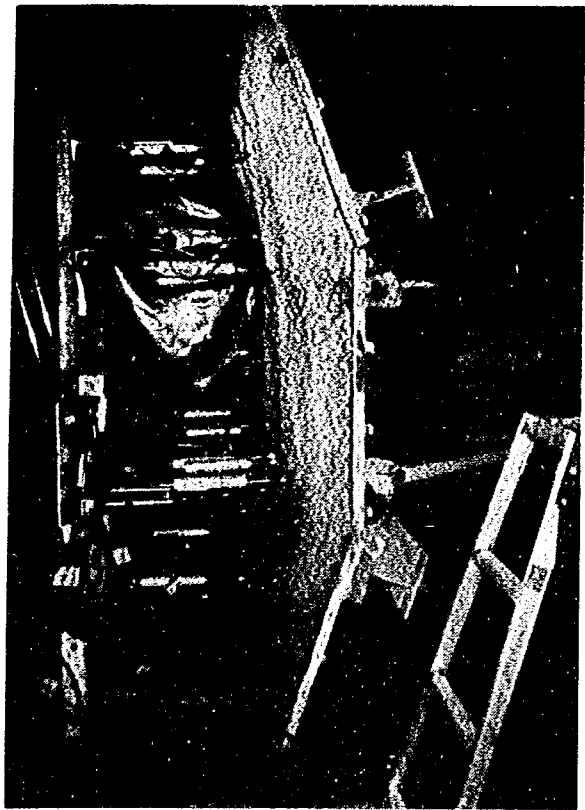


写真-8 実験装置（吹付板
折角 20° の場合）

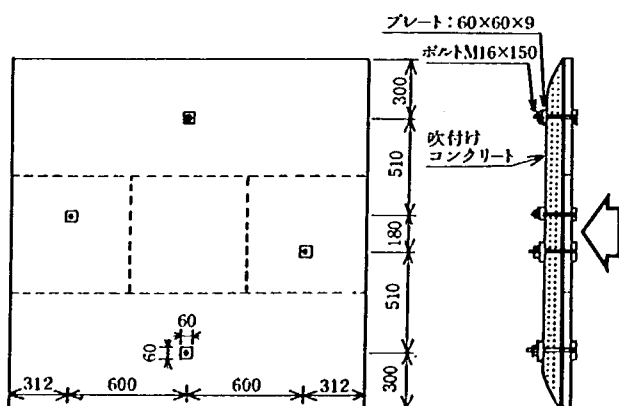


図-31 ロックボルト配置図

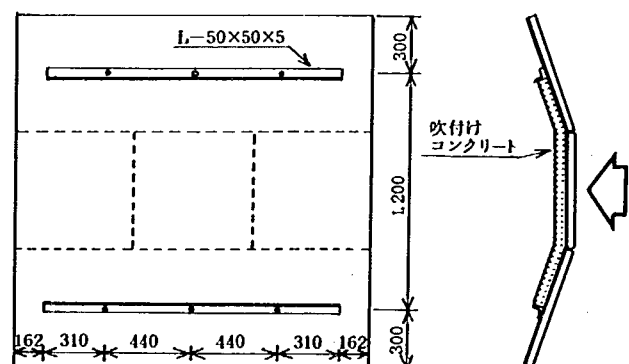


図-32 周方向変位拘束図

2.2 供試体製作

吹付けは、表-1のAの配合による乾式にて行った。

養生はⅡ.2.1と同様、吹付後直ちに表面をビニールシートで覆う程度のものである。

2.3 実験条件

ゆるみ岩塊荷重が作用した場合の吹付けコンクリートの破壊形態に影響する要因として、吹付け厚さ・地山および吹付けコンクリートの物性・双方の付着強度・トンネル壁面の曲率や凹凸・岩塊の大きさと、重量・ロックボルトの有無等が考えられる。そのうち今回の実験では、吹付け厚さ、吹付板折角を変え供試体の形状を平面形状とアーチ形状としたもの（曲率）、および変位を拘束するケースとして、ロックボルトを併用したものと、周方向の変位を拘束したものを選んだ。その実験ケースを表-5に示す。

表-5 実験ケース

ケースNo	1	2		3		4	5	6	7	8	9	10	11
		(1)	(2)	(1)	(2)								
目標吹付け厚さ (cm)	2.5	5.0	10.0	2.5	5.0	10.0	5.0	10.0	5.0	10.0	5.0	10.0	5.0
吹付板折角 (°)	0	0	0	20	20	20	0	0	20	20	20	20	20
ロックボルト	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	—
変位拘束	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○

2.4 載荷方法

載荷はトンネル掘削作業のサイクルを想定し、吹付け後約20時間で行った。

載荷荷重段階として、吹付け厚さ 2.5 cm については 0.2 tonf ずつ、5.0 cm 以上については 0.4 tonf あるいは 0.5 tonf ずつの荷重制御で最大荷重に達するまで行い、それ以降は耐力の減少が著しくなる付近まで変位制御で行った。

2.5 測定項目

(1) 載荷荷重

圧力変換器を用いた。

(2) 覆工の変形

図-30に示す20点について、各荷重段階ごとに、吹付け面に垂直方向の変位を歪変換式変位計により測定した。

(3) 破壊状況

載荷途中におけるひびわれの発生および成長を、破壊に至るまで適宜スケッチした。

供試体の最終破壊状況ならびに吹付けコンクリートがはく離した時の付着状況を、スケッチと写真に記録した。

(4) 吹付けコンクリートの強度

表-5のCASE3(2)において、実験終了後、供試体の一部分より $10 \times 10 \times 10$ cm 立方体のテストピースを4ヶ採取し、圧縮強度（一軸圧縮試験）と引張強度（圧裂試験）を求めた。

3. 実験結果

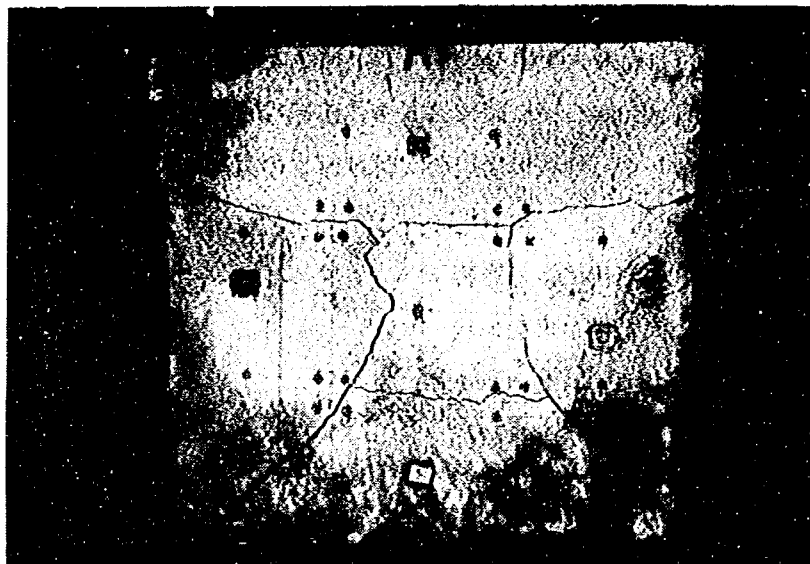
実験の結果は巻末の資料に示すとおりであるが、主要項目を表-6に示す。

表-6 実験結果総括表

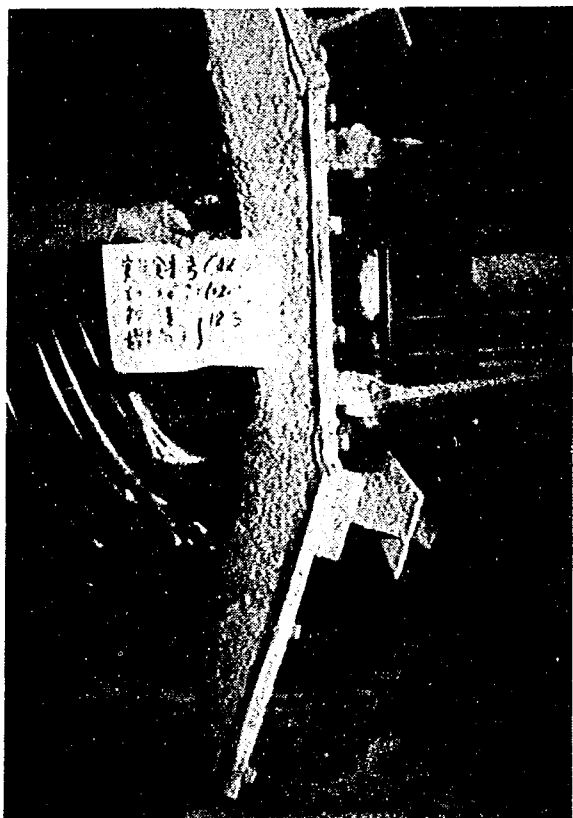
実験条件			施工条件		初亀裂発生荷重 (tonf)	最大荷重 (tonf)	最大荷重時の 押抜板中央変位 (mm)	破壊形態
CASE	供試体	目標吹付け 厚さ (cm)	吹付け厚さ (cm)	W/C (%)				
1	 0°	2.5	3.0	47	5.8	5.9	0.52	曲げ引張
2	(1)  0°	5.0	5.5	42	10.4	10.4	0.10	曲げ引張
	(2)  0°	5.0	5.2	47	8.0	8.0	0.89	曲げ引張
3	(1)  0°	10.0	10.5	42	8.5	8.5	0.35	付着
	(2)  0°	10.0	10.5	48	8.0	8.6	1.00	付着
4	 20°	2.5	2.5	40	6.4	6.6	0.27	曲げ引張
5	 20°	5.0	5.8	48	8.4	8.4	0.27 0.89	曲げ引張
6	 20°	10.0	10.8	43	12.5	12.5	0.36 2.24	付着
7	 0° 4-ロック ボルト	5.0	5.0	47	6.0	6.0	0.24 0.80	曲げ引張
8	 0° 4-ロック ボルト	10.0	10.0	44	10.5	10.5	0.56	曲げ引張
9	 20° 4-ロック ボルト	5.0	5.5	42.5	10.0	10.0	0.52	曲げ引張
10	 20° 4-ロック ボルト	10.0	10.0	46	13.5	13.5	0.44	曲げ引張
11	 20° L-50x50	5.0	5.0	43	12.8	12.8	0.22 0.58	曲げ引張

3.1 破壊形態

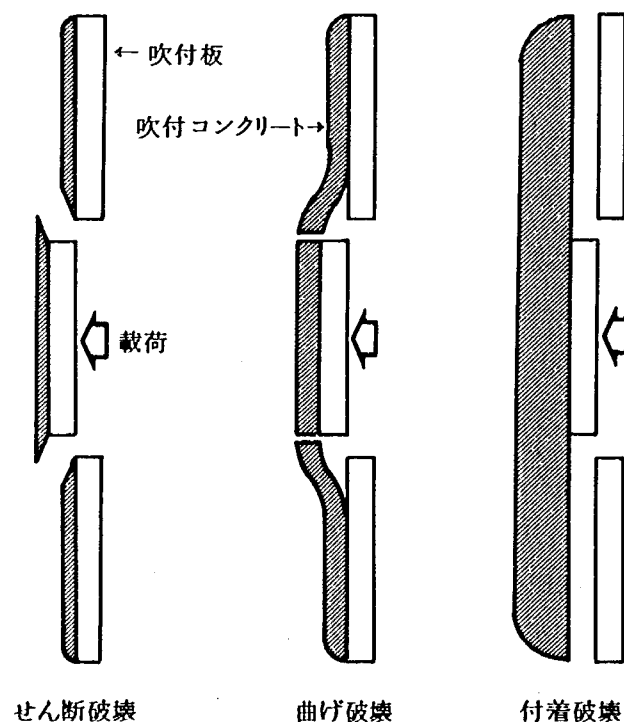
破壊形態は、曲げ破壊と付着破壊に分類できた。曲げ破壊とは、載荷重を上げるにつれ押抜板の周辺から吹付けコンクリートと吹付板との付着が切れてはく離を生じ、コンクリートに曲げが発生することにより生じた表面での曲げ引張亀裂による破壊である（写真－9 参照）。付着破壊とは、コンクリート表面にはほとんど亀裂を生じないで、コンクリートが一体となって吹付板からはく離する破壊である（写真－10 参照）。ただし、曲げ破壊の破壊機構が吹付けコンクリートと吹付板の付着が切れることにより開始していることから、ここでは一応付着破壊と区別しているが、実質的には付着破壊の一種であると考えている。ところで、本実験にお



写真－9 破壊状況（曲げ引張破壊）



写真－10 破壊状況（付着破壊）



図－33 破壊形態概念図

ける破壊形態は曲げ破壊と付着破壊であったが、吹付け厚さがさらに薄い場合を考えると、吹付板と吹付けコンクリートの付着は全く切れることなく吹付けコンクリートのせん断亀裂による破壊、せん断破壊が生じる場合も考えられる。以上の破壊形態の概念を図-33に示しておく。

3.2 吹付けコンクリートの押抜き耐力

実験より得られた最大荷重を図-34に、荷重と押抜板中央変位の関係を図-35に示す。図-35中実線は目標吹付け厚さ10cm、一点鎖線は5cm、破線は2.5cmであるが、実際の吹付けでは吹付け厚さを均一にすることは難しく、押抜板周辺の吹付け厚さの実測値の平均を図中に示しておく。なお、●印は初亀裂発生荷重である。

3.2.1 供試体形状による影響

まず、3枚の吹付板が平面形状である場合と折れ曲がってアーチ形状になっている場合の、供試体形状による影響を述べる。

平面形状における結果を図-35の(a)に示す。アーチ形状の場合の結果を図-35の(b)に示す。アーチ形状とは、吹付板は上下 $\frac{1}{3}$ を 20° 折り曲げた場合のものである。アーチ形状は平面形状と比較して、吹付け厚さ2.5cm・5cmではほとんど影響はなく、吹付け厚さ10cmにおいてのみ折り曲げた効果により最大耐力が増大している。この場合アーチ形状の方が残留耐力が大きいように見えるが、吹付板の一端から付着が切れはく離が吹付面全体に広がるまでの耐力であるといえよう。

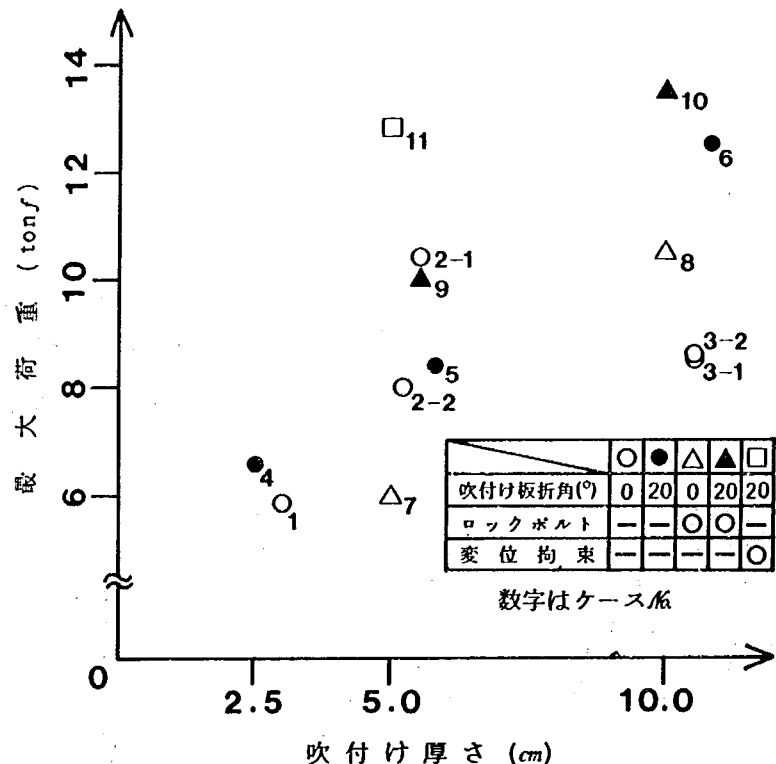


図-34 最大荷重

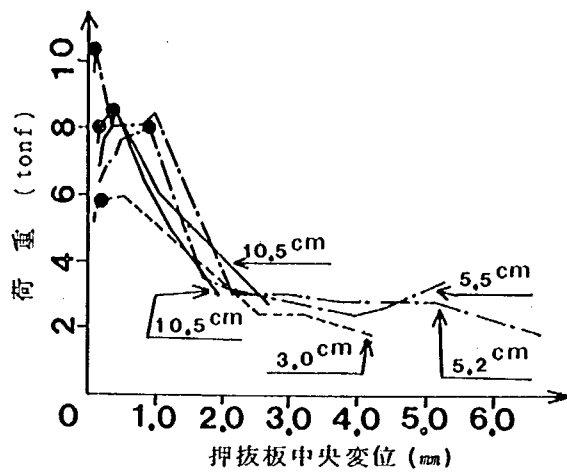
次に、ロックボルトを併用した場合および周方向の変位を拘束した場合の、変位拘束による影響を、供試体形状による影響も含めて以下に述べる。

3.2.2 変位拘束による影響

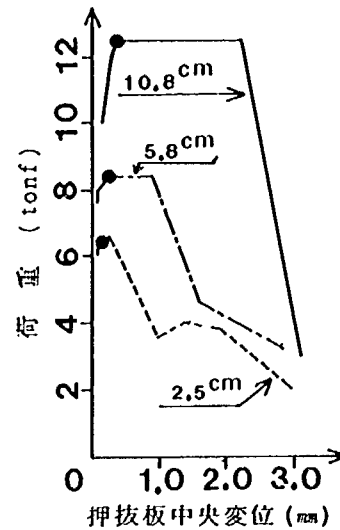
次に、ロックボルトを併用した場合および周方向の変位を拘束した場合の、変位拘束による影響を、供試体形状による影響も含めて以下に述べる。

3.2.2.1 ロックボルト併用の影響

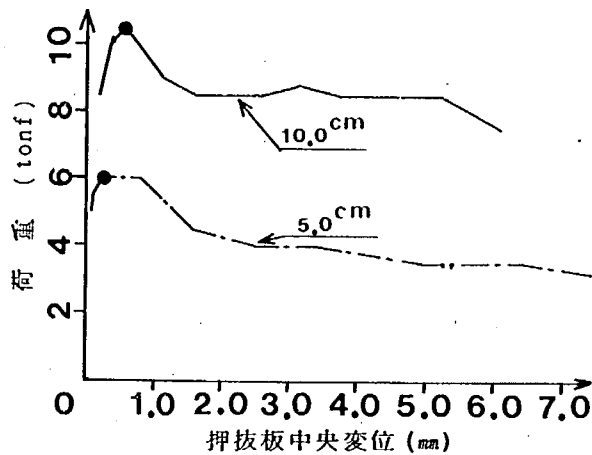
図-35の(c)と(d)に結果を示す。(c)は吹付板を平面形状とした場合、(d)は吹付板の上下 $\frac{1}{3}$ を 20° 折り曲げた場合、いずれもロックボルトを4本併用したものである。(c)の場合(a)と比較して、吹付け厚さ10cmにおいてのみ最大耐力・残留耐力は増大している。(d)の場合(a)、(c)と比較して、吹付け厚さ5cm・10cm



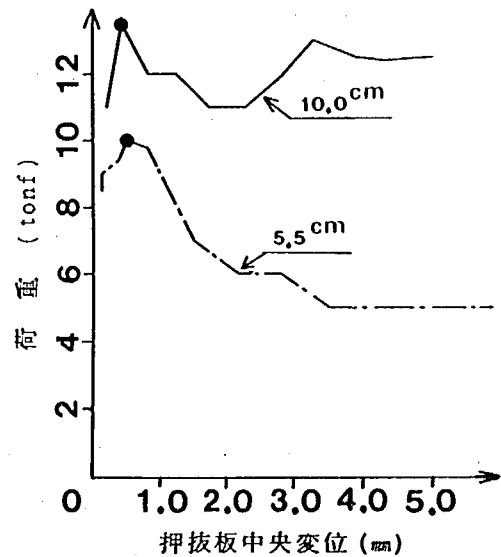
(a) 吹付け厚さの影響 (平面形状の場合)
(ケースNo 1 ~ 3)



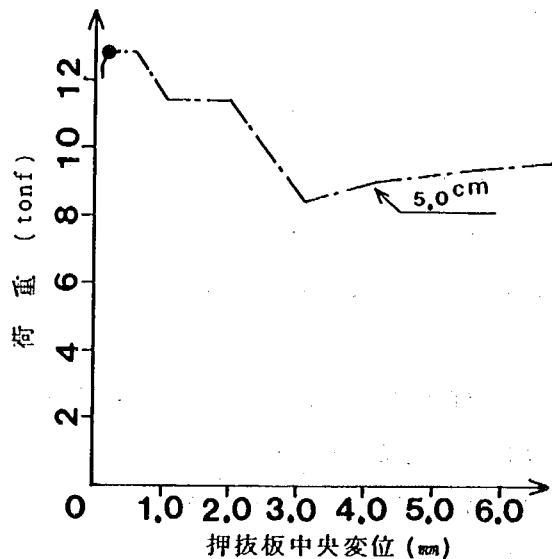
(b) 吹付け厚さの影響
(アーチ形状 (吹付け板折角 20°) の場合)
(ケースNo 4 ~ 6)



(c) ロックボルトにより拘束した場合
(平面形状の場合)
(ケースNo 7 ~ 8)



(d) ロックボルトにより拘束した場合
(アーチ形状の場合)
(ケースNo 9 ~ 10)



(e) 形鋼により周方向の変位を拘束した場合
(アーチ形状の場合)
(ケースNo 11)

図-35 荷重と押抜板中央変位の関係

とも最大耐力・残留耐力ともに増大している。ロックボルトを併用した場合、特に吹付け厚さが厚くなると、亀裂発生後もコンクリート同士がばらばらになることなく十分に拘束されているため、残留耐力が増大したと考える。

3.2.2.2 周方向変位拘束の影響

図-35の(e)であり、周方向の変位を形鋼で拘束したものである。吹付け厚さ5cmにもかかわらず、最大耐力は厚さ10cmのものと同程度以上の値を示し、残留耐力もかなりの大きさを保っている。これは、(a)~(d)では吹付板とコンクリートの付着力が反力(図-2(a))となっているのと異なり、吹付け端部での軸力が反力(図-2(b))となっているという異なる支持効果も付加されたためであると考えられる。

3.3 圧縮強度・引張強度

吹付けコンクリートの材令1日における圧縮強度、引張強度の試験結果を表-7に示す。

表-7 圧縮強度と引張強度

	圧縮強度 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
1	79.1	10.7
2	88.0	9.2
平均	83.6	10.0

4. 支持機構についての検討

4.1 ゆるみ岩塊の安定効果を検討するモデル

以上の実験結果を基に、吹付けコンクリートにゆるみ岩塊荷重が作用した場合の最大耐力について、仮定をたて検討を行ってみる。

検討の対象は、同じ吹付け厚さでは耐力の小さい、平面形状で補強材を用いていないケース1~3とする。したがって、アーチ形状とした場合ならびにロックボルト等により変位を拘束した場合には、以下の検討結果以上の耐力を有していることとなり、より安全側の吹付けを行っていることとなる。

まず、破壊形態を次のように仮定する。

- 1) 破壊形態は、せん断破壊・付着破壊の二種類である。
- 2) せん断破壊は、押抜板の周囲四辺同時に一様に起こる。
- 3) 付着破壊は、有効な付着部が同時に一様にはがれる。

これらの仮定より、下記が得られる。

$$\text{せん断面積} : A_s = 4 \cdot \ell \cdot t \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{付着有効面積} : A_b = (\ell + 2B)^2 - \ell^2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに ℓ は押抜板の一辺(60cm)、 t は吹付け厚さ、 B は有効付着幅(押抜板の周囲より吹付けコンクリートの付着力が有効に働いている所までの幅)

なお有効付着幅は、吹付け厚さ・吹付けコンクリートの強度(剛性)等により変化するが、ゆるみ岩塊の大きさ(押抜板の一辺の長さ)にはあまり関係しないではば一定であると考えている。

一方、吹付けコンクリートの各強度は、載荷を行っている材令20時間で、下記のように求まる。

$$\text{圧縮強度} : \sigma_c = 76.5 \quad \text{kgf/cm}^2 \quad (\text{図-15参照})$$

$$\text{引張強度} : \sigma_t = 6.74 \quad \text{kgf/cm}^2 \quad (\text{図-19参照})$$

$$\text{せん断強度} : \tau_s = \sqrt{\sigma_c \cdot \sigma_t} / 2 = 11.4 \text{ kgf/cm}^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{引張付着強度} : \tau_b = 0.56 \text{ kgf/cm}^2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

したがって、最大耐力 P は、次式となる。

$$\text{せん断破壊の場合} : P = \tau_s \cdot A_s = 2.74 \cdot t \quad (\text{tonf}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{付着破壊の場合} : P = \tau_b \cdot A_b = 2.24 \cdot B \cdot (60 + B) \times 10^{-3} \quad (\text{tonf}) \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここで、実験ケース 1～3 ではすべて付着破壊である（表-6 では曲げ引張破壊と付着破壊とに区別してはいるが、前述のように、曲げ引張破壊も付着破壊の一種であると考えている）とみなし、最大耐力を平均すると、

$$P = 8.28 \quad (\text{tonf}) \quad \dots\dots\dots (7)$$

が得られ、(6)式から有効付着幅は、

$$B = 38 \quad (\text{cm}) \quad \dots\dots\dots (8)$$

と逆算できる。式(5)および(7)をグラフで示したものが図-36である。同図には、ケース 1～3 の試験結果も併記している。

ところで、上記仮定のように有効付着幅を一定と考えれば付着破壊荷重は吹付け厚さに関係なく一定となるのであるが、実験結果では、吹付け厚さ 5 cm 以上に比べ、3 cm での耐力は若干下回っていた。つまり、吹付け厚さが薄い場合には版としての剛性が小さいため、押抜板の荷重が十分拡がらない、すなわち、有効付着幅が狭いことが推察される。前述のように、有効付着幅は吹付け厚さ（剛性）により変化すると考えると、本条件の場合には、

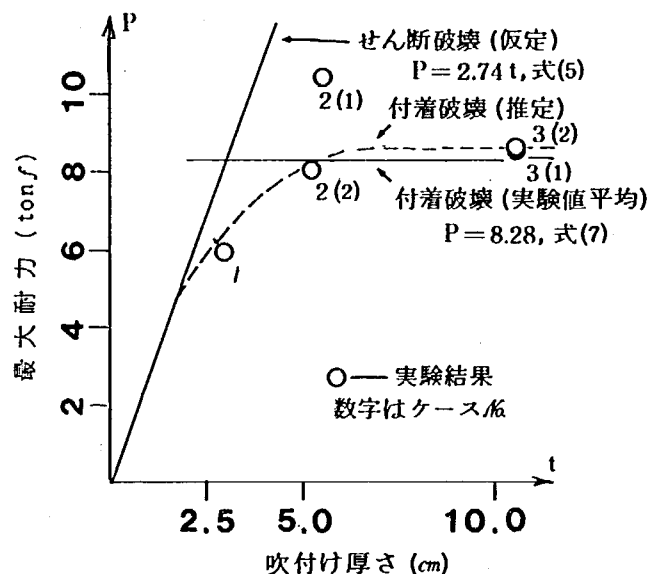


図-36 最大耐力と吹付け厚さの関係

吹付け厚さが 5 cm 程度となるまで有効付着幅は広がり、それ以上の厚さではほぼ一定となると判断される。したがって、実際により近い付着破壊の最大耐力は、図-36中に破線で示すようであると推定できる。そして、この場合の最適吹付け厚さは、破壊形態から考えると 5 cm 程度であり、それ以上の厚さの吹付けは意味のないものとなる。

4.2 吹付けコンクリートで支え得るゆるみ岩塊についての試算

以上の仮定を基に、実際の吹付けコンクリートがどの程度のゆるみ岩塊を支え得るかについて試算してみる。

まず、ゆるみ岩塊の大きさを 1.2 m（トンネル一発破進行長程度）の立方体、単位体積重量を 2.7 tonf/m³と仮定すると、ゆるみ岩塊荷重 F は、

$$F = 2.7 \times 1.2^3 = 4.7 \text{ (tonf)} \quad \dots\dots\dots (9)$$

となる。

次に、せん断面積、付着有効面積は、(1), (2)式にそれぞれ $\ell = 120 \text{ cm}$, $B = 38 \text{ cm}$ (有効付着幅は変化しないと考え(8)式の値を採用) を代入して、

$$\text{せん断面積} : A_s' = 480 \cdot t \text{ (cm)} \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{付着有効面積} : A_b' = 24.016 \text{ (cm)} \quad \dots\dots\dots (11)$$

が得られる。

ここで、ゆるみ岩塊荷重が実際に吹付けコンクリートに作用する時期を、吹付けコンクリートの各強度の経時変化を考慮し、引張付着強度がほぼ一定となる吹付け後8時間と、試験時とほぼ等しい20時間を考えると、材令8時間における各強度は、

$$\text{圧縮強度} : \sigma_c(t=8) = 26.1 \text{ kgf/cm}^2 \quad (\text{図-15参照})$$

$$\text{引張強度} : \sigma_t(t=8) = 2.3 \text{ kgf/cm}^2 \quad (\text{図-19参照})$$

$$\text{せん断強度} : \tau_s(t=8) = \sqrt{26.1 \times 2.3} / 2 = 3.87 \text{ kgf/cm}^2 \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$\text{引張付着強度} : \tau_b(t=8) = 0.56 \text{ kgf/cm}^2 \quad \dots\dots\dots (13)$$

となり、材令20時間における各強度は、(3), (4)式と同じく、

$$\text{せん断強度} : \tau_s(t=20) = 11.4 \text{ kgf/cm}^2 \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$\text{引張付着強度} : \tau_b(t=20) = 0.56 \text{ kgf/cm}^2 \quad \dots\dots\dots (15)$$

となる。

したがって、最大耐力 P は、材令8時間においては、

$$\text{せん断破壊の場合} : P(t=8) = \tau_s(t=8) \cdot A_s' = 1.9 \cdot t \text{ (tonf)} \quad \dots\dots\dots (16)$$

$$\text{付着破壊の場合} : P(t=8) = \tau_b(t=8) \cdot A_b' = 13.4 \text{ (tonf)} \quad \dots\dots\dots (17)$$

と求まり、材令20時間においては、

$$\text{せん断破壊の場合} : P(t=20) = \tau_s(t=20) \cdot A_s' = 5.5 \cdot t \text{ (tonf)} \quad \dots\dots\dots (18)$$

$$\text{付着破壊の場合} : P(t=20) = \tau_b(t=20) \cdot A_b' = 13.4 \text{ (tonf)} \quad \dots\dots\dots (19)$$

と求まる。以上の結果を図-37に示す。

今、仮に吹付け厚さを 5 cm (比較的硬岩地山における実績) として安全率 $S.F$ を求めてみると、材令8時間においては、最大耐力はせん断破壊の場合であり、

$$S.F(t=8) = 1.9 \times 5 / 4.7 = 2.0$$

となり、材令20時間においては、最大耐力は付着破壊の場合となり、

$$S.F(t=20) = 13.4 / 4.7 = 2.9$$

と試算できる。

以上の仮定の基での試算結果では、従来から実績として用いられている 5 cm の吹付けコンクリートは、 1.2 m 立方体程度のゆるみ岩塊に対して安全率2程度を有しており、ほぼ妥当な支保であると考えられる。しかしながら、実際の地山・吹付けコンクリート・地山表面の性状等は模型実験以上に非常に不規

則であることから、実際の設計に適用する場合には、前述の仮定のなかでも特に、有効付着幅・ゆるみ岩塊の大きさ・その作用時期等の決定に当っては、慎重かつ十分な配慮を行う必要がある。

5. ま と め

1) 吹付けコンクリートを単独で使った場合の吹付けコンクリートの破壊形態は、吹付け厚さが厚くなるにつれせん断破壊から付着破壊へと推移する。したがって吹付けコンクリートの厚さは、せん断破壊を起すほど薄いものでは危険であるし、逆に厚くしすぎても付着破壊に支配されるため耐力は増加せず意味のないものになる。つまり破壊形態から考えた最適吹

付け厚さは、せん断破壊から付着破壊へ推移する臨界から判断して決定できると考える。

2) 実験結果を基に、ゆるみ岩塊荷重が作用した場合の吹付けコンクリートの支持機構を表すモデルを提案し、そのモデルにより、実際に吹付けコンクリートで支え得るゆるみ岩塊の大きさについて試算例を示した。なお、吹付け厚さの決定に当っては、有効付着幅・ゆるみ岩塊の大きさ・その作用時期等が重要な要素であることを明らかにした。

3) ロックボルト等により吹付けコンクリートと地山の相対変位を拘束することにより、吹付けコンクリートの耐力は増大する。

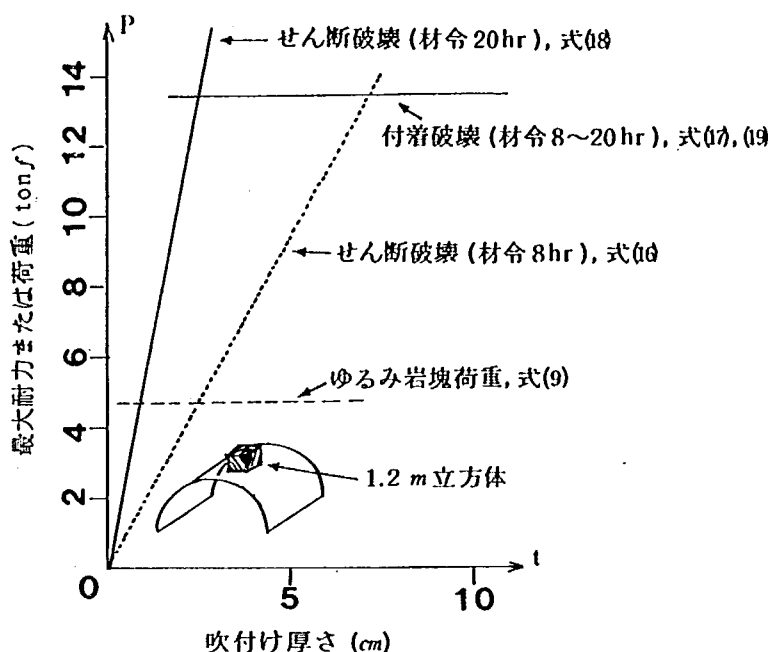


図-37 吹付けコンクリートで支え得るゆるみ岩塊についての試算

Ⅳ 今後の検討項目

吹付けコンクリートの支持機構の解明を目的として、1)付着力を始めとする吹付けコンクリートの強度試験、2)ゆるみ岩塊の安定効果に関する押抜き模型実験を実施してきた。その結果、概念的な支持機構の特徴は把握できたと考えている。つまり、吹付けコンクリートの最大の特徴は、前述したように、荷重の伝達を地山との付着力で行うことである。したがって、吹付けコンクリートの耐力は、一般のコンクリート構造物のように厚くなればそれだけ耐力も増加するということではなく、地山との付着力により支配される耐力以上は、いくら厚く吹付けても期待できないということである。このことは、設計において非常に重要な要素である。しかし実際に設計する場合には、他の種々の要素（落下が予想されるゆるみ岩塊の大きさ・重量・作用時期等）も考慮して決定されるべきであり、今回の実験のみでは具体的な設計手法にまでは至らないが、今後も検討を続け、より合理的で経済的な吹付けコンクリートの設計手法開発の一助になりたいと考えている。

また、残された問題に、掘削面全体に吹付けたコンクリートの安定効果がある。実際のトンネルはアーチ状であり、掘削面全体アーチとして考えた場合の吹付けコンクリートの支持機構（耐力・破壊形態）は、Ⅱの模型実験とは異なることが予想される。これについては、現在、全体系を考慮したモデルにより、実験・解析を行っているところである。

参 考 文 献

- 1) 今田・水谷：トンネルの支保構造に関する研究報告，土木研究所資料第1702号，昭和56年6月
- 2) 第3回トンネル技術シンポジウム—NATMにおける吹付けコンクリート工— 報告集，日本トンネル技術協会，昭和58年3月
- 3) ロックボルト・吹付けコンクリート工法（NATM）の合理的施工法の調査研究報告書，日本トンネル技術協会，昭和55年
- 4) トンネル薄肉覆工（吹付けコンクリート工）に関する調査研究報告書（吹付けコンクリート工の文献調査），高速道路調査会吹付けコンクリート工研究班，昭和48年
- 5) 大崎：地震動のスペクトル解析入門，鹿島出版会
- 6) トンネル工事の発破振動および騒音対策に関する調査研究報告書，日本トンネル技術協会，昭和52年
- 7) トンネル新技術に関する海外文献集，P 178～P 197，日本トンネル技術協会，昭和53年度版，
（G.Fernandez-Delgado et al：Structural Behavior Of Thin Shotcrete Liners Obtained From Large Scale Tests の訳文）
- 8) トンネル新技術に関する海外文献集，P 207～P 210，日本トンネル技術協会，昭和53年度版，
（Todd Rutenbeck：Shotcrete Strength Testing Comparing Results Of Various Specimens の訳文）
- 9) トンネル新技術に関する海外文献集，P 122～P 132，日本トンネル技術協会，昭和54年度版
（Jonas Holmgren：Thin shotcrete layers subjected to punch load の訳文）
- 10) トンネル新技術に関する海外文献集，P 97～P 115，日本トンネル技術協会，昭和55年度版
（G.Fernandez-Delgado et al：Thin Shotcrete Linings in Loosening Rock の訳文）

資 料

- I 吹付けコンクリートの力学的物性試験データ
- II 吹付けコンクリート薄肉覆工押抜き模型実験データ

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY

I 吹付けコンクリートの力学的物性試験データ

1. 実験ケース	41
2. 施工記録	42
3. 引張付着力試験結果一覧表	43
4. 引張付着力試験における荷重・変位測定結果一覧表	44
5. 衝撃荷重による振動波形解析結果一覧表	61
6. せん断付着力試験結果一覧表	61
7. せん断付着力試験における荷重・変位測定結果一覧表	62
8. 圧縮強度試験結果一覧表	67
9. 引張強度試験結果一覧表	69
10. 弾性係数結果一覧表	71
11. 圧縮試験における荷重・ひずみ測定結果一覧表（弾性係数を求めた供試体）	72

THE HISTORY OF THE UNITED STATES

The history of the United States is a story of growth and change. It begins with the first people who lived on this land, and continues through the years of exploration, settlement, and the struggle for independence. The story is one of a people who have built a great nation, and who are still building it today. The history of the United States is a story of the people who have made it what it is, and of the challenges they have faced. It is a story of the people who have fought for freedom, and who have built a nation that is still the envy of the world. The history of the United States is a story of the people who have made it what it is, and of the challenges they have faced. It is a story of the people who have fought for freedom, and who have built a nation that is still the envy of the world.

1. 実験ケース

吹付けは、数ケースに分けて行った。以下に各ケースにおける実験条件を示す。

配 合 A

C A S E		引 張 付 着 力 試 験					圧 縮 試 験	
		材 令 (時間)	吹付け厚さ (cm)	衝撃荷重 注3)	表 面 水	岩 石	材 令 (時間)	載荷方向 注4)
注1) 1 ~ 3	A	1、2、4	10	無	無	—	1、2、4	a
	B	12、16、24					12、16、24	
	C	3、6、8					3、6、8	
4		3	10	無 有 注2)	無	—	3、6、24	a
		6		無 6-A				
		24		無 有 注2)				
				6-A				
				24-A				
5		3	10	無 3-B	無	—	3、6、24	a
		6		無 6-B				
		24		無 3-B				
				6-B				
				24-B				
6		3	5	無 3-A 注2)	無	—	3、6、24	a
		6		無 6-A				
		24		無 3-A				
				6-A				
				24-A				
7	A	3	5	無 3-B	無	—	3、6、24	a
		6		無 6-B				
		24		無 3-B				
				6-B				
				24-B				
	B	24	10	無	無	大谷石(細目) 御影石(細目) 大谷石(荒目) 御影石(荒目)	24	a、b、c
8		3	10	無	無 Wa 注5)	—	3	a
					Wb			

注1) CASE 3-Aにおいて、各試験の材令2時間を47時間に変更した。

ただし、本文中のグラフには示していない。

注2) 衝撃の与え方を失敗したため、以下のデータにはのせていない。

注3) 数字は衝撃荷重を与えた材令であり、A、Bは衝撃方法の区分である。

図-5において、A：h=40cm、ゴム板有

B：h=33cm、ゴム板無

注4) 図-10参照。

注5) Wa……1950ml/min、図-6参照。

Wb…… 80ml/min

配 合 B

C A S E	せん断付着力試験 注1)	圧 縮 試 験 注2)	
	材 令 (時間)	材 令 (日)	その他の条件
9	3	—	
10	7	—	
11	24	3	配合Aのもの、 20℃80%恒温恒 湿養生のもの 含む
12	—	1、2	
13	—	7、28	

注1) 供試体数は、各材令3ヶ。

注2) 載荷方向は、図-10のa。

2 施 工 記 録

CASE	施 工 条 件			材 料 使 用 量					配 号 特 性 値			施 工 記 録		
	天 候	外 気 温 (℃)	湿 度 (%)	セメント (kg)	水 (L)	細 骨 材 (kg)	粗 骨 材 (kg)	注1) 急 結 剤 (kg)	水 セ メ ン ト 比 (%)	細 骨 材 率 (%)	単 位 セ メ ン ト 量 (kg/m ³)	は ね 返 率 (%)	注2) 粉 じ ん 度	コンクリート中温度 (℃)
1-A	快 晴	17.0	—	76	30.1	237	237	2.3	40	50	300	70	小	18.0
1-B	晴	17.5	—	76	35.1	237.5	237.5	2.3	46	50	297	71	小	18.0
1-C	晴	18.0	—	77	40.1	241	241	2.3	52	50	295	70	小	19.0
2-A	晴	16.5	—	77	51.4 ^{注3)}	238	238	2.3	67 ^{注3)}	50	292	72	小	17.5
2-B	晴	18.0	79.0	76	37.6	237.5	237.5	2.3	50	50	296	68	小	19.5
2-C	晴	18.0	78.0	76	30.1	236	236	2.3	40	50	301	71	小	19.5
3-A	晴	17.0	98.0	76	40.1	235	235	2.3	53	50	297	67	小	18.0
3-B	晴	16.5	89.0	76	30.1	238	238	2.3	40	50	299	71	小	17.5
3-C	曇	16.0	89.0	75	27.6	234	234	2.3	37	50	301	71	小	17.5
4	晴	17.0	89.0	177	65.2	550	550	5.3	37	50	302	73	小	18.0
5	晴	17.0	89.0	176	75.2	549.5	549.5	5.3	43	50	299	68	小	19.0
6	晴	17.0	89.0	96	42.6	298.5	298.5	2.9	44	50	299	70	大	—
7-A	曇	15.0	89.0	109	60.1	338.1	338.1	3.3	55	50	295	62	大	16.0
7-B	晴	18.0	89.0	56	25.1	174	174	1.7	45	50	299	70	小	—
8	曇	16.0	89.0	96	27.6	299	299	2.9	29	50	305	81	中	17.0
9 ^{注4)}	快 晴	5.0	84.0	300	150.0	1,125	750	9.0	50	60	296	62	小	—
10 ^{注4)}	快 晴	6.0	80.0	228	100.0	855	570	6.8	44	60	298	69	小	—
11 ^{注4)}	快 晴	7.0	85.0	320	140.0	1,200	800	9.6	44	60	316	62	小	8.0
12 ^{注4)}	快 晴	—	90.0	200	105.0	750	500	6.0	53	60	290	62	小	—
13 ^{注4)}	快 晴	—	90.0	200	113.0	750	500	6.0	57	60	293	63	小	—

注1) QP-500

注2) 目視による判断

注3) 吹付時ホースがつまったことにより水のロスがあった。

注4) CASE 9～13は、他の供試体（本報告書にはのせていない）も同時に製作しているため、材料使用量はかなり多目である。

3. 引張付着力試験結果一覧表

C A S E		供試体注1)	材 令(hr:min)		荷 重注2) (kgf)	付 着 面 積注3) (cm ²)	引張付着強度 (kgf/cm ²)
			目 標	試 験 時			
1	A	標 準	1	1:00	203.5	1170	0.17
	A		2	2:00	118.0	1170	0.10
	C		3	3:00	369.9	1170	0.32
	A		4	4:00	288.5	1170	0.25
	C		6	6:00	553.5	1170	0.47
	C		8	8:00	772.0	1252	0.62
	B		12	12:00	460.5	1170	0.39
	B		16	16:00	866.0	1170	0.74
	B		24	24:00	656.0	1170	0.56
2	A		1	1:00	171.5	1170	0.15
	A		2	2:00	126.5	1170	0.11
	C		3	3:00	124.5	1170	0.11
	A		4	4:00	258.5	1170	0.22
	C		6	6:00	352.5	1170	0.30
	C		8	8:00	487.5	1170	0.42
	B		12	12:00	526.0	1170	0.45
	B		16	16:00	618.5	1170	0.53
	B		24	24:00	475.0	1170	0.41
3	A		1	1:00	218.0	1273	0.17
	C		3	3:00	327.6	1170	0.28
	A		4	4:00	307.5	1170	0.26
	C		6	6:00	441.8	1170	0.38
	C		8	8:00	772.0	1170	0.66
	B		12	12:00	1277.6	1833	0.70
	B		16	16:00	250.8	1916	0.27
	B		24	24:00	1593.5	1328	1.20
	A		47	47:00	1565.7	1170	1.34
4		標 準	3	3:00	199.0	1170	0.17
		標 準	6	6:00	125.5	1170	0.11
		6-A	6	6:15	264.5	1170	0.23
		標 準	24	24:35	813.7	1170	0.70
		6-A	24	24:13	1021.5	1170	0.87
		24-A	24	24:25	611.5	1170	0.52
5		標 準	3	3:00	232.5	1170	0.20
		3-B	3	3:15	169.0	1170	0.14
		標 準	6	6:00	79.0	1170	0.07
		6-B	6	6:13	164.5	1170	0.14
		標 準	24	24:00	212.1	1170	0.18
		3-B	24	24:15	1114.5	1170	0.95
		6-B	24	24:25	156.6	1170	0.13
		24-B	24	24:35	518.7	1346	0.39
6		標 準	3	3:35	245.5	1170	0.21
		標 準	6	6:00	413.3	1170	0.35
		6-A	6	6:10	196.4	1170	0.17
		標 準	24	24:30	596.5	1170	0.51
		3-A	24	24:00	1023.5	1170	0.87
		6-A	24	24:12	829.0	1170	0.71
		24-A	24	24:20	1008.0	1170	0.86
7	A	標 準	3	3:00	280.0	1170	0.24
		3-B	3	3:15	146.0	1170	0.12
		標 準	6	6:00	240.5	1170	0.21
		6-B	6	6:15	278.8	1170	0.24
		標 準	24	24:00	412.5	1170	0.35
		3-B	24	24:07	505.3	1170	0.43
		6-B	24	24:10	633.2	1170	0.54
		24-B	24	24:15	1740.7	1170	1.49
	B	大谷石(細目)	24	24:20	3594.0	1170	3.07
		御影石(細目)	24	24:35	2123.5	1170	1.81
8	水	大谷石(荒目)	24	24:00	3370.0	1170	2.88
		御影石(荒目)	24	24:20	2969.0	1170	2.54
		標 準	3	3:10	382.5	1170	0.33
		Wa	3	3:20	116.1	1170	0.10
		Wb	3	3:13	133.0	1170	0.11

注1) CASE 4~7-A においての記号は、衝撃荷重を与えたことを示しており、数字は衝撃荷重を与えた材令であり、A、Bは衝撃方法の区分である。

注2) 荷重=最大荷重-供試体重量

注3) 1170cm² 以外は、付着面観察結果より補正した値である。

4. 引張付着力試験における荷重・変位測定結果一覧表

① CASE 1-A 材令 1 hr

(1/100 mm)

測定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0
11.0	0	0	0	0	3
16.5	0	2	3	0	5
24.0	0	2	3	0	0
34.0	16	32	3	0	5
51.5	14	34	3	0	11
64.0	33	37	3	0	6
71.5	25	39	3	0	9
80.0	25	39	3	0	5
89.0	25	39	3	0	-19
103.5	27	39	3	2	14
113.0	27	40	3	0	14
122.0	27	39	3	0	16
130.0	32	48	3	0	17
140.0	29	48	3	0	17
150.5	27	48	3	2	19
157.5	29	48	3	0	20
168.5	29	47	3	0	22
178.0	29	47	3	2	23
194.5	29	48	3	2	25
212.5	29	52	5	0	28
223.5	29	52	5	0	33
250.0	30	52	5	0	48
269.5	—	—	—	—	—

② CASE 1-A 材令 2 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
16.5	2	0	0	0	2
32.0	3	0	-2	0	0
50.5	3	2	0	0	2
68.0	3	0	0	2	5
82.5	16	15	0	2	5
100.0	16	15	0	2	2
114.5	37	37	2	2	-2

注) 測定点は図-7 参照

測定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
134.0	38	39	3	3	5
153.0	40	39	3	3	8
167.0	41	39	9	5	23
199.8	—	—	—	—	—
47.0	481	444	495	438	613

③ CASE 1-C 材令 3 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
43.0	0	2	0	2	0
85.5	0	0	0	3	-2
126.5	0	0	0	5	2
172.5	0	0	0	5	5
190.5	0	0	0	5	-9
209.0	0	2	2	3	-3
227.5	0	2	2	5	8
246.5	0	2	0	8	-2
264.0	0	2	0	9	8
290.0	2	2	0	11	2
327.5	2	2	2	9	3
330.0	2	2	0	9	-2
340.0	0	2	2	9	9
358.5	2	2	-2	11	11
373.0	0	2	0	9	12
390.5	0	3	2	9	11
408.0	0	3	2	9	8
440.0	—	—	—	—	—
424.5	0	3	0	9	5

④ CASE 1-A 材令 4 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
17.5	2	0	0	2	-2
34.0	2	-2	-2	2	-2
50.5	0	0	-2	2	-2
68.0	0	0	0	2	3
84.5	2	0	9	5	9

测定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
105.5	2	0	2	5	2
123.0	2	0	2	6	2
138.5	2	0	6	6	3
157.0	2	0	11	8	5
175.0	2	0	9	11	6
195.5	2	0	9	11	8
212.0	0	0	11	11	8
229.0	2	0	9	14	16
244.0	2	0	9	14	12
268.5	0	0	9	14	11
290.0	2	0	9	14	19
304.5	0	0	8	14	11
316.5	2	2	12	16	23
336.5	2	0	12	14	25
349.3	—	—	—	—	—

⑤ CASE 1-C 材令 6 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
40.5	0	2	0	0	-3
85.5	0	2	0	0	-11
126.5	0	0	0	2	-9
171.5	2	2	-2	2	-11
218.0	2	2	-2	2	-11
257.5	2	2	0	2	-9
310.5	2	2	-2	2	-9
350.0	2	2	-2	2	-8
390.5	2	3	0	2	-8
432.0	2	3	0	-2	-2
493.0	2	3	-2	2	-6
535.5	2	3	-2	2	-3
556.5	2	3	-2	2	-2
572.0	3	3	-2	3	5
590.5	2	5	-2	3	-8
603.0	3	5	-2	3	5
651.8	—	—	—	—	—
167.0	189	213	-2	177	170

⑥ CASE 1-C 材令 8 hr

(1/100 mm)

测定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0
40.5	-2	0	-2	0	3
81.5	0	0	0	0	6
127.5	0	0	-2	2	-23
169.5	0	0	0	0	9
207.0	2	0	-2	0	11
256.5	3	2	-2	0	12
312.5	6	0	-3	-5	9
351.0	10	-2	-5	-3	12
390.5	11	-2	-5	-5	16
441.0	13	-3	-5	-5	12
486.5	14	-5	-5	-5	16
536.0	16	-6	-5	-5	17
552.0	16	-6	-5	-5	19
580.5	17	-6	-5	-5	16
591.0	17	-6	-6	-5	16
611.5	17	-6	-5	-5	14
626.0	19	-6	-5	-5	16
646.5	19	-8	-6	-5	16
662.0	19	-8	-6	-5	19
682.0	19	-6	-5	-5	17
703.0	21	-6	-6	-3	16
721.5	22	-8	-5	-3	19
744.5	24	-8	-6	-5	17
761.5	24	-6	-5	-5	14
775.5	24	-8	-6	-3	12
803.0	25	-6	-6	-3	-2
835.1	—	—	—	—	—
815.0	25	-8	-6	-5	14

⑦ CASE 1-B 材令 12 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
41.5	0	0	-3	-2	-3

测定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
85.5	2	-2	0	2	0
130.0	2	-2	-2	2	2
171.5	3	2	2	5	3
212.5	3	2	0	3	3
257.5	3	0	0	8	5
279.5	3	0	0	3	6
305.5	3	2	-2	5	3
318.0	5	2	-2	5	5
333.0	3	2	-2	3	5
352.0	5	0	-12	-9	5
373.0	3	3	-11	-6	5
389.5	3	2	-7	-5	6
409.0	5	3	-7	-3	3
426.5	5	2	-7	-3	5
449.0	3	3	-6	-3	5
474.0	5	2	-6	-3	5
488.0	5	2	-6	-3	8
505.0	5	3	-5	-3	5
531.7	—	—	—	—	—
370.5	54	27	31	33	36

⑧ CASE 1-B 材令16hr

(1/100mm)

0	0	0	0	0	0
45.0	5	0	0	0	-3
85.5	5	0	0	0	-2
128.5	8	-2	0	0	-2
169.5	10	0	0	0	2
214.5	13	0	0	0	-2
264.0	16	0	-2	2	-2
305.5	19	2	0	2	8
349.5	22	2	2	2	-8
390.5	25	3	0	2	-9
432.5	30	5	0	2	-9
458.5	32	3	0	2	-8
478.5	32	5	2	2	-8
497.0	33	3	0	2	-8

测定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
522.5	35	3	0	2	-9
533.5	35	3	0	2	-11
557.5	37	10	0	2	-8
574.0	37	3	0	2	-8
587.5	37	3	0	2	-11
611.5	37	3	-2	2	-8
628.0	38	3	-2	3	-11
646.5	40	3	-2	3	-8
672.0	38	3	0	3	-8
683.0	40	3	-2	3	-9
699.5	40	3	2	5	-9
721.5	43	2	0	5	-53
761.0	43	2	0	5	-55
804.0	44	2	0	5	-53
830.5	44	3	0	5	-55
872.0	46	2	0	5	-55
909.5	46	3	0	5	-53
953.4	—	—	—	—	—
219.0	264	215	183	185	142

⑨ CASE 1-B 材令24hr

(1/100mm)

0	0	0	0	0	0
86.0	2	2	0	0	-11
174.0	2	3	0	2	-5
258.5	2	3	0	2	2
350.0	2	5	0	0	2
432.5	3	6	0	2	3
521.5	3	8	2	0	9
623.5	3	8	2	2	9
706.0	3	8	2	2	11
760.9	—	—	—	—	—
231.0	173	141	199	116	173

⑩ CASE 2-A 材令1hr

(1/100mm)

0	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---

测定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
18.5	0	2	-6	-5	3
33.0	2	2	-6	-5	0
50.5	2	3	-6	-8	5
68.0	0	3	-8	-8	53
83.5	2	3	-8	-8	-5
102.5	2	3	-8	-6	8
118.5	2	3	-8	-6	0
138.5	3	3	-8	-6	-19
156.0	3	3	-8	-6	5
174.0	3	3	-9	-6	2
192.5	5	3	-9	-6	3
209.0	5	5	-9	-6	3
227.5	6	6	-11	-6	11
280.0	—	—	—	—	—
212.5	21	21	-2	2	27
136.5	162	103	73	154	140

⑪ CASE 2-A 材令 2 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
36.0	0	-2	0	2	-9
51.5	0	0	2	0	-12
69.0	0	0	0	0	-12
85.5	0	0	0	0	-19
106.5	0	0	0	2	-31
128.5	0	0	-2	2	-27
146.5	0	0	0	0	-16
159.5	0	0	0	0	-17
174.0	0	2	0	0	-16
195.5	0	2	0	2	-5
211.0	0	2	-2	2	-12
230.0	2	2	-2	2	-8
247.5	0	2	-2	2	-3
275.0	—	—	—	—	—
176.0	6	31	75	52	53
142.0	129	115	153	144	131

⑫ CASE 2-C 材令 3 hr

(1/100 mm)

测定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0
46.0	0	0	0	0	-3
87.0	3	0	0	2	-2
129.5	8	5	0	2	0
172.5	10	8	2	2	2
201.7	—	—	—	—	—
58.0	1233	1171	1489	1418	1335

⑬ CASE 2-A 材令 4 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
25.5	0	0	0	0	2
41.5	2	2	-2	0	2
64.0	2	2	-2	0	2
87.0	2	2	-2	0	-3
107.5	-3	-2	-2	0	-2
136.5	-2	-2	-3	0	-3
157.5	-2	0	-2	0	-5
175.0	-2	0	-2	0	-3
201.0	0	-2	-3	2	-3
220.0	-2	0	-3	2	-3
244.0	-2	0	-3	0	-5
264.0	-2	0	-3	2	-3
286.0	0	0	-5	2	-3
309.0	-2	0	-5	2	2
339.2	—	—	—	—	—
127.5	140	153	133	149	147
91.0	1595	1668	1570	1657	1636

⑭ CASE 2-C 材令 6 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
40.5	0	0	0	0	0

测定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
87.0	0	2	0	2	-5
127.5	0	0	-2	2	-6
175.0	0	0	-2	0	-2
219.0	0	0	-2	2	-6
260.5	2	0	-2	2	0
308.0	0	0	-2	2	-2
352.0	0	0	-2	2	2
397.0	0	0	-2	2	-2
459.3	—	—	—	—	—
105.5	267	250	205	187	225
75.0	1216	1210	1153	1134	1170

⑮ CASE 2-C 材令 8 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
83.5	-2	0	0	-2	6
171.5	0	2	2	0	9
264.0	0	0	0	0	12
346.5	0	2	2	0	20
402.5	0	0	0	0	20
458.5	0	2	2	0	28
468.5	0	0	2	2	27
487.0	0	2	0	0	30
510.0	0	2	0	2	30
532.5	0	2	2	3	30
550.0	—	—	—	—	—
125.5	283	294	261	264	300

⑯ CASE 2-B 材令 12 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
43.0	0	0	2	0	11
82.5	0	-2	5	0	11
129.5	0	0	11	-2	11
173.5	0	-2	17	-3	11
215.5	0	0	24	-6	11
265.0	0	0	35	-9	12

测定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
308.0	0	2	41	-11	11
349.5	2	2	47	-14	11
390.5	-14	-15	55	-17	14
441.0	-14	-16	63	-19	16
465.5	-17	-15	67	-20	16
490.5	2	2	72	-22	14
514.5	2	3	75	-22	16
537.0	2	2	78	-22	19
560.0	2	2	83	-24	16
576.5	2	3	86	-25	19
618.8	—	—	—	—	—
341.0	33	81	116	69	83
127.5	1271	1429	1381	1392	1385

⑰ CASE 2-B 材令 16 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
83.5	0	0	0	0	2
172.5	-2	2	0	2	3
258.5	-2	0	0	2	5
344.0	0	2	0	2	5
432.5	0	0	-2	2	3
486.0	0	2	-2	2	6
529.0	0	2	5	8	5
581.0	-2	2	3	8	8
623.5	0	2	3	8	6
668.5	0	2	3	8	8
733.4	—	—	—	—	—
204.5	132	241	116	224	198
118.5	891	1022	812	952	922

⑱ CASE 2-B 材令 24 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
84.5	0	0	0	0	-6
171.5	2	0	-2	0	-6
255.0	3	2	-2	0	-6

测定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
340.0	5	2	-2	0	-5
427.0	6	2	-2	0	-3
483.0	6	3	-2	2	-3
531.0	8	5	-2	0	-3
577.5	—	—	—	—	—
313.5	86	99	-28	—	72
315.5	87	100	44	195	73

测定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
263.0	-5	-3	2	2	6
290.0	-5	-3	2	0	8
306.0	-6	-2	3	0	14
331.0	-5	-2	3	2	11
359.5	-3	-2	2	2	11
377.5	-3	-2	2	2	12
393.3	—	—	—	—	—
108.0	1239	1177	1173	1109	1019

⑩ CASE 3-A 材令 1 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
21.0	2	0	0	0	-5
41.5	2	0	0	2	-2
61.5	2	2	0	2	-2
84.5	0	0	0	0	-2
108.0	2	2	-2	2	-3
130.0	2	2	0	2	5
156.0	2	2	0	2	2
173.5	2	2	0	2	3
197.0	2	3	0	2	3
220.0	2	3	0	2	14
244.0	2	3	0	2	14
261.5	3	3	0	3	16
293.3	—	—	—	—	—
135.5	116	129	102	119	134
103.5	672	699	647	679	699

⑪ CASE 3-A 材令 4 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
39.5	2	2	0	0	2
91.5	6	5	-2	0	-2
134.0	11	6	0	0	-3
176.0	13	8	0	0	-2
199.0	13	8	0	0	-2
217.5	13	8	0	0	0
235.5	14	8	0	2	0
265.0	15	8	0	2	0
289.5	15	8	0	2	2
304.5	15	10	0	2	-2
335.5	17	8	0	2	3
353.0	17	8	0	3	2
389.6	—	—	—	—	—
113.5	145	166	118	147	142
63.5	1052	1097	1012	1051	1045

⑫ CASE 3-C 材令 3 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
40.5	-2	2	2	0	0
83.5	-3	3	3	-2	3
128.5	0	2	2	0	-2
172.5	0	3	2	0	2
200.0	-6	-6	2	2	5
220.0	-8	-6	2	0	9
241.0	-6	-3	3	0	5

⑬ CASE 3-C 材令 6 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
37.5	-2	0	0	0	17
86.0	-2	2	2	2	14
130.0	-2	2	3	3	16
175.0	-2	-2	2	3	17
220.0	-2	0	3	3	19
264.0	-2	0	2	3	20

测定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
296.0	-2	0	3	5	25
355.5	-2	2	3	6	22
402.5	-2	0	3	6	17
446.5	-3	0	3	6	23
486.0	-3	2	3	8	22
522.5	—	—	—	—	—
137.5	504	669	579	747	753
58.5	1624	1780	1550	1731	1699

㊤ CASE 3-C 材令 8 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
83.5	2	2	2	3	-8
183.5	0	2	0	3	-2
264.0	0	2	0	2	5
353.0	2	0	0	3	0
446.5	2	2	0	3	-2
497.0	2	0	0	3	-3
540.0	2	3	2	5	3
575.0	2	3	2	3	3
630.0	0	2	2	3	3
678.5	0	2	2	3	6
722.5	0	2	2	3	2
762.5	2	2	2	3	8
825.0	—	—	—	—	—
812.0	2	2	2	160	251
85.5	1632	1615	1660	1641	1636

㊤ CASE 3-B 材令 12 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
44.0	0	0	0	0	23
86.0	0	2	2	0	-3
131.0	2	0	2	2	-6
177.0	2	0	2	2	11
217.5	2	0	2	2	-5
268.0	0	2	5	2	12

测定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
306.0	0	2	6	5	3
356.0	2	2	6	5	2
404.5	3	0	6	6	8
445.5	3	2	8	6	0
487.0	3	2	6	6	3
519.0	3	2	6	6	6
536.5	5	2	6	8	6
563.0	3	3	8	8	-2
585.0	2	2	9	6	6
608.0	3	3	9	6	6
628.0	5	2	8	8	2
653.0	5	2	8	8	28
675.5	3	3	9	8	-8
699.5	3	3	9	6	-2
720.5	5	2	8	8	9
746.5	5	2	9	6	11
772.0	5	2	8	8	11
798.5	5	3	8	8	9
818.5	3	5	9	8	12
872.0	5	5	9	9	8
909.5	5	3	9	9	12
928.5	6	3	9	11	9
990.0	8	3	9	11	9
1036.0	6	5	11	9	19
1094.5	6	5	11	9	17
1191.0	8	6	11	11	12
1230.0	6	6	14	13	12
1268.0	8	5	12	13	20
1376.0	—	—	—	—	—
1321.0	8	5	12	13	22

㊤ CASE 3-B 材令 16 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
88.0	0	0	0	0	5
169.5	2	2	-2	2	2
255.0	2	2	-2	0	5

测定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
347.5	2	0	-3	0	9
420.8	—	—	—	—	—
299.0	32	61	0	30	28
191.5	265	315	157	204	242

㊟ CASE 3-B 材令24 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
86.0	0	-2	3	2	-5
172.5	0	0	9	2	-2
263.0	-2	0	17	2	0
352.0	0	0	21	2	5
444.5	0	0	24	2	3
532.5	-2	0	29	2	6
585.0	0	0	31	2	8
627.0	-2	0	32	3	6
672.0	-2	0	34	3	9
725.0	-2	0	37	3	8
765.5	-2	0	37	3	9
817.0	-2	2	40	3	9
863.5	-2	2	41	3	11
901.0	-2	2	43	5	11
943.5	-2	2	44	5	11
1002.0	-2	2	46	5	14
1035.0	-2	2	47	5	12
1081.0	-2	3	49	5	12
1139.5	-2	3	50	6	14
1173.5	-2	3	52	6	14
1220.0	-2	3	52	6	16
1265.0	-2	3	55	8	16
1305.5	-2	3	55	8	17
1356.5	-2	3	57	8	17
1397.0	-2	5	58	8	17
1454.0	-2	5	60	9	17
1500.5	-2	5	61	9	19
1529.0	-2	5	63	9	19
1639.0	-2	5	66	11	20

测定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
1677.6	—	—	—	—	—
91.5	1413	1450	1456	1451	1448

㊟ CASE 3-A 材令47 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
85.5	0	2	0	-2	2
174.5	0	2	0	-2	3
258.5	0	2	2	-2	6
355.0	0	2	2	-2	6
440.0	0	3	2	-2	8
526.5	2	2	2	-2	9
622.5	2	3	2	-2	11
710.5	2	3	3	-2	12
810.5	2	3	3	-2	14
905.0	2	3	3	-2	14
994.0	2	3	3	-2	14
1079.0	3	5	3	-2	16
1171.5	2	5	3	-2	17
1268.0	2	3	3	-2	19
1351.5	3	5	3	-2	17
1439.0	3	5	5	-2	19
1544.0	3	3	3	-2	20
1614.5	3	5	5	-2	22
1788.5	—	—	—	—	—
80.5	952	1093	983	869	1006

㊟ CASE 4 材令3 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
42.0	3	0	-2	2	2
87.0	6	3	-3	3	2
174.0	11	8	-2	2	9
200.5	14	8	-3	3	11
223.5	16	8	-2	3	6
243.0	16	13	-2	3	17
263.1	—	—	—	—	—

测定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
114.5	160	216	61	126	170
59.5	1397	1528	1223	1320	1371

㊸ CASE 4 材令 6 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
87.0	3	0	-2	2	-3
175.0	3	5	0	2	5
203.5	—	—	—	—	—
153.5	180	181	93	94	137
112.5	1487	1462	1404	1422	1437

㊸ CASE 4 材令 6 hr 衝撃 6-A

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
43.5	2	0	0	0	5
88.0	2	2	2	2	-2
131.0	2	2	2	2	3
178.0	3	2	2	5	-5
222.0	2	3	3	3	5
266.0	3	0	2	3	6
310.0	3	3	2	5	3
368.5	—	—	—	—	—
186.0	119	118	57	52	95
99.0	1573	1584	1474	1473	1519

㊸ CASE 4 材令 24 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
82.5	2	-2	5	-2	3
173.5	2	-2	12	-3	6
264.0	0	-2	20	-3	9
351.0	2	-2	23	-3	5
434.5	2	0	29	-5	9
525.5	2	-2	26	-3	11
575.5	2	-2	28	-2	8
635.5	2	-2	29	-2	12

测定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
676.5	2	-2	31	-2	6
715.0	2	2	32	-2	11
763.5	2	-2	34	-2	14
800.5	3	-2	34	0	11
857.0	3	2	35	0	11
916.7	—	—	—	—	—
114.5	267	255	287	232	271
94.5	324	304	341	281	318

㊸ CASE 4 材令 24 hr 衝撃 6-A

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
84.5	0	0	-2	0	3
170.5	2	0	-3	0	3
262.0	0	0	-2	0	5
350.0	0	0	-2	0	6
441.0	2	0	-2	0	6
531.5	2	0	-3	0	6
586.5	2	2	-3	0	9
626.0	2	0	-3	0	9
662.5	2	2	-3	0	9
713.0	2	2	-3	0	12
757.0	2	2	-3	0	12
808.5	2	2	-3	0	12
851.5	2	3	-3	2	12
896.5	3	2	-3	2	11
911.0	2	2	-3	0	17
989.0	3	2	-5	2	14
1013.0	2	3	-3	0	19
1071.5	2	2	-2	2	6
1172.5	—	—	—	—	—
162.0	375	415	249	300	354
119.0	1487	1604	1399	1517	—

㊸ CASE 4 材令 24 hr 衝撃 24-A

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---

测定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
89.0	0	-2	0	0	2
171.5	-2	0	0	0	5
261.5	0	0	0	2	2
350.0	3	8	0	0	5
446.5	5	6	-2	2	3
531.0	5	8	0	2	5
579.5	5	6	-2	2	6
619.5	5	8	0	2	9
664.5	3	6	2	2	12
734.3	—	—	—	—	—
211.8	119	207	99	185	170

㊸ CASE 5 材令 3 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
46.0	2	2	0	2	-2
87.0	2	0	0	3	3
131.0	2	-2	-2	3	3
171.5	0	0	2	6	5
220.0	3	0	2	8	0
260.5	2	0	3	6	5
279.5	19	23	15	36	39
321.8	—	—	—	—	—
269.5	849	945	1029	1031	1009
102.0	1368	1352	1425	1415	1385

㊹ CASE 5 材令 3 hr 衝撃 3-B

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
42.0	2	0	2	2	-5
84.5	0	0	6	6	11
130.0	2	2	17	20	5
175.0	2	2	23	25	3
219.0	2	3	28	28	6
274.1	—	—	—	—	—
121.0	97	191	188	275	190
87.0	826	891	815	858	853

㊺ CASE 5 材令 6 hr

(1/100 mm)

测定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0
46.0	-2	0	0	0	0
86.0	-2	-2	0	0	0
130.0	0	0	0	2	3
165.0	—	—	—	—	—
109.0	251	262	251	267	254
82.5	1149	1153	1138	1181	1150

㊻ CASE 5 材令 6 hr 衝撃 6-B

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
43.0	2	0	0	2	0
88.0	3	0	2	2	0
129.5	2	2	3	0	27
179.0	6	0	3	2	6
218.0	11	3	9	3	17
253.0	—	—	—	—	—
195.5	111	136	67	113	126
131.0	447	446	398	439	440

㊼ CASE 5 材令 24 hr

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
83.5	2	0	0	2	0
168.5	2	0	2	2	-45
262.0	0	-5	6	5	5
347.4	—	—	—	—	—
262.0	0	-5	6	5	5
175.0	133	132	179	184	156

㊽ CASE 5 材令 24 hr 衝撃 3-B

(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
87.0	2	0	0	2	5

測定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
176.0	0	0	2	2	3
218.0	0	0	2	2	11
265.0	0	0	2	2	9
308.0	0	0	0	3	6
350.0	-2	2	2	2	11
397.0	2	0	-2	3	8
442.0	0	0	-2	3	5
488.5	0	0	-2	2	12
541.0	0	0	0	3	12
570.0	0	2	2	3	11
628.0	0	0	2	3	14
675.5	2	0	2	3	12
721.5	0	2	2	3	12
759.0	0	2	2	3	9
809.5	2	2	2	3	14
852.5	0	2	2	3	16
902.0	2	2	2	3	14
949.0	2	0	2	3	17
985.5	0	2	3	3	20
1081.0	2	0	2	3	17
1164.0	2	2	2	3	19
1283.4	—	—	—	—	—
189.0	248	265	277	297	284

㊸ CASE 5 材令24hr 衝撃6-B
(1/100mm)

0	0	0	0	0	0
87.0	-2	0	0	0	6
176.0	2	6	2	5	6
208.0	13	40	14	39	28
239.3	—	—	—	—	—
169.0	129	291	139	295	228

㊸ CASE 5 材令24hr 衝撃24-B
(1/100mm)

0	0	0	0	0	0
86.0	2	0	0	2	0

測定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
176.0	2	0	0	8	2
218.0	2	0	0	17	0
264.0	2	0	0	20	2
306.0	2	0	0	22	2
353.0	2	2	2	22	0
399.5	2	2	2	24	0
443.5	3	0	0	22	2
488.5	2	2	2	27	0
528.0	13	32	6	46	30
570.0	19	50	14	55	47
614.2	—	—	—	—	—
158.5	540	649	460	587	574

㊸ CASE 6 材令3hr
(1/100mm)

0	0	0	0	0	0
43.0	0	0	0	0	2
89.0	0	0	0	0	0
133.0	0	0	-2	0	2
175.0	0	0	0	0	2
221.0	0	0	-2	0	5
266.0	-2	0	0	0	8
339.2	—	—	—	—	—
104.5	122	150	139	174	229
67.0	1189	1184	1200	1412	1852

㊸ CASE 6 材令6hr
(1/100mm)

0	0	0	0	0	0
87.0	-2	2	0	0	5
165.0	0	2	0	0	9
265.0	0	3	0	0	12
302.5	0	3	-2	0	17
349.5	0	3	0	2	17
397.0	0	3	-2	2	22
439.0	0	5	-2	0	22
476.7	—	—	—	—	—

测定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
101.0	294	304	202	209	276
90.0	488	454	352	320	435

④ CASE 6 材令 6 hr 衝撃 6-B
(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
87.0	0	0	2	0	2
176.0	-2	0	0	0	2
222.0	-2	0	0	0	3
256.7	—	—	—	—	—
131.0	68	139	73	147	115
78.0	1616	1644	1589	1665	1657

测定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
675.5	6	8	3	14	11
717.0	6	8	3	14	11
765.5	6	8	5	14	12
814.0	6	8	5	14	14
882.5	8	8	6	14	16
921.0	8	8	5	14	17
948.5	8	8	5	14	17
989.0	8	9	5	14	16
1047.0	8	10	6	14	17
1071.6	—	—	—	—	—
150.5	448	404	339	292	374
181.5	609	631	474	460	569

⑤ CASE 6 材令 24 hr
(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
82.5	0	0	0	2	2
175.0	0	0	2	3	3
261.0	-2	0	2	3	5
353.0	0	0	2	3	5
441.0	0	0	2	3	5
533.5	0	0	2	3	5
584.8	0	0	2	5	6
621.5	0	0	2	5	6
640.8	—	—	—	—	—

⑦ CASE 6 材令 24 hr 衝撃 6-A
(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
85.5	0	0	2	0	2
175.0	0	2	2	0	3
265.0	0	2	3	2	8
352.0	2	2	2	2	11
444.0	0	2	2	2	14
537.5	0	2	2	3	17
582.0	2	2	3	3	19
629.0	0	2	3	2	23
671.0	2	2	3	3	25
716.0	2	2	3	3	27
773.0	2	2	3	3	28
807.5	2	2	3	3	30
852.5	2	3	9	94	176
852.5	—	—	—	—	—
214.5	739	756	930	943	995

⑥ CASE 6 材令 24 hr 衝撃 3-A
(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
87.0	2	2	0	0	3
175.0	3	5	0	6	6
257.5	6	6	0	14	6
344.5	6	6	2	14	8
448.0	8	8	2	14	8
542.5	8	8	3	13	9
588.5	6	8	3	14	9
625.0	6	8	3	13	11

⑧ CASE 6 材令 24 hr 衝撃 24-A
(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
91.0	0	0	0	2	2
174.0	0	0	-2	2	3

測定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
263.0	0	0	3	3	6
351.0	0	0	3	3	8
435.5	0	0	3	5	9
530.0	0	0	3	5	9
579.5	0	0	3	5	12
627.0	0	0	5	6	12
673.0	0	0	5	5	14
712.5	2	0	5	6	16
760.0	2	0	5	6	17
804.0	2	0	5	6	17
852.5	2	0	5	6	20
894.5	2	0	5	8	22
943.5	2	0	6	8	22
989.0	2	2	6	8	23
1031.5	3	2	6	9	27
1145.9	—	—	—	—	—
63.5	728	843	800	715	783

㊟ CASE 7-A 材令 3 hr (1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
40.5	0	2	0	0	0
85.5	2	2	0	0	2
130.0	0	2	-2	0	3
174.0	0	2	-2	0	3
219.0	0	2	-2	2	5
263.0	0	2	-2	2	6
286.0	0	2	-2	2	8
306.0	2	2	-3	2	9
330.0	—	—	—	—	—
115.5	160	216	156	180	195
80.5	1187	1282	1194	1271	1248

㊟ CASE 7-A 材令 3 hr 衝撃 3-B (1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
42.5	0	2	0	2	3

測定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
85.5	2	2	2	2	8
128.5	2	2	0	2	12
171.5	2	2	2	3	2
184.3	—	—	—	—	—
58.0	192	189	214	209	222

㊟ CASE 7-A 材令 6 hr (1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
86.5	2	0	-2	5	2
174.5	2	0	-5	9	3
266.0	2	0	-5	13	5
321.8	—	—	—	—	—
147.0	110	118	49	75	100
78.0	429	428	373	395	417
57.0	1284	1271	1219	1257	1276

㊟ CASE 7-A 材令 6 hr 衝撃 6-B (1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
42.5	-2	2	0	-2	0
85.5	0	2	0	0	2
128.5	0	2	0	-2	3
174.5	0	3	0	-2	5
215.5	0	3	0	-2	5
267.0	0	5	0	0	6
304.5	2	5	0	0	11
340.1	—	—	—	—	—
79.0	331	284	303	257	300
61.5	965	932	916	890	945

㊟ CASE 7-A 材令 24 hr (1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
86.0	0	0	-2	2	-2
174.0	2	0	0	3	3
265.0	3	0	5	3	8

测定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
355.5	14	5	11	3	14
437.5	40	18	23	5	25
483.1	—	—	—	—	—
83.5	907	895	844	830	869
83.5	1289	1302	1258	1271	1284

㊦ CASE 7-A 材令24 hr 衝撃 3-B
(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
86.0	2	-2	0	2	0
175.0	2	-2	0	2	5
262.0	0	0	2	2	5
311.0	2	0	0	2	6
359.5	3	2	0	3	8
399.5	3	3	3	5	12
441.0	3	5	5	8	16
488.5	3	8	5	11	16
531.5	3	10	6	14	17
596.8	—	—	—	—	—
151.5	186	213	176	207	217
86.0	1414	1617	1405	1602	1532

㊦ CASE 7-A 材令24 hr 衝撃 6-B
(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
88.0	2	-3	0	0	6
177.0	-2	-5	0	2	6
224.5	-2	-8	0	2	11
267.5	-3	-9	0	0	12
311.5	-3	-9	2	0	12
352.0	-3	10	0	2	12
375.0	-3	-6	0	2	11
403.5	-2	-6	0	2	12
424.5	-2	-9	2	0	17
453.0	-3	-9	2	2	17
468.5	-2	-8	0	2	8
494.0	-2	-8	0	2	9

测定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
528.0	-3	-6	2	2	16
547.5	0	-8	0	2	25
561.0	-2	-5	2	2	30
586.0	0	-6	0	3	12
607.0	2	-5	0	3	16
629.0	-2	-5	2	3	19
659.0	0	-5	0	3	16
686.4	—	—	—	—	—
128.5	303	283	251	237	287
101.0	907	900	839	833	897

㊦ CASE 7-A 材令24 hr 衝撃 24-B
(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
86.0	2	0	0	3	-5
175.0	2	2	2	3	-2
260.5	2	3	3	5	-5
347.5	3	2	2	5	-2
397.0	2	5	3	6	0
442.0	3	2	2	6	2
485.0	2	2	3	6	5
532.5	2	5	3	6	3
575.0	2	5	3	8	3
620.5	2	3	5	8	6
668.5	2	5	3	8	6
715.0	2	5	3	9	6
759.0	3	3	3	9	3
817.5	2	5	5	9	12
849.0	3	5	5	9	11
894.5	3	5	5	9	11
941.5	2	5	6	9	14
989.0	2	6	5	11	11
1025.0	3	5	6	9	9
1084.5	3	6	6	11	16
1119.5	3	6	5	13	11
1162.5	3	6	6	11	14
1225.5	6	8	5	11	16

測定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
1264.0	6	8	6	14	17
1301.0	5	9	6	13	16
1356.5	6	10	5	14	17
1374.0	6	9	5	14	17
1441.0	6	8	6	13	22
1488.0	5	11	6	16	20
1527.0	5	11	6	16	22
1570.5	6	11	6	16	22
1620.5	6	11	6	16	20
1672.0	6	9	6	16	28
1720.5	8	11	6	14	22
1766.5	10	11	6	17	30
1833.4	—	—	—	—	—
125.5	391	391	327	353	392
98.0	1020	1069	956	1040	1053

㉞ CASE 7-A 材令24hr 大谷石(細目)
(1/100mm)

0	0	0	0	0	0
172.5	3	-2	0	0	-8
353.0	-3	-3	2	0	6
526.0	-3	-2	3	5	3
711.5	-3	-2	6	11	3
884.5	-2	-3	9	14	6
1076.0	-3	-2	12	17	11
1246.5	-3	-3	14	20	12
1422.0	-3	-5	15	24	16
1604.0	-2	-5	17	24	20
1773.0	-2	-5	16	27	22
1908.5	-2	-3	17	27	23
1988.5	0	-2	17	30	20
2071.5	0	-2	18	28	25
2161.5	0	0	18	28	25
2261.5	0	0	18	30	27
2299.0	3	0	17	30	25
2446.5	3	0	17	31	25
2540.0	3	0	17	31	27

測定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
2622.5	5	0	17	31	30
2712.5	3	3	17	31	30
2807.0	3	3	20	33	33
2908.0	5	5	18	35	31
2990.0	6	5	18	35	30
3000.5	8	3	18	35	30
3181.0	6	3	20	35	36
3245.0	6	5	20	36	37
3370.5	10	5	20	36	36
3445.0	8	5	20	36	39
3544.0	8	8	21	36	39
3644.0	10	10	21	39	42
3694.3	—	—	—	—	—
149.5	523	531	561	562	535

㉟ CASE 7-A 材令24hr 花こう岩(細目)
(1/100mm)

0	0	0	0	0	0
169.5	17	23	5	3	2
344.0	41	47	3	5	2
523.5	60	68	3	5	6
707.0	75	86	5	5	8
883.0	91	99	3	5	12
1065.0	100	110	3	5	12
1232.0	110	120	3	5	0
1401.5	114	126	3	5	8
1620.5	121	131	3	5	6
1800.5	127	137	3	5	11
1894.0	127	139	3	5	12
1985.5	130	144	3	6	12
2084.5	141	155	3	5	19
2200.1	—	—	—	—	—
2170.5	149	165	3	5	14
106.5	898	904	719	703	775

㊦ CASE 7-B 材令24hr 大谷石(荒目)
(1/100mm)

測定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0
85.5	11	11	0	2	2
173.5	51	57	0	2	0
262.0	70	79	2	2	3
344.0	78	89	2	0	9
440.0	86	99	2	0	9
484.0	91	103	2	0	11
532.5	93	108	2	2	9
580.5	100	105	0	2	9
624.5	102	108	0	2	9
669.0	105	115	2	2	9
718.0	106	115	0	2	12
764.5	108	118	2	2	11
802.0	110	120	2	0	14
846.0	113	123	2	2	9
898.5	114	126	2	2	12
942.5	116	128	2	0	16
993.0	121	129	0	2	11
1082.0	119	131	2	2	16
1170.0	121	131	0	3	16
1246.0	121	132	2	2	17
1345.5	119	132	2	0	17
1431.0	121	131	2	2	19
1522.5	121	131	0	2	20
1608.0	122	132	2	2	20
1647.5	122	132	2	2	20
1839.0	124	136	2	2	23
1995.5	124	136	2	2	25
2126.0	124	136	2	0	25
2336.0	124	136	2	0	33
2528.5	124	137	3	2	30
2657.5	127	139	2	2	31
2758.5	127	137	2	2	33
3064.5	127	139	2	2	34

測定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
3529.3	—	—	—	—	—
3420.0	125	141	3	2	42

㊦ CASE 7-B 材令24hr 花こう岩(細目)
(1/100mm)

0	0	0	0	0	0
347.5	-2	2	0	-2	8
720.5	-2	2	0	-2	9
1080.5	-2	2	0	-2	14
1455.5	0	0	0	-2	20
1749.0	2	2	-2	0	19
2157.0	0	2	0	-2	28
2285.0	2	0	-2	0	27
2530.0	2	2	0	0	28
2674.0	2	2	0	0	30
2924.0	2	3	2	-2	36
3016.0	2	2	0	-2	41
3299.2	—	—	—	—	—
89.0	475	551	466	562	532
88.0	1865	1964	1827	1920	1934

㊦ CASE 8 材令3hr
(1/100mm)

0	0	0	0	0	0
42.0	0	0	0	0	0
84.5	0	2	0	0	-2
129.5	2	2	0	0	2
175.0	2	2	0	2	11
223.0	2	2	0	2	3
265.0	2	2	2	3	3
290.5	2	2	2	2	3
310.0	2	2	2	2	2
335.5	2	2	3	2	3
355.5	2	2	3	3	3
378.5	2	2	3	3	3
400.5	2	2	3	3	5
421.0	2	2	5	3	5

测定点 荷重 (kgf)	1	2	3	4	5
435.4	—	—	—	—	—
102.0	1061	1103	1150	684	1134

㊦ CASE 8 材令 3 hr 表面水 Wa
(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
22.0	-2	0	0	2	-2
41.5	0	0	-2	2	0
64.0	0	0	-2	2	0
86.0	-3	0	-2	3	-3
110.0	-6	0	-2	5	-5
130.0	-1	-2	-2	8	-3
152.0	-13	-2	-2	14	-3
167.8	—	—	—	—	—
132.0	60	66	63	66	61
90.0	1230	1247	1211	1188	1250

㊧ CASE 8 材令 3 hr 表面水 Wb
(1/100 mm)

0	0	0	0	0	0
43.0	0	0	0	0	2
84.5	0	0	0	-2	3
129.0	2	0	0	-2	6
174.0	2	0	0	-3	8
217.3	—	—	—	—	—
110.0	802	691	466	639	685

5. 衝撃荷重による振動波形解析結果一覧表

C A S E	材 令 (hr)	衝 撃	加 速 度 (G)	速 度 (kine)	振動数注1) (Hz)
4	6	6-A	5.4	14.2	830
	24	6-A	5.9	12.5	911
		24-A	3.9	11.5	781
5	3	3-B	39.4	14.2	830
	6	6-B	49.0	15.9	781
	24	3-B	39.1	16.1	391
		6-B	41.4	16.7	635
		24-B	50.0	16.0	1465
6	6	6-A	37.0	14.1	781
	24	3-A	38.1	13.5	521
		6-A	27.3	14.2	814
		24-A	17.8※	13.7	586※※
7-A	3	3-B	148.3※	31.1	553※※
	6	6-B	268.9※	39.3	703※※
	24	3-B	237.6※	43.8	781※※
		6-B	268.9※	39.3	703※※
		24-B	169.8※	52.8	—

注1) 振動数は、加速度波をフーリエ解析して求めた。

※ 速度波より求めた換算加速度である。

※※ 速度波をフーリエ解析して求めた振動数である。

6. セン断付着力試験結果一覧表

C A S E	材 令(hr:min)		吹付面注1)	荷 重注2) (kgf)	破壊部面積注3)(cm ²)		せん断付着強度注4) (kgf/cm ²)
	目 標	試 験 時			a	b	
9	3	3:10	A	—	—	—	—注5)
			B	36	58	2,618	0.013
		3:26	A	177	0	2,676	0.066
			B	63	0	2,676	0.024
10	7	7:00	A	177	1,847	829	0.066
			B	151	0	2,676	0.056
		7:30	A	—	—	—	—
			B	355	2,676	0	0.133
11	24	24:20	A	1,153	2,291	385	0.431
			B	—	—	—	—
		24:50	A	1,487	255	2,421	0.556
			B	—	—	—	—
		25:13	A	—	—	—	—
			B	881	1,925	751	0.329

注1) 図-8参照

注2) 圧力変換器より得られた最大荷重を、引張棒に添付した重ゲージの重をもとにA面B面に分布した荷重から、供試体重量を除いた値。

注3) 実際に破壊を起こしていた部分の面積であり、aは吹付けコンクリートと鋼板がはく離していた部分の面積、bは吹付けコンクリート自体の破壊部の面積。

注4) 荷重÷(a+b)とした値であり、b≠0の場合は真のせん断付着強度より低めであると考えられる。

注5) 片面破壊後も、破壊していないことを示す。

7. せん断付着力試験における荷重・変位測定結果一覧表

① CASE 9 材令 3 hr

荷 重 ^{注1)} (kgf)	引 張 棒 の 歪 ^{注2)} (μ)				変 位 ^{注3)} ($\times 0.01 \text{ mm}$)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
0	0	0	0	0	0	0	0	—
65.3	21	-8	14	-8	2	1	3	—
130.7	39	-20	25	-18	1	1	3	—
199.3	57	-31	34	-27	0	0	2	—
310.4	84	-46	12	-3	1	-8	-3	—
385.5	118	-71	11	0	9	-39	-20	—
388.8	—	—	—	—	—	—	—	—
22.9	-9	1	21	-7	491	-514	-1313	—

注1) 圧力変換器より求めた荷重

注2) 引張棒に添付した歪ゲージによる。1と2はA面，3と4はB面

注3) 1と2はA面，3と4はB面

以上，図-8 参照

② CASE 9 材令 3 hr

0	0	0	0	0	0	0	0	0
62.1	1	4	-11	14	-5	-1	-1	-1
127.4	10	6	-11	24	-6	-2	-2	-2
199.3	24	4	-28	41	-6	-2	-3	-2
258.1	36	0	-33	51	-6	-2	-8	-11
320.2	-44	-1	-35	58	-6	-13	-8	-11
375.7	—	—	—	—	—	—	—	—
124.1	-12	11	-19	25	-428	-488	-9	-12

③ CASE 10 材令 7 hr

0	0	0	0	0	0	0	0	0
29.4	1	6	9	-2	2	0	2	0
62.7	0	12	-20	13	2	0	2	-1
94.7	0	17	34	-20	2	-1	0	-1
124.1	0	21	46	-29	7	0	2	-1

荷重 ^(注1) (kgf)	引張棒の重 ^(注2) (μ)				変位 ^(注3) (×0.01 mm)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
156.8	1	25	58	-37	8	-1	0	-1
189.5	2	28	68	-45	9	-2	0	-2
228.7	5	30	79	-52	12	-2	0	-2
251.6	6	32	87	-58	12	-3	-1	-3
287.5	8	35	100	-66	12	-4	-1	-3
313.6	9	37	109	-73	12	-4	-1	-3
346.3	11	40	120	-80	12	-5	-2	-4
395.3	12	45	137	-91	-5	12	-2	-4
392.0	4	46	149	-100	97	-90	-2	-4
428.0	—	—	—	—	—	—	—	—
232.1	11	7	38	12	1397	-1465	-2	-3

④ CASE 10 材令 7 hr

0	0	0	0	0	0	0	0	0
32.7	0	0	0	0	0	0	0	-1
65.3	3	-1	-2	5	-1	0	-1	-1
94.7	6	-3	-2	9	-1	-2	0	-2
127.4	9	-2	-1	11	-2	-1	-1	-2
160.1	12	-2	2	12	-1	-3	-1	-2
189.5	12	0	4	13	-1	-3	-1	-2
225.4	12	3	7	15	-1	-3	-2	-3
261.4	14	5	8	17	-1	-3	-2	-3
297.3	14	9	11	19	-2	-4	-2	-3
330.0	15	11	14	20	-1	-3	-1	-3
356.1	15	13	17	21	-1	-3	-2	-3
388.8	17	16	21	21	-2	-3	-3	-3
421.4	17	19	25	22	-1	-3	-3	-3
457.4	17	22	29	22	-1	-4	-3	-3
483.5	18	25	33	23	-1	-4	-3	-3
522.7	19	30	37	23	-1	-4	-4	-3
555.4	19	33	42	24	-1	-4	-5	-3
588.1	20	35	45	25	-1	-4	-7	-3
624.0	20	40	50	24	-1	-4	-9	-4
650.1	21	42	53	25	-1	-4	-10	-3

荷重 ^{注1)} (kgf)	引張棒の歪 ^{注2)} (μ)				変位 ^{注3)} ($\times 0.01 \text{ mm}$)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
718.7	26	45	57	28	-1	-5	-14	-13
751.4	—	—	—	—	—	—	—	—
261.4	22	4	42	-20	-1	-5	-605	-547

⑤ CASE 11 材令24hr

0	0	0	0	0	0	0	0	0
65.3	1	1	0	2	-17	-2	-1	0
127.4	7	5	5	8	-5	-1	-1	0
196.0	9	12	5	17	-2	-1	-1	0
258.1	11	17	7	23	-7	-1	-1	0
330.0	14	22	9	30	-1	-2	-1	0
261.4	20	24	12	35	-2	-2	-1	0
460.6	24	30	13	44	-2	-2	-1	0
526.0	29	33	15	51	-12	-2	-1	0
463.9	34	36	17	57	-4	-2	-2	0
650.1	40	38	18	64	-9	-3	-2	0
725.3	50	38	22	71	-15	-3	-2	0
784.1	60	37	26	77	-16	-2	-2	0
849.4	69	37	29	82	-14	-3	-2	0
914.8	78	37	33	88	-15	-3	-3	0
983.4	88	37	38	93	-4	-2	-2	0
1052.0	97	37	43	95	-3	-3	-2	0
1110.8	106	38	49	99	-11	-2	-2	1
1176.1	113	39	54	103	0	-2	-2	0
1238.2	121	40	60	106	-1	-2	-2	0
1300.3	127	41	65	108	-14	-3	-3	-3
1378.7	136	42	72	111	-4	-3	-3	-3
1437.5	142	44	78	114	-4	-3	-3	-3
1502.8	149	46	84	117	1	-4	-4	-4
1568.2	155	48	89	120	-3	-4	-4	-4
1627.0	161	50	95	122	-14	-4	-4	-4
1698.8	167	53	100	126	-9	-4	-4	-4
1760.9	172	55	106	129	-14	-4	-4	-4
1832.8	178	59	112	133	-9	-5	-4	-4

荷重 ^{注1)} (kgf)	引張棒の歪 ^{注2)} (μ)				変位 ^{注3)} ($\times 0.01$ mm)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1898.1	184	62	118	136	-2	-5	-4	-4
1953.7	188	65	123	138	-2	-5	-4	-4
2022.3	194	68	129	141	-1	-5	-5	-5
2090.9	199	71	135	145	-12	-5	-6	-4
2153.0	205	74	140	148	-16	-5	-6	-4
2221.6	211	77	146	151	-3	-5	-8	-5
2286.9	217	81	152	155	0	-5	-9	-4
2349.0	222	84	158	158	0	-5	-11	-4
2417.6	226	88	6	26	-1641	-41	-16	-4
205.8	22	13	0	24	-1919	-332	-14	-4

⑥ CASE 11 材令24hr

0	0	0	0	0	0	0	0	0
147.0	41	-28	9	5	7	0	-1	-1
271.2	90	-59	8	27	-6	-1	-1	-2
395.3	124	-78	10	42	7	-2	-2	-2
532.5	148	-86	6	63	3	-2	-3	-3
728.5	186	-97	3	90	3	-3	-4	-3
849.4	206	-101	2	105	-6	-4	-4	-4
986.6	233	-109	6	119	-10	-4	-5	-4
1114.0	252	-112	9	130	-3	-4	-5	-4
1238.2	274	-115	14	141	-9	-4	-4	-4
1372.1	296	-118	20	151	1	-3	-4	-4
1502.8	316	-120	27	160	-10	-4	-4	-3
1630.2	335	-121	34	168	-3	-4	-4	-4
1770.7	355	-121	44	176	4	-4	-4	-4
1891.6	373	-119	55	182	2	-3	-4	-3
2032.1	392	-118	67	187	-8	-3	-3	-3
2159.5	409	-117	78	190	-7	-3	-3	-3
2290.2	425	-115	89	194	-4	-3	-4	-3
2424.1	442	-113	101	197	4	-3	-3	-3
2332.6	458	-111	112	200	-9	-3	-4	-3
2620.1	466	-110	118	202	-10	-3	-4	-3
2692.0	476	-108	125	203	5	-3	-4	-3

荷重 ^{注1)} (kgf)	引張棒の歪 ^{注2)} (μ)				変位 ^{注3)} ($\times 0.01 \text{ mm}$)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
2750.8	482	-107	131	203	5	-4	-4	-4
2822.7	490	-105	139	202	-3	-4	-4	-4
2875.0	492	-101	-68	11	-1034	4525	6	-15
163.4	-11	14	-7	-2	4257	4527	7	-8

⑦ CASE 11 材令24hr

0	0	0	0	0	0	0	0	0
140.5	41	-28	-7	14	-1	-1	-1	-2
264.6	90	-59	-16	34	-1	-2	-2	-2
395.3	146	-96	-19	52	-2	-2	-2	-2
516.2	200	-132	-20	65	-2	-2	-2	-2
643.6	254	-168	-17	76	-2	-2	-2	-2
771.0	309	-204	-13	85	-2	-2	-2	-2
927.8	363	-238	-5	4	-2	-2	-2	-2
1045.4	394	-251	10	93	-2	-2	-2	-2
1179.4	421	-258	30	89	-2	-2	-2	-2
1297.0	441	-262	47	84	-2	-3	-2	-2
1430.9	464	-267	69	78	-3	-3	-2	-2
1561.6	486	-270	90	72	-3	-3	-3	-2
1698.8	506	-272	113	67	-3	-2	-3	-2
1421.2	525	-271	132	65	-3	-2	-2	-2
1829.5	541	-269	148	67	-9	-2	-2	-2
2084.3	552	-264	165	67	-10	-2	-2	-2
2094.1	—	—	—	—	—	—	—	—
179.7	13	5	13	-4	-3	-2	-1466	-1610

8. 圧縮強度試験結果一覧表

CASE		材 令(hr:min)		圧縮強度(kgf/cm ²)	
		目 標	試 験 時	各 供 試 体	平 均
1	A	1	1 : 11 1 : 20	8.55 [*] 1.46	1.46
	A	2	2 : 04 2 : 15	0.59 0.81	0.70
	C	3	3 : 20 3 : 27	7.91 6.97	7.44
	A	4	4 : 13 4 : 20	1.97 2.28	2.13
	C	6	6 : 14 6 : 18	15.8 15.6	15.7
	C	8	8 : 14 8 : 20	25.9 26.7	26.3
	B	12	12 : 16 12 : 28	37.4 39.6	38.5
	B	16	16 : 38 16 : 44	55.6 40.7	48.2
	B	24	24 : 20 24 : 25	22.4 [*] 70.1	70.1
2	A	1	1 : 13 —	1.60 —	1.60
	A	2	2 : 14 2 : 17	3.09 3.06	3.10
	C	3	3 : 07 3 : 12	4.45 4.33	4.39
	A	4	4 : 15 4 : 20	8.87 0.38 [*]	8.87
	C	6	6 : 20 6 : 10	16.7 17.6	17.2
	C	8	8 : 18 8 : 26	15.2 16.9	16.05
	B	12	12 : 10 12 : 00	43.1 38.2	40.7
	B	16	16 : 24 16 : 30	84.6 80.9	82.8
	B	24	24 : 22 24 : 26	110.7 107.3	109.0

CASE		材 令(hr:min)		圧縮強度(kgf/cm ²)	
		目 標	試 験 時	各 供 試 体	平 均
3	A	1	1 : 20 1 : 25	2.29 [*] 4.96	4.96
	A	2	2 : 01 2 : 30	6.56 6.84	6.70
	C	3	3 : 00 3 : 04	5.41 4.77	5.09
	A	4	4 : 02 4 : 07	4.21 [*] 5.96	5.96
	C	6	6 : 33 6 : 37	9.19 13.45	11.32
	C	8	8 : 11 8 : 15	27.19 21.70	24.45
	B	12	12 : 21 12 : 29	39.96 35.39	37.68
	B	16	16 : 36 16 : 41	78.11 52.77	65.44
	B	24	24 : 14 24 : 19	102.09 105.09	103.59
	A	47	47 : 10 47 : 15	114.44 100.14	107.29
4		3	3 : 08 3 : 14	1.61 [*] 2.43	2.43
		6	6 : 00 6 : 02	3.97 3.77	3.87
		24	24 : 06 24 : 10	135.05 121.44	128.25
5		3	3 : 17 3 : 22	3.49 3.62	3.56
		6	6 : 07 6 : 03	24.77 15.63	20.20
		24	24 : 11 24 : 15	92.95 97.48	95.22
6		3	2 : 42 2 : 51	4.59 5.79	5.19
		6	5 : 43 5 : 47	24.31 22.07	23.19
		24	23 : 58 24 : 02	72.56 99.11	85.84

CASE	材 令(hr:min)		圧縮強度(kgf/cm ²)	
	目 標	試 験 時	各 供 試 体	平 均 ^{注1)}
7-A	3	2:52	7.26	7.16
		2:55	7.06	
	6	5:53	16.2	14.35
		6:00	12.5	
	24	26:30	96.9	93.10
		26:35	89.3	
8	3	3:21	20.44	17.76
		3:25	15.08	
12 ^{注2)}	1	25:40	17.7	27.4
		25:55	42.9	
		26:11	22.0	
		26:25	34.8	
		26:40	19.4	
	2	48:00	13.2	17.2
		48:11	19.7	
		48:22	18.1	
		48:38	19.4	
		48:40	15.6	
11 ^{注2)}	3	72:30	12.6	23.1
		72:37	28.1	
		72:45	30.7	
		72:52	17.0	
		73:00	27.2	
13 ^{注2)}	7	168:30	80.6	82.2
		169:05	79.4	
		169:32	85.7	
		170:00	85.7	
		170:25	79.6	
	28	671:15	109.1	96.0
		671:34	100.6	
		671:50	86.6	
		672:02	70.4	
		672:21	113.4	

CASE	材 令(hr:min)		圧縮強度(kgf/cm ²)		備 考
	目 標	試験時	各供試体	平 均	
7-B	24	24:19	67.0	73.1	a 注3)
		24:12	79.2		
	24	24:41	62.8	62.8	b
		—	—		
	24	24:24	54.0	56.4	c
		24:21	58.7		
11	3	73:35	49.1	45.2	配合A 気中養生
		73:43	51.5		
		73:48	35.0		
	3	73:08	29.3	36.6	配合B 20℃、80%の恒温 恒湿養生
		73:18	35.7		
		73:25	44.7		

注1) 図-15、図-23、図-24では平均の値をとっている。

注2) 配合Bによる。

注3) 載荷方向は図-10参照。

※ 不良供試体、載荷方法ミス等の理由により無視した。

9. 引張強度試験結果一覽表

CASE		材 令(hr:min)		引張強度(kgf/cm ²)	
		目 標	試 験 時	各 供 試 体	平 均 ^{注1)}
1	A	1	1 : 25 1 : 30	0.11 0.08	0.09
	A	2	2 : 22 2 : 25	0.15 0.18	0.17
	C	3	3 : 10 3 : 14	0.67 0.94	0.81
	A	4	4 : 25 4 : 30	0.14 0.24	0.19
	C	6	5 : 50 5 : 57	1.45 1.64	1.55
	C	8	7 : 55 8 : 00	2.88 3.11	3.00
	B	12	11 : 55 12 : 00	2.35 2.05	2.20
	B	16	16 : 20 16 : 25	5.31 4.92	5.11
	B	24	24 : 00 24 : 07	5.76 5.04	5.40
2	A	1	1 : 17 —	0.36 —	0.36
	A	2	2 : 22 —	0.20 —	0.20
	C	3	3 : 00 3 : 02	0.33 0.33	0.33
	A	4	4 : 08 —	0.70 —	0.70
	C	6	5 : 59 6 : 20	0.43 0.45	0.44
	C	8	7 : 57 8 : 03	1.40 0.50*	1.40
	B	12	11 : 43 11 : 48	1.77* 4.27	4.27
	B	16	16 : 07 16 : 12	6.25 6.37	6.31
	B	24	24 : 10 24 : 14	9.31 10.03	9.67

CASE		材 令(hr:min)		引張強度(kgf/cm ²)	
		目 標	試 験 時	各 供 試 体	平 均 ^{注1)}
3	A	1	1 : 12 1 : 17	0.27 0.33	0.30
	A	2	2 : 07 2 : 10	0.53 0.66	0.60
	C	3	2 : 55 —	0.35 —	0.35
	A	4	4 : 12 4 : 15	0.52 0.46	0.49
	C	6	6 : 47 6 : 50	0.91 1.40	1.16
	C	8	7 : 58 8 : 01	2.06 2.00	2.03
	B	12	11 : 58 12 : 03	3.32 3.70	3.51
	B	16	16 : 22 16 : 28	5.69 4.92	5.31
	B	24	24 : 08 24 : 04	10.10 8.93	9.52
4	A	47	47 : 00 47 : 14	9.46 7.29	8.38
	3	3	3 : 00 3 : 03	0.25 0.22	0.24
		6	6 : 09 6 : 12	0.49 0.57	0.53
5	24	24	23 : 59 24 : 02	11.44 7.64	9.54
		3	3 : 25 3 : 28	0.32 0.42	0.37
	6	6	5 : 53 5 : 56	1.27 1.02	1.15
6	24	24	24 : 03 24 : 06	10.59 9.14	9.87
		3	2 : 42 2 : 44	0.21 0.26	0.24
	6	6	5 : 33 5 : 35	1.38 1.70	1.54
7	24	24	23 : 51 23 : 54	8.43 7.74	8.09

CASE	材 令(hr:min)		引張強度(kgf/cm ²)	
	目 標	試 験 時	各 供 試 体	平 均 ^{注1)}
7-A	3	3:00	0.44	0.51
		3:05	0.57	
	6	5:44	0.64	0.71
		5:46	0.78	
	24	25:45	6.14	7.42
		25:45	8.70	
8	3	3:14	4.39	2.78
		3:16	1.17	
12 ^{注2)}	1	27:02	0.74	0.93
		27:11	1.03	
		27:20	0.73	
		27:30	0.93	
		27:40	1.21	
	2	48:55	1.05	1.49
		49:01	1.09	
		49:06	1.87	
		49:15	1.62	
		49:20	1.80	
11 ^{注2)}	3	73:55	2.67	3.02
		74:02	2.74	
		74:06	4.38	
		74:08	2.83	
		74:11	2.49	
13 ^{注2)}	7	170:35	8.40	6.58
		170:45	7.37	
		171:05	4.66	
		171:15	7.82	
		171:25	4.67	
	28	672:28	6.88	9.16
		672:32	9.75	
		672:37	11.90	
		672:42	10.90	
		672:45	6.38	

CASE	材 令(hr:min)		引張強度(kgf/cm ²)		備 考
	目 標	試 験 時	各 供 試 体	平 均	
7-B	24	24:51	6.32	6.20	載荷方向 a ^{注3)}
		24:55	6.07		
	24	24:36	2.29	2.85	c
		24:30	3.40		
	24	24:58	5.86	7.82	b
		25:01	9.77		
11	3	74:25	2.94	5.35	配合A 気中養生
		74:28	5.80		
		74:32	7.30		
	3	74:15	4.46	4.79	配合B 20℃、80%の恒温 恒湿養生
		74:19	4.66		
		74:22	5.26		

注1) 図-19、図-24では平均の値をとっている。

注2) 配合Bによる。

注3) 載荷方向は図-10参照。

※ 不良供試体・載荷方法ミス等の理由により無視した。

10. 弾性係数結果一覧表

C A S E	材 令(hr:min)		圧 縮 強 度 (kgf/cm ²)	弾性係数(kgf/cm ²)		備 考	ポアソン比 ^{注3)}
	目 標	試 験 時		接 線 注1)	割 線 注2)		
1	A	2	2:15	0.81	14.7		
	C	3	3:20	7.91	238.7		
	C	3	3:27	6.97	260.7		
2	A	2	2:14	3.09	110.7		
	A	2	2:17	3.06	109.6		
	C	3	3:07	4.45	164.3		
	C	3	3:12	4.33	138.5		
	A	4	4:15	8.87	239.5		
	C	8	8:26	16.88	651.4		
3	A	1	1:25	4.96	182.8		
	A	2	2:01	6.56	300.4		
	A	4	4:02	4.21	187.9		
	A	4	4:07	5.96	239.6		
	C	6	6:33	9.19	222.4		
	C	6	6:37	13.45	284.9		
	C	8	8:11	27.19	1,475		
	C	8	8:15	21.70	899		
	B	12	12:21	39.96	2,590		
	B	12	12:29	35.39	2,320		
	B	16	16:36	78.11	6,900		
	B	16	16:41	52.77	4,790		
	B	24	24:14	102.09	11,200		
	B	24	24:19	105.09	11,200		
	A	47	47:10	114.44	5,495		
	A	47	47:15	100.14	8,969		
7-B	24	24:19	67.0	7,570		注4) 載荷方向	a
		24:12	79.2	7,251			b
		24:41	62.8	6,108			c
		24:24	54.0	2,640			
		24:21	58.7	2,502			
7-A	24	26:30	96.9	—	122,000		0.38
		26:35	89.3	—	100,000		0.35
12 ^{注5)}	24 (1日)	25:40	17.7	—	18,400		0.28
		25:55	42.9	4,770	22,000		0.20
		26:11	22.0	2,470	—		—
		26:25	34.8	5,000	—		—
		26:40	19.4	4,160	—		—
	48 (2日)	48:11	19.7	2,790	80,600		—
		48:22	18.1	8,530	24,400		—
		48:38	19.4	5,850	31,000		—
		48:40	15.6	2,310	33,000		—
11 ^{注5)}	72 (3日)	72:30	12.6	—	35,300		0.19
		72:37	28.1	—	71,900		0.21
13 ^{注5)}	168 (7日)	168:30	80.6	—	185,000		0.39
		169:05	79.4	—	113,800		0.36
		170:25	79.6	—	148,900		—
	672 (28日)	671:15	109.1	12,700	—		—
		671:34	100.6	43,900	—		—
		671:50	86.6	85,500	95,500		—
		672:02	70.4	5,500	—		—
		672:21	113.4	39,200	—		—

注1) ダイヤルゲージ (あるいは変位計) による変位測定結果から求めた接線弾性係数。

注2) 歪ゲージによる歪測定結果から求めた割線弾性係数 (最大荷重の $\frac{1}{2}$ における値)。

注3) 誤差が大きく精度もあまり良くない。

注4) 載荷方向は、図-10参照。

注5) 配合Bによる。

11. 圧縮試験における荷重・ひずみ測定結果一覧表 (弾性係数を求めた供試体)

① CASE 1-A 材令 2 hr

圧縮応力 (kgf/cm ²)	ひずみ (×100μ)
0	0 *
0.15	50.0
0.25	100.0
0.31	150.0
0.38	200.0
0.47	250.0
0.52	300.0
0.57	350.0
0.64	400.0
0.68	450.0
0.72	500.0
0.81	550.0 *
0.81	600.0

② CASE 1-C 材令 3 hr

0	0
0.32	50.5
0.67	101.0
1.67	151.5 *
3.11	202.0
4.56	252.5
5.83	303.0
6.94	353.5
7.70	404.0 *
7.91	454.5

③ CASE 1-C 材令 3 hr

0	0
0.31	50.5
1.05	101.0 *
2.53	151.5
4.01	202.0
5.24	252.5

圧縮応力 (kgf/cm ²)	ひずみ (×100μ)
6.31	303.0 *
6.97	353.5
6.81	404.0
6.81	454.5
5.98	505.1

④ CASE 2-A 材令 2 hr

0	0
0.30	50.5
0.54	101.0 *
0.93	151.5
1.65	202.0
2.29	252.5
2.77	303.0 *
3.01	353.5
2.85	404.0
2.85	454.5

⑤ CASE 2-A 材令 2 hr

0	0
0.29	50.5
0.69	101.0 *
1.32	151.5
1.95	202.0
2.51	252.5
2.90	303.0 *
3.06	353.5
2.74	404.0
2.27	454.5

⑥ CASE 2-C 材令 3 hr

0	0
0.14	51.0
0.22	102.0

圧縮応力 (kgf/cm ²)	ひずみ (×100μ)
0.46	153.1
0.78	204.1 *
1.65	255.1
2.61	306.1
3.41	357.1
4.13	408.2 *
4.45	459.2
4.21	510.2
3.65	561.2

⑦ CASE 2-C 材令 3 hr

0	0
0.14	50.0
0.38	100.0
0.55	150.0
0.87	200.0 *
1.52	250.0
2.09	300.0
2.91	350.0
3.64	400.0 *
4.13	450.0
4.33	500.0
4.05	550.0

⑧ CASE 2-A 材令 4 hr

0	0
0.31	50.5
0.80	101.0
1.46	151.5
2.61	202.0 *
4.09	252.5
5.82	303.0
6.81	353.5
7.88	404.0
8.66	454.5 *

圧縮応力 (kgf/cm ²)	ひずみ (×100μ)
7.30	505.1

⑨ CASE 2-C 材令 8 hr

0	0
0.25	20.2
0.35	40.4
0.63	60.6
1.02	80.8
1.36	101.0
1.74	121.2
2.17	141.4
2.75	161.6
3.23	181.8
4.00	202.0
4.67	222.2
5.44	242.4
6.11	262.3 *
7.55	282.8
8.23	303.0
9.67	323.2
11.21	343.4
—	363.6
13.99	383.8
15.34	404.0 *
15.92	424.2
16.40	444.4
16.78	464.6
16.88	484.8
16.88	505.1
16.59	525.3
16.21	545.5

⑩ CASE 3-A 材令 1 hr

0.14	20.0
0.29	40.0

圧縮応力 (kgf/cm ²)	ひずみ (×100μ)
0.53	60.0
0.77	80.0
1.00	100.0 *
1.40	120.0
1.80	140.0
2.11	160.0
2.51	180.0
2.82	200.0
3.22	220.0
3.53	240.0
3.93	260.0 *
4.17	280.0
4.48	300.0
4.72	320.0
4.88	340.0
4.96	360.0
4.96	380.0
4.64	400.0
4.48	420.0
4.25	440.0
4.01	460.0
3.85	480.0
3.61	500.0

⑪ CASE 3-A 材令 2 hr

0	0
0.22	19.0
0.30	38.1
0.34	57.1
0.42	76.2
0.54	95.9
0.70	114.3
0.94	133.3
1.25	152.4
1.65	171.4 *
2.29	190.5

圧縮応力 (kgf/cm ²)	ひずみ (×100μ)
3.01	209.5
3.65	228.6
4.21	247.6
4.61	266.7
5.09	285.7 *
5.41	304.8
5.81	323.8
6.17	342.9
6.45	361.9
6.61	381.0
6.53	400.0
6.45	419.0

⑫ CASE 3-A 材令 4 hr

0	0
0.21	20.0
—	—
—	—
—	—
0.69	100.0 *
1.01	120.0
1.56	140.0
2.03	160.0
2.43	180.0
2.82	200.0
3.14	220.0
3.38	240.0
3.70	260.0 *
3.70	280.0
3.93	300.0
4.09	320.0
4.17	340.0
4.21	360.0
4.17	380.0

⑬ CASE 3-A 材令 4 hr

圧縮応力 (kgf/cm ²)	ひずみ (×100μ)
0	0
0.22	20.0
0.38	40.0
0.50	60.0
0.70	80.0
1.02	100.0 *
1.41	120.0
1.97	140.0
2.45	160.0
3.01	180.0
3.41	200.0
3.97	220.0
4.45	240.0
4.85	260.0 *
5.09	280.0
5.25	300.0
5.61	320.0
5.89	340.0
5.97	360.0
5.97	380.0
5.65	400.0

⑭ CASE 3-C 材令 6 hr

0	0
0.82	20.4 *
1.11	40.8
1.49	61.2
1.87	81.6
2.25	102.0
2.72	122.4
3.11	142.9
3.58	163.3
3.96	183.7
4.53	204.1

圧縮応力 (kgf/cm ²)	ひずみ (×100μ)
5.01	224.5
5.68	244.9
6.44	265.3
6.72	285.7
7.11	306.1
7.68	326.5
8.15	346.9
8.53	367.3 *
8.91	387.8
9.11	408.2
9.20	428.6
9.20	449.0
9.01	469.4

⑮ CASE 3-C 材令 6 hr

0	0
0.54	20.6
0.64	41.2
0.84	61.9
1.22	82.5
1.76	103.1 *
2.10	123.7
2.58	144.3
3.07	164.9
3.55	185.6
4.04	206.2
4.52	226.8
5.11	247.4
5.84	268.0
6.76	288.7
7.63	309.3 *
8.21	329.9
9.28	350.5
10.25	371.1
11.71	393.0
12.49	412.4

圧縮応力 (kgf/cm ²)	ひずみ (×100μ)
12.97	433.0
13.36	453.6
13.36	474.2
12.68	494.8
11.71	515.5

⑯ CASE 3-C 材令 8 hr

0	0
1.45	20.4
1.84	40.8
2.44	61.2
2.93	81.6
3.62	102.0
4.22	122.4
5.01	142.9
5.70	163.3
6.89	183.7
7.68	204.1
8.57	224.5
10.16	244.9 *
12.93	265.3
14.52	285.7
18.38	306.1
22.24	326.5
25.21	346.9 *
26.79	367.3
27.19	387.8

⑰ CASE 3-C 材令 8 hr

0	0
0.25	19.8
0.74	39.6
1.13	59.4
1.61	79.2
2.10	99.0

圧縮応力 (kgf/cm ²)	ひずみ (×100μ)
2.58	118.8
3.17	138.6
3.85	158.4
4.43	178.2
5.30	198.0
5.88	217.8
6.85	237.6
7.63	257.4
8.60	277.2 *
9.77	297.0
11.03	316.8
13.55	336.6
15.11	356.4
17.63	376.2
19.28	396.0 *
20.45	415.8
21.42	435.6
21.61	455.4
21.52	475.2
21.03	495.0
20.25	514.9

⑱ CASE 3-B 材令 12 hr

0	0
0.36	20.0
0.66	40.0
1.01	60.0
1.36	80.0
1.86	100.0
2.36	120.0
2.91	140.0
3.56	160.0
4.26	180.0
4.96	200.0
5.86	220.0
6.71	240.0

圧縮応力 (kgf/cm ²)	ひずみ (×100μ)
7.81	260.0
8.96	280.0
10.66	300.0 *
13.56	320.0
17.26	340.0
24.56	360.0
32.66	380.0
36.56	400.0 *
38.66	420.0
40.26	440.0
40.76	460.0
40.36	480.0
39.06	500.0
37.86	520.0

⑲ CASE 3-B 材令 12 hr

0	0
0.40	20.0
0.64	40.0
0.93	60.0
1.32	80.0
1.71	100.0
2.19	120.0
2.68	140.0
3.31	160.0
3.94	180.0
4.43	200.0
5.40	220.0
6.08	240.0
7.44	260.0
8.51	280.0 *
10.45	300.0
13.55	320.0
18.12	340.0
26.76	360.0
31.71	380.0 *

圧縮応力 (kgf/cm ²)	ひずみ (×100μ)
34.62	400.0
35.20	420.0
34.91	440.0
34.82	460.0
34.04	480.0
32.68	500.0
30.64	520.0

⑳ CASE 3-B 材令 16 hr

0	0
1.31	20.2
1.98	40.4
2.46	60.6
3.04	80.8
3.71	101.0
4.48	121.2
5.35	141.4
6.02	161.6
7.27	181.8
8.33	202.0
10.06	222.2
12.75	242.4
15.44	262.6 *
29.87	282.8
48.62	303.0
62.17	323.2
71.21	343.4 *
76.02	363.6
78.14	383.8
76.02	404.0

㉑ CASE 3-B 材令 16 hr

0	0
0.35	20.2
0.54	40.4

圧縮応力 (kgf/cm^2)	ひずみ ($\times 100 \mu$)
0.84	60.6
1.22	80.8
1.71	101.0
2.19	121.2
2.78	141.4
3.46	161.6
4.14	181.8
4.91	202.0
5.79	222.2
7.05	242.4
7.73	262.6
9.28	282.8 *
14.14	303.0
24.33	323.2
38.31	343.4
48.02	363.6 *
51.42	383.8

㊟ CASE 3-B 材令24 hr

0	0
0.25	20.4
0.44	40.8
0.82	61.2
1.20	81.6
1.58	102.0
1.96	122.4
2.53	142.9
3.11	163.3
3.87	183.7
4.53	204.1
5.20	224.5
6.53	244.9
7.11	265.3
8.44	285.7
10.34	306.1
13.39	326.5

圧縮応力 (kgf/cm^2)	ひずみ ($\times 100 \mu$)
24.82	346.9 *
49.58	367.3
76.25	387.8
93.39	408.2 *
100.06	428.6
102.15	449.0
97.2	469.4

㊟ CASE 3-B 材令24 hr

0	0
0.25	20.4
0.64	40.8
1.03	61.2
1.42	81.6
1.81	102.0
2.19	122.4
2.78	142.9
3.36	163.3
3.94	183.7
4.52	204.1
5.30	224.5
6.66	244.9
7.24	265.3
8.99	285.7
10.74	306.1
13.65	326.5
28.18	346.9 *
58.30	367.3
81.60	387.8
97.13	408.2 *
104.12	428.6
105.09	449.0
103.92	469.4
101.01	489.8

㊟ CASE 3-A 材令47 hr

圧縮応力 (kgf/cm^2)	ひずみ ($\times 100 \mu$)
0	0
0.25	20.2
0.63	40.4
1.02	60.6
1.31	80.8
1.79	101.0
2.17	121.2
2.85	141.4
3.42	161.6
4.09	181.8
4.86	202.0
5.63	222.2
6.40	242.4
7.55	262.6
5.25	282.8
11.98	303.0
14.48	323.2 *
23.13	343.4
35.81	363.6
51.00	383.8
64.26	404.0
74.07	424.2
81.76	444.4
90.41	464.6
103.86	484.8
114.44	505.1 *
112.51	525.3
106.75	545.5

㊟ CASE 3-A 材令47 hr

0	0
0.25	19.0
0.45	38.1
0.83	57.1

圧縮応力 (kgf/cm^2)	ひずみ ($\times 100 \mu$)
1.03	76.2
1.42	95.2
1.81	114.3
2.19	133.3
2.78	152.4
3.36	171.4
3.94	190.5
4.91	209.5
5.69	228.6
6.66	247.6
7.44	266.7
9.38	285.7
12.87	304.8
16.75	323.8 *
29.18	342.9
48.59	361.9
68.78	381.0
85.09	400.0 *
95.57	419.0
100.23	438.0
96.16	457.1
90.33	476.2

㊟ CASE 7-B 材令24 hr

0	0
0.06	19.6
0.25	39.2
0.62	58.8
1.00	78.4
1.38	98.0
1.75	117.6
2.13	137.3
2.70	156.9
3.07	176.5
4.02	196.1
4.77	215.7

圧縮応力 (kgf/cm^2)	ひずみ ($\times 100\mu$)
5.71	235.3
7.22	254.9
7.98	274.5
9.49	294.1
13.07	313.7 *
22.69	333.3
41.55	352.9
57.58	372.5 *
64.18	392.2
66.06	411.8
67.01	431.4

㉞ CASE 7-B 材令24hr

0	0
0.26	20.2
0.67	40.4
1.07	60.6
1.48	80.8
2.08	101.0
2.59	121.2
3.29	141.4
3.90	161.6
4.81	181.8
5.92	202.0
7.13	222.2
7.94	242.4
9.56	262.0
12.59	282.8
16.23	303.0 *
27.34	323.2
48.56	343.4
64.72	363.6
74.82	383.8 *
77.85	404.0
79.27	424.2

㉟ CASE 7-B 材令24hr
載荷方向 b

圧縮応力 (kgf/cm^2)	ひずみ ($\times 100\mu$)
0	0
0.06	19.8
0.25	39.6
0.65	59.4
1.04	79.2
1.43	99.0
2.02	118.8
2.80	138.8
3.39	158.4
4.18	178.2
5.16	198.0
6.53	217.8
7.32	237.6
8.88	257.4
11.83	277.2
14.77	297.0 *
26.54	316.8
41.25	336.6
51.05	356.4 *
57.33	376.2
61.45	396.0
62.82	415.8
61.65	435.6

㊱ CASE 7-B 材令24hr
載荷方向 c

0	0
0.46	19.2
0.66	38.5
0.86	57.7
1.26	76.9
2.06	96.2
2.46	115.4
3.06	134.6
3.86	153.8

圧縮応力 (kgf/cm^2)	ひずみ ($\times 100\mu$)
4.86	173.1
5.66	192.3
7.26	211.5
8.46	230.8
10.06	250.0
12.67	269.2 *
17.07	288.5
24.07	307.7
30.07	326.9
34.27	346.2
38.07	365.4 *
41.87	384.6
46.08	403.8
49.08	423.1
51.48	442.3
53.08	461.5
53.88	480.8
53.88	500.0

㊲ CASE 7-B 材令24hr
載荷方向 c

0	0
0.26	19.2
1.07	38.5
1.68	57.7
2.28	76.9
2.89	96.2
4.30	115.4
5.11	134.6
6.12	153.8
7.13	173.1
8.14	192.3
9.76	211.5
12.79	230.8
15.62	250.0
20.87	269.2
27.74	288.5

圧縮応力 (kgf/cm^2)	ひずみ ($\times 100\mu$)
31.18	307.7 *
38.45	326.9
44.51	346.2
48.96	365.4
52.39	384.6
55.22	403.8 *
57.04	423.1
58.25	442.3
58.66	461.5
58.66	480.8

注) ①～㉟におけるひずみ
は、ダイヤルゲージより
得られた変位を供試体の
高さで除して求めた。
* 接線弾性係数を求めた
上限値と下限値

③ CASE 7-A 材令24 hr

圧縮応力 (kgf/cm^2)	縦ひずみ ^{注1)} (μ)	横ひずみ ^{注1)} (μ)
0	2	-1
1.96	-34	-2
3.92	-40	13
5.88	-54	21
7.84	-70	32
9.80	-82 **	31 ***
11.76	-91	43
13.72	-92	56
15.68	-96	81
17.65	-102	117
19.61	-110	142
21.57	-116	187
23.53	-120	243
25.49	-122	309
27.45	-124	404
29.41	-123	474
31.37	-125	562
33.33	-125	641
35.29	-129	718
37.25	-128	803
39.21	-131	903
41.17	-132	1017
43.13	-133	1136
45.09	-133	1266
47.05	-134	1400
49.01	-133	1555
50.98	-135	1703
52.94	-133	1902
54.90	-126	2068
56.86	-115	2263
58.82	-101	—
60.78	-84	—
62.74	-77	—
64.70	-64	—
66.60	-56	—
68.62	-55	—
70.58	-60	—

圧縮応力 (kgf/cm^2)	縦ひずみ ^{注1)} (μ)	横ひずみ ^{注1)} (μ)
72.54	-77	—
74.50	-102	—
76.46	-135	—
78.42	-177	—
80.38	-230	—
82.34	-297	—
84.31	-371	—
86.27	-464	—
88.23	-591	—
90.19	-744	—
90.19	-933	—
92.15	-1212	—
94.11	-1571	—
96.85	-1762	—

④ CASE 7-A 材令24 hr

0	-1	-4
4.81	-24	12
9.61	-63	18
14.42	-116	31
19.22	-169	59 ***
24.03	-230	93
28.84	-297 **	147
33.64	-372	216
38.45	-448	309
43.25	-525	410
48.06	-601	532
52.86	-665	753
57.67	-669	—
62.48	-645	—
67.28	-614	—
72.09	-588	—
76.89	-566	—
81.70	-540	—
86.51	-461	—
89.25	-420	—

注1) 2枚の直列につないだひずみゲージの平均値

** 割線弾性係数を求めた上限値

*** ポアソン比を求めた上限値

㊸ CASE 12 材令 1 day

圧縮応力 (kgf/cm^2)	縦 ひ ず み ^{注2)} (μ)		横 ひ ず み ^{注2)} (μ)		ひずみ ^{注3)} ($\times 100 \mu$)
0	0	0	0	0	—
4.92	-240	-306	-9	65	—
9.84	-477	-619	-30	657	—
14.76	-684	-717	862	5813	—
17.71	297	-514	2011	—	—

㊹ CASE 12 材令 1 day

0	—	0	0	0	0
4.99	—	-98	23	23	63.1
9.97	—	-470	52	82	74.0
14.96	—	-687	113	186	63.1 *
19.95	—	-881	213	404	74.0
24.93	—	-1135	378	783	83.8
29.92	—	-1404	797	1638	94.7 *
34.91	—	-1520	2330	3084	115.4
39.89	—	-1395	5257	4543	137.1
42.89	—	-800	10222	6967	178.5

㊺ CASE 12 材令 1 day

0	—	—	—	—	0
5.01	—	—	—	—	20.6
10.01	—	—	—	—	41.1 *
15.02	—	—	—	—	40.2
20.02	—	—	—	—	81.3 *
22.03	—	—	—	—	167.5

㊻ CASE 12 材令 1 day

0	—	—	—	—	0
4.83	—	—	—	—	48.8 *
9.66	—	—	—	—	67.7
14.50	—	—	—	—	56.7

圧縮応力 (kgf/cm^2)	縦 ひ ず み ^{注2)} (μ)		横 ひ ず み ^{注2)} (μ)		ひずみ ^{注3)} ($\times 100 \mu$)
19.33	—	—	—	—	67.7
24.16	—	—	—	—	78.6
28.99	—	—	—	—	98.5 *
33.82	—	—	—	—	129.4
34.79	—	—	—	—	203.0

㊦ CASE 12 材令 1 day

0	—	—	—	—	0
3.88	—	—	—	—	109.5 *
7.77	—	—	—	—	126.0
11.65	—	—	—	—	117.2
17.47	—	—	—	—	142.4 *
19.41	—	—	—	—	153.1

㊧ CASE 12 材令 2 day

0	0	0	—	—	0
2.47	18	-21	—	—	69.3 *
4.93	-74	-58	—	—	92.7
7.40	-92	-87	—	—	92.7
9.86	-90	-73	—	—	92.7
12.33	-72	-104	—	—	102.4
14.79	-41	-179	—	—	113.2 *
17.26	-55	-35	—	—	143.4
19.72	-145	-691	—	—	176.6

㊨ CASE 12 材令 2 day

0	0	0	—	—	0
2.51	-76	-147	—	—	40.5
5.02	-163	-306	—	—	56.3 *
7.52	-270	-497	—	—	61.3
10.03	-382	-695	—	—	61.3
12.54	-502	-897	—	—	61.3
15.05	-657	-1206	—	—	61.7
17.56	-729	-1595	—	—	71.1 *
18.06	-516	-1764	—	—	133.4

④ CASE 12 材令 2 day

圧縮応力 (kgf/cm^2)	縦 ひ ず み ^{注2)} (μ)		横 ひ ず み ^{注2)} (μ)		ひずみ ^{注3)} ($\times 100 \mu$)
0	0	0	—	—	0
2.43	-47	-173	—	—	60.5
4.85	-147	-433	—	—	71.2 *
7.28	-228	-677	—	—	82.0
9.71	-367	-896	—	—	81.0
12.13	-485	-1075	—	—	81.0
14.56	-555	-1262	—	—	82.0
16.99	-594	-1485	—	—	91.7 *
19.41	-495	-1587	—	—	131.7

④ CASE 12 材令 2 day

0	0	0	—	—	0
2.44	-62	-112	—	—	70.1 *
4.88	-86	-210	—	—	90.2
7.32	-132	-289	—	—	99.8
9.77	-196	-359	—	—	99.8
12.21	-268	-435	—	—	110.4
14.65	-258	-512	—	—	121.9 *
15.62	-90	-593	—	—	191.9

④ CASE 11 材令 3 day

0	0	0	0	0	—
2.51	-88	-55	15	1	—
5.03	-162	-128	39	18	—
7.54	-259	-213	190	69	—
10.06	-341	-164	1808	1401	—
12.57	-506	-159	3912	3283	—

④ CASE 11 材令 3 day

0	0	0	0	0	—
2.43	-60	-67	-5	-5	—

圧縮応力 (kgf/cm^2)	縦 ひ ず み ^{注2)} (μ)		横 ひ ず み ^{注2)} (μ)		ひずみ ^{注3)} ($\times 100 \mu$)
4.85	-87	-86	3	2	—
7.28	-114	-98	19	11	—
9.71	-152	-115	42	22	—
12.13	-202	-139	—	—	—
14.56	-271	-174	338	208	—
16.99	-286	-210	763	588	—
19.41	-287	-246	1534	1627	—
21.84	-329	-290	2597	2999	—
24.27	-415	-318	3667	4425	—
26.69	-610	-274	4958	6554	—
28.15	-326	-249	8124	—	—

㊤ CASE 13 材令 7 day

0	0	0	0	0	—
4.98	-23	-16	20	5	—
9.95	-38	-40	39	14	—
14.93	-60	-61	49	19	—
19.90	-93	-87	56	28	—
24.88	-147	-116	60	38	—
29.85	-217	-148	74	48	—
34.83	-302	-182	90	61	—
39.80	-402	-220	119	77	—
44.78	-518	-263	179	101	—
49.75	-645	-304	271	126	—
54.73	-797	-348	500	157	—
59.70	-997	-407	668	198	—
64.68	-1359	-497	987	255	—
69.66	-2762	-681	1038	366	—
74.63	-3230	-1280	1112	688	—
79.61	-2582		1911	1081	—
80.60	-3183	-2869	2461	2205	—

㊦ CASE 13 材令 7 day

0	0	0	0	0	—
5.03	-7	-27	31	7	—
10.05	-28	-68	58	16	—

圧縮応力 (kgf/cm^2)	縦 ひ ず み ^{注2)} (μ)		横 ひ ず み ^{注2)} (μ)		ひずみ ^{注3)} ($\times 100 \mu$)
15.08	-61	-131	81	23	—
20.10	-109	-215	103	31	—
25.13	-144	-269	110	32	—
30.16	-205	-368	126	38	—
35.18	-274	-497	136	43	—
40.21	-354	-674	141	50	—
45.23	-462	-966	161	59	—
50.26	-599	-1287	496	69	—
55.28	-763	-1609	1094	78	—
60.31	-1044	-1993	1761	83	—
65.34	-1413	-2468	2572	83	—
70.36	-1894	-3021	3545	84	—
75.39	-2631	-3677	—	152	—
79.41	-4238	-4192	—	368	—

㊦ CASE 13 材令 7 day

0	0	0	—	—	—
4.85	-39	-24	—	—	—
9.71	-58	-52	—	—	—
14.56	-77	-97	—	—	—
19.41	-94	—	—	—	—
24.27	-119	-220	—	—	—
29.12	-131	-254	—	—	—
33.97	-159	-320	—	—	—
38.83	-192	-377	—	—	—
43.68	-238	-418	—	—	—
48.53	-301	-468	—	—	—
53.39	-381	-514	—	—	—
58.24	-483	-564	—	—	—
63.09	-612	-633	—	—	—
67.95	-806	-736	—	—	—
72.80	-1527	-1045	—	—	—
79.60	-3370	-1724	—	—	—

㊧ CASE 13 材令 28 day

0	—	—	—	—	0
---	---	---	---	---	---

圧縮応力 (kgf/cm^2)	縦 ひ す み ^{注2)} (μ)		横 ひ す み ^{注2)} (μ)		ひずみ ^{注3)} ($\times 100 \mu$)
5.04	—	—	—	—	-54.9
10.08	—	—	—	—	-35.5
15.12	—	—	—	—	-19.4
20.16	—	—	—	—	-14.5
25.20	—	—	—	—	-8.1
30.24	—	—	—	—	1.6
35.28	—	—	—	—	3.2
40.32	—	—	—	—	8.1 *
45.37	—	—	—	—	14.5
50.41	—	—	—	—	19.4
55.45	—	—	—	—	24.2
60.49	—	—	—	—	29.1
65.53	—	—	—	—	32.3
70.57	—	—	—	—	37.1
75.61	—	—	—	—	40.4
80.65	—	—	—	—	43.6
85.69	—	—	—	—	46.8
90.73	—	—	—	—	48.4
95.77	—	—	—	—	51.7 *
100.81	—	—	—	—	51.7
105.85	—	—	—	—	48.4
109.08	—	—	—	—	27.4

㊥ CASE 13 材令28 day

0	—	—	—	—	0
4.74	—	—	—	—	63.1
9.47	—	—	—	—	46.9
14.21	—	—	—	—	35.6 *
18.94	—	—	—	—	40.4
23.68	—	—	—	—	40.4
28.42	—	—	—	—	40.4
33.15	—	—	—	—	40.4
37.89	—	—	—	—	42.1
42.62	—	—	—	—	42.1
47.36	—	—	—	—	45.3
52.10	—	—	—	—	46.9
56.83	—	—	—	—	50.1

圧縮応力 (kgf/cm^2)	縦 ひ ず み ^{注2)} (μ)		横 ひ ず み ^{注2)} (μ)		ひずみ ^{注3)} ($\times 100 \mu$)
61.57	—	—	—	—	51.8
66.30	—	—	—	—	51.8
71.04	—	—	—	—	45.3
75.78	—	—	—	—	45.3
80.51	—	—	—	—	46.9
85.25	—	—	—	—	48.5
89.98	—	—	—	—	48.5
94.72	—	—	—	—	51.8
99.46	—	—	—	—	55.0 *
100.59	—	—	—	—	64.7

㊹ CASE 13 材令28day

0	0	0	—	—	0
4.92	-35	-117	—	—	83.8
9.84	-88	-210	—	—	75.7
14.76	-143	-277	—	—	61.2 *
19.69	-187	-321	—	—	66.1
24.61	-242	-369	—	—	69.3
29.53	-303	-422	—	—	69.3
34.45	-360	-461	—	—	67.7
39.37	-419	-514	—	—	66.1
44.29	-499	-571	—	—	66.1
49.21	-578	-627	—	—	62.8
54.14	-659	-685	—	—	64.4
59.06	-744	-757	—	—	62.8
63.98	-832	-844	—	—	61.2
68.90	-919	-941	—	—	62.8
73.82	-1010	-1042	—	—	62.8
78.74	-1110	-1148	—	—	64.4
83.66	-1261	-1275	—	—	69.3 *
86.62	-1689	-1612	—	—	95.0

㊺ CASE 13 材令28day

0	—	—	—	—	0
4.98	—	—	—	—	72.9
9.95	—	—	—	—	71.3

圧縮応力 (kgf/cm^2)	縦 ひ す み ^{注2)} (μ)		横 ひ す み ^{注2)} (μ)		ひずみ ^{注3)} ($\times 100 \mu$)
14.93	—	—	—	—	63.4
19.90	—	—	—	—	79.2 *
24.88	—	—	—	—	90.3
29.85	—	—	—	—	101.4
34.83	—	—	—	—	109.3
39.80	—	—	—	—	118.8
44.78	—	—	—	—	128.3
49.75	—	—	—	—	136.2
54.73	—	—	—	—	142.6 *
59.70	—	—	—	—	148.9
64.68	—	—	—	—	153.7
69.65	—	—	—	—	160.0
70.45	—	—	—	—	163.2

㊦ CASE 13 材令28 day

0	—	—	—	—	0
4.82	—	—	—	—	40.7
9.64	—	—	—	—	42.3
14.46	—	—	—	—	34.5
19.28	—	—	—	—	37.6
24.10	—	—	—	—	45.4
28.93	—	—	—	—	50.1
33.75	—	—	—	—	54.8
38.57	—	—	—	—	59.6
43.39	—	—	—	—	65.8*
48.21	—	—	—	—	67.4
53.03	—	—	—	—	70.5
57.85	—	—	—	—	70.5
62.67	—	—	—	—	72.1
67.49	—	—	—	—	73.7
72.31	—	—	—	—	73.7
77.13	—	—	—	—	75.2
81.95	—	—	—	—	75.2
86.78	—	—	—	—	75.2
91.60	—	—	—	—	76.8
96.42	—	—	—	—	76.8
101.24	—	—	—	—	79.9

圧縮応力 (kgf/cm^2)	縦 ひ ず み ^{注2)} (μ)		横 ひ ず み ^{注2)} (μ)		ひずみ ^{注3)} ($\times 100 \mu$)
106.06	—	—	—	—	79.9
110.88	—	—	—	—	83.1 [*]
113.39	—	—	—	—	87.8

注2) 2枚のひずみゲージはそれぞれ独立である。

割線弾性係数およびポアソン比は最大圧縮応力の $\frac{1}{3}$ における値より求めた。

注3) ひずみは、変位計より得られた値を供試体の高さで除して求めた。

★ 接線弾性係数を求めた上限値と下限値。

Ⅱ 吹付けコンクリート薄肉覆工押抜き模型実験データ

1. 施工記録	89
2. 実験ケース	91
実験ケース 1	91
(1) 荷重・変位測定結果一覧表	92
(2) クラック発生状況図	93
(3) 破壊状況	93
実験ケース 2 (1)	95
実験ケース 2 (2)	99
実験ケース 3 (1)	103
実験ケース 3 (2)	107
実験ケース 4	111
実験ケース 5	115
実験ケース 6	119
実験ケース 7	123
実験ケース 8	127
実験ケース 9	131
実験ケース 10	135
実験ケース 11	139

THE HISTORY OF THE UNITED STATES OF AMERICA

The history of the United States of America is a story of a young nation that grew from a small group of colonies on the eastern coast of North America into a powerful, independent country. The story begins in the early 17th century when English settlers first arrived in the Americas. They found a land of vast natural resources and a people with a rich and diverse culture. The settlers established colonies that were based on agriculture, trade, and industry. Over time, these colonies grew in size and power, and they began to assert their independence from England. The American Revolution was a turning point in the nation's history. It was a struggle for freedom and self-determination that resulted in the birth of the United States. The new nation was founded on the principles of liberty, justice, and equality. The American people have since built a great country that has played a leading role in the world. The history of the United States is a story of a nation that has overcome many challenges and has achieved great things. It is a story of a people who have fought for freedom and have built a great nation.

1. 施工記録

CASE	施 工 条 件			材 料 使 用 料					配 合 特 性 値			施 工 記 録		
	天 候	外気温 (℃)	湿 度 (%)	セメント (kg)	水 (L)	細骨材 (kg)	粗骨材 (kg)	注1) 急結剤 (kg)	水セメ ント比 (%)	細骨材率 (%)	単位セメ ント量 (kg/m ²)	はね返 り率 (%)	注2) 粉じん度	コンク ート中温度 (℃)
1	晴	22.0	—	60	28.1	180	180	1.8	47	50	306	58	中	23.0
2 (1)	晴	21.0	—	140	59.1	420	420	4.2	42	50	308	67	中	23.0
2 (2)	快 晴	18.0	—	120	56.1	360	360	3.6	47	50	306	64	大	19.0
3 (1)	雲	21.0	—	220	92.0	660	660	6.6	42	50	309	60	中	22.0
3 (2)	晴	22.0	—	200	96.1	600	600	6.0	48	50	306	56	中	23.0
4	晴	23.0	—	70	28.1	210	210	2.1	40	50	309	70	中	25.0
5 注3)	晴	22.0	—	120	58.1	360	360	3.6	48	50	306	60	中	24.0
6	雲時々雨	22.0	—	200	86.1	600	600	6.0	43	50	308	55	中	24.0
7	晴	20.0	—	120	56.1	360	360	3.6	47	50	306	65	中	22.0
8 注4)	晴	20.0	—	240	106.1	720	720	7.2	44	50	308	65	大	21.0
9	晴	22.0	—	120	51.1	360	360	3.6	43	50	308	61	中	24.0
10	晴	21.0	—	200	92.1	600	600	6.0	46	50	307	58	中	23.0
11	雲	18.0	—	100	43.0	300	300	3.0	43	50	308	69	大	19.0

注1) QP-500

注2) 目視による判断

注3) 最初の使用水量が多かったためか、吹付け直後、鋼板と吹付けコンクリート面の付着が切れ吹付けコンクリートが少しずつ落ちた所があった。ただし、試験時の亀裂発生箇所は、この割れ目以外であったので、試験結果には影響ないと思われる。

注4) 吹付け時、吹付け板下端10cm程度の吹付けコンクリートがずり落ちた。これは、最初水セメント比が大であったためと思われる。

2. 実験ケース

実験ケース 1

実験条件

(1) 吹付け厚さ

目標 2.5 cm

実際 3.0 cm

(2) 吹付板折角

0 度

(3) ロックボルト

無

(4) 変位拘束

無

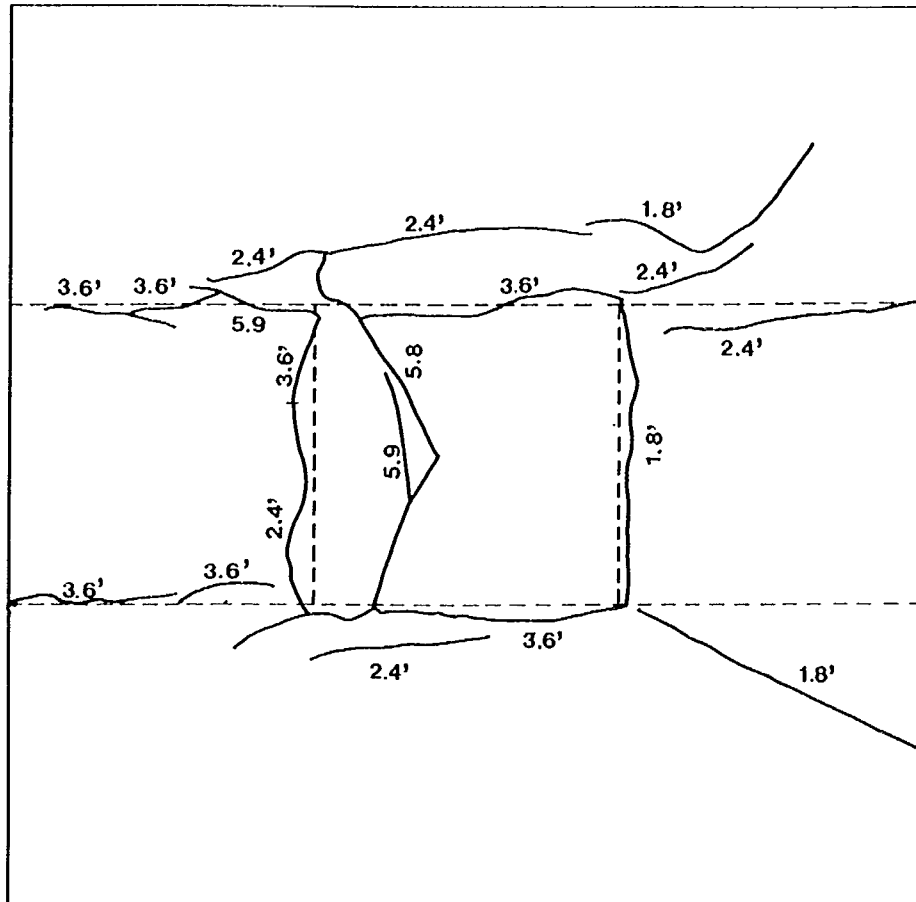
(1) 荷重・変位測定結果一覧表

(mm)

荷重 (mm)	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	5.9
1	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.05	-0.02	0.03	0.02	0.00	0.03	0.08	0.08	0.08	0.06	0.08	0.14	0.13	0.16	0.19	0.20	0.24	0.25	0.89
2	0.00	0.03	0.10	0.03	0.03	0.03	0.00	0.03	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.02	0.05	0.03	0.08	0.08	0.05	0.11	0.10	0.13	0.13	0.10	0.14	0.13	0.15	0.18	0.26
3	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.00	-0.03	-0.05	-0.06	-0.02	-0.03	-0.02	-0.03	0.02	0.03	0.03	0.00	-0.03	0.03	-0.03	0.13	-0.03	-0.11	-0.08	-0.13	-0.10	-0.13	-0.17	-0.11	0.02
4	0.00	-0.02	-0.02	-0.05	0.00	0.00	0.05	0.03	0.05	0.00	0.05	0.02	0.06	-0.03	0.03	-0.02	0.06	0.06	0.10	0.10	0.11	0.11	0.10	0.19	0.13	0.19	0.24	0.25	0.39	0.57	0.91
5	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	-0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.10	0.06	0.08	0.08	0.08	0.05	0.06	0.11	0.14	0.50
6	0.00	-0.03	-0.02	0.02	0.00	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05	0.02	0.08	0.11	0.14	0.11	0.17	0.17	0.20	0.19	0.19	0.23	0.66
7	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.02	-0.03	-0.02	-0.03	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.03	-0.03	-0.05	-0.08	-0.08	-0.06	-0.06	-0.06	-0.05	-0.03	-0.02	-0.10	-0.02
8	0.00	-0.02	-0.02	0.00	-0.03	-0.03	-0.03	0.05	-0.03	-0.05	-0.06	-0.05	-0.05	-0.05	-0.03	-0.06	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.06	0.02	0.02	-0.02	-0.03	-0.06	-0.05	-0.05	-0.06	0.00	-0.02
9	0.00	-0.03	-0.02	0.02	-0.02	0.00	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.02	-0.03	-0.02	0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.03	-0.02	-0.02	-0.06	-0.03	-0.08	-0.03	-0.06	-0.03	-0.05	-0.08	-0.06	-0.05
10	0.00	-0.08	-0.02	-0.02	0.02	0.06	0.06	0.08	0.02	-0.03	0.06	0.05	0.06	0.02	0.02	-0.02	0.02	0.03	0.06	-0.10	-0.02	0.00	-0.03	0.10	0.05	0.05	0.14	0.14	0.31	0.43	0.77
11	0.00	0.02	-0.11	-0.05	-0.05	-0.05	0.02	-0.03	0.06	-0.05	0.00	-0.05	0.02	-0.06	-0.02	0.10	0.00	0.00	0.02	-0.02	0.03	0.14	0.00	0.14	-0.03	0.00	0.05	0.02	0.11	0.19	0.17
12	0.00	-0.05	-0.05	0.02	-0.02	0.00	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.02	-0.03	-0.02	-0.02	-0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.03	0.05	0.08	0.05	0.08	0.08	0.05	0.02	0.00	0.00	0.05
13	0.00	-0.02	-0.03	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.00	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	0.00	0.00	0.03	0.03	0.05	0.08	0.06	0.08	0.10	0.11	0.11	0.13	0.14	0.13	0.20
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.03	0.05	0.08	0.06	0.08	0.10	0.11	0.11	0.13	0.14
15	0.00	-0.13	-0.05	0.23	0.14	0.10	-0.23	0.14	-0.19	-0.16	0.27	-0.10	-0.25	-0.05	0.05	0.08	0.14	0.17	-0.22	0.06	0.00	-0.17	0.19	-0.06	0.17	-0.11	0.19	-0.11	-0.36	-0.11	-0.38
16	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	-0.08	-0.08	-0.03	-0.02	-0.03	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.05	-0.02	0.05	-0.08	-0.16	-0.06	-0.05	-0.08	-0.05	-0.05	-0.06	-0.10	-0.08
17	0.00	0.05	0.03	-0.03	0.02	0.02	0.06	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	0.00	-0.02	-0.03	-0.03	-0.05	-0.08	-0.05	-0.06	-0.10	-0.08
18	0.00	-0.02	-0.02	0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.05	-0.03	-0.03	-0.03	0.03	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.06	-0.03	-0.08	-0.03	-0.06	-0.06	-0.13	-0.06	-0.14	-0.16
19	0.00	0.02	-0.02	-0.03	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.02	-0.03	-0.03	-0.05	-0.05	-0.06	-0.06	-0.05	-0.05	-0.05	-0.06	-0.02	-0.08	-0.05	-0.08	-0.06	-0.10	-0.06	-0.05	-0.08	-0.11
20	0.00	0.08	0.08	0.14	0.24	0.14	0.29	0.17	0.32	0.20	0.29	0.30	-0.37	0.17	0.06	-0.14	-0.35	-0.20	-0.40	-0.11	-0.08	0.02	0.00	-0.06	-0.03	0.02	-0.23	0.02	-0.11	0.17	0.11
14の平均	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.01	0.03	0.00	0.03	0.01	0.04	0.03	0.06	0.07	0.05	0.10	0.06	0.09	0.08	0.08	0.12	0.11	0.15	0.22	0.52
荷重 (mm)	3.6	2.4	2.4	1.8																											
1	2.31	4.39	5.24	6.23																											
2	0.76	1.93	2.28	3.13																											
3	0.41	0.65	1.18	2.24																											
4	2.04	3.22	4.14	5.39																											
5	1.64	3.32	4.06	4.98																											
6	1.87	4.13	4.95	5.95																											
7	0.11	1.02	1.39	2.05																											
8	0.29	0.48	1.02	1.99																											
9	0.24	0.33	0.85	1.80																											
10	1.76	2.67	3.59	4.72																											
11	1.24	2.53	3.49	4.64																											
12	0.23	0.11	0.10	0.13																											
13	-0.16	-0.20	-0.23	-0.23																											
14	-0.22	-0.21	-0.19	-0.16																											
15	-0.14	-0.05	0.00	0.55																											
16	-0.08	-0.06	-0.03	0.28																											
17	-0.14	-0.18	-0.11	-0.03																											
18	-0.19	-0.29	-0.27	-0.31																											
19	-0.06	-0.28	-0.13	-0.16																											
20	0.18	1.01	1.45	2.21																											
14の平均	1.38	2.55	3.21	4.25																											

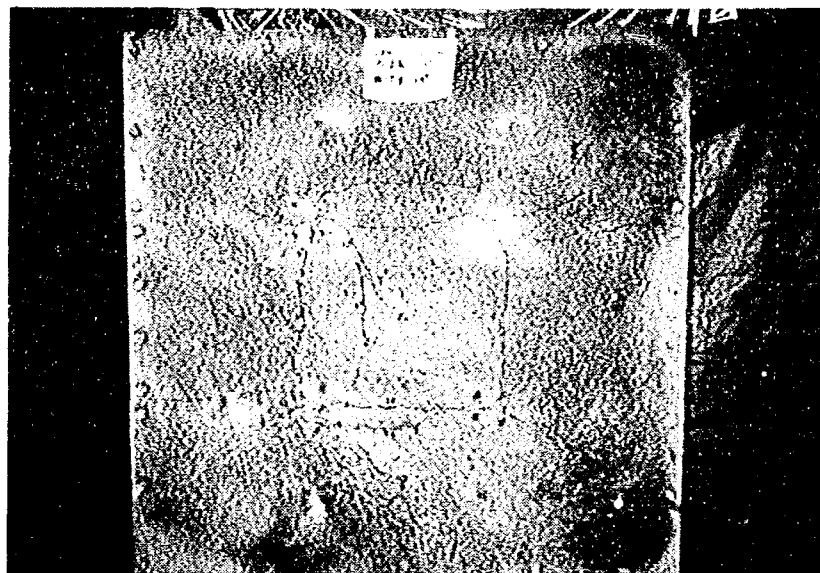
注) 測定点は図-30参照

初 亀 裂 5.8 t/
 最 大 荷 重 5.9 t/



(注) : 数字はクラックの発生した荷重 (tonf) であり, ' を付したものは, 最大荷重以降にクラックの発生した荷重である。

(2) クラック発生状況図



(3) 破壊状況

実験 ケース 2(1)

実験条件

(1) 吹付け厚さ	目標	5.0 <i>cm</i>
	実際	5.5 <i>cm</i>
(2) 吹付板折角		0 度
(3) ロックボルト		無
(4) 変位拘束		無

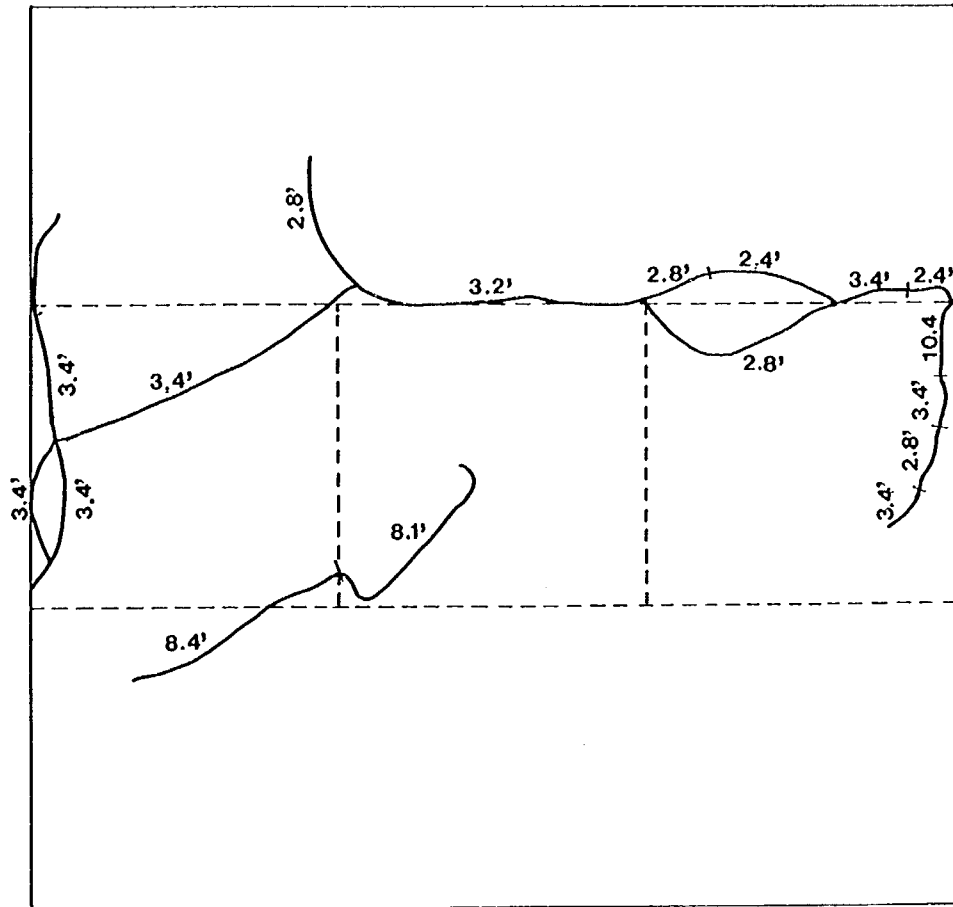
(1) 荷重・変位測定結果一覧表

(mm)

荷重 (ton)	0.0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.6	8.0	8.4	8.8	9.2	9.6	10.0	10.4	8.0	8.1	8.4	(mm)
1	0.00	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.06	0.08	0.11	0.13	0.16	0.17	0.31	0.86	1.10	3.36
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.05	0.03	0.05	0.05	0.05	0.09	0.09	0.11	0.14	0.15	0.18	0.63	1.06	1.10	2.40	
3	0.00	0.03	0.06	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.02	0.03	0.03	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.02	0.01	0.03	0.05	0.00	0.03	0.05	0.06	0.03	0.16	0.40	0.51	0.76
4	0.00	0.04	0.06	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.04	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.03	0.04	0.00	0.06	0.06	0.03	0.22	0.82	1.21	1.85
5	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.03	0.02	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.02	0.08	0.09	0.12	0.20	0.73	0.98	3.36
6	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.05	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.05	0.15	0.17	0.18	0.23	0.26	0.51	0.90	1.10	3.31
7	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05	0.03	0.05	0.05	0.03	0.02	0.08	0.11	0.11	0.11	0.13	0.63	0.94	0.90	2.20
8	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02	0.03	0.00	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.06	0.25	0.29	0.44
9	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.01	0.03	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.01	0.03	0.10	0.30	0.39	0.54
10	0.00	0.08	0.06	0.03	0.03	0.00	0.06	0.06	0.00	0.00	0.03	0.05	0.05	0.03	0.00	0.03	0.02	0.05	0.02	0.05	0.02	0.00	0.01	0.02	0.05	0.06	0.02	0.08	0.64	0.92	1.32
11	0.00	0.02	0.03	0.03	0.06	0.08	0.03	0.00	0.06	0.03	0.06	0.03	0.02	0.06	0.03	0.05	0.08	0.05	0.02	0.02	0.06	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.05	0.09	0.60	1.04	1.55
12	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.06	0.02	0.03	0.02	0.00	0.02	0.03	0.02	0.03	0.05	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.05	0.08	0.45	0.31	2.24
13	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.03	0.06	0.03	0.03	0.00	0.03	0.02	0.00	0.03	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.31	0.71	0.82	1.66
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.05	0.08	0.08	0.10	0.11	0.14	0.16	0.18	0.24	0.22	0.77	0.89	0.88	1.26
15	0.00	0.02	0.11	0.06	0.08	0.08	0.02	0.03	0.03	0.03	0.12	0.02	0.16	0.08	0.17	0.05	0.05	0.10	0.13	0.02	0.06	0.05	0.06	0.06	0.05	0.16	0.03	0.91	0.94	0.95	1.44
16	0.00	0.03	0.03	0.00	0.05	0.05	0.02	0.00	0.05	0.03	0.05	0.02	0.03	0.03	0.08	0.06	0.08	0.05	0.06	0.00	0.03	0.06	0.08	0.06	0.06	0.06	0.11	0.00	0.03	0.03	0.00
17	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.08	0.09	0.11
18	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.18	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.03	0.05	0.03	0.05	0.06	0.06	0.22	0.40	0.63
19	0.00	0.02	0.00	0.03	0.02	0.02	0.00	0.03	0.03	0.05	0.02	0.02	0.00	0.00	0.05	0.03	0.03	0.05	0.03	0.05	0.03	0.05	0.03	0.05	0.05	0.03	0.06	0.03	0.59	0.87	1.58
20	0.00	0.05	0.03	0.05	0.03	0.10	0.10	0.00	0.03	0.05	0.08	0.02	0.06	0.09	0.10	0.03	0.00	0.00	0.05	0.06	0.08	0.10	0.08	0.08	0.14	0.17	0.03	0.70	0.91	0.96	2.06
14の平均	0.00	0.03	0.04	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02	0.03	0.06	0.05	0.06	0.10	0.11	0.10	0.33	0.79	0.98	2.09
荷重 (ton)	2.8	2.4	2.6	3.4																											
1	4.78	6.56	7.36	8.69																											
2	3.65	5.37	6.18	7.55																											
3	0.91	1.16	1.35	1.75																											
4	2.16	2.50	2.68	3.10																											
5	4.88	6.68	7.44	8.74																											
6	4.63	6.31	7.11	8.33																											
7	3.36	4.94	5.65	—																											
8	0.48	0.54	0.54	0.60																											
9	0.55	0.57	0.00	0.73																											
10	1.39	1.37	1.39	1.66																											
11	1.67	1.68	1.70	1.77																											
12	3.17	4.33	4.89	5.75																											
13	2.11	2.49	2.60	2.75																											
14	1.68	1.95	1.98	2.04																											
15	2.25	3.45	4.11	5.01																											
16	0.09	0.19	0.20	0.31																											
17	0.12	0.12	0.11	0.11																											
18	0.60	0.54	0.51	0.49																											
19	1.69	1.65	1.64	1.72																											
20	3.35	4.91	5.67	6.92																											
14の平均	2.88	3.90	4.39	5.27																											

注) 測定点は図-30参照

初 亀 裂 10.4 μ
 最 大 荷 重 10.4 μ



(2) クラック発生状況図



(3) 破 壊 状 況

実験ケース 2(2)

実験条件

(1) 吹付け厚さ	目標	5.0 cm
	実際	5.2 cm
(2) 吹付板折角		0 度
(3) ロックボルト		無
(4) 変位拘束		無

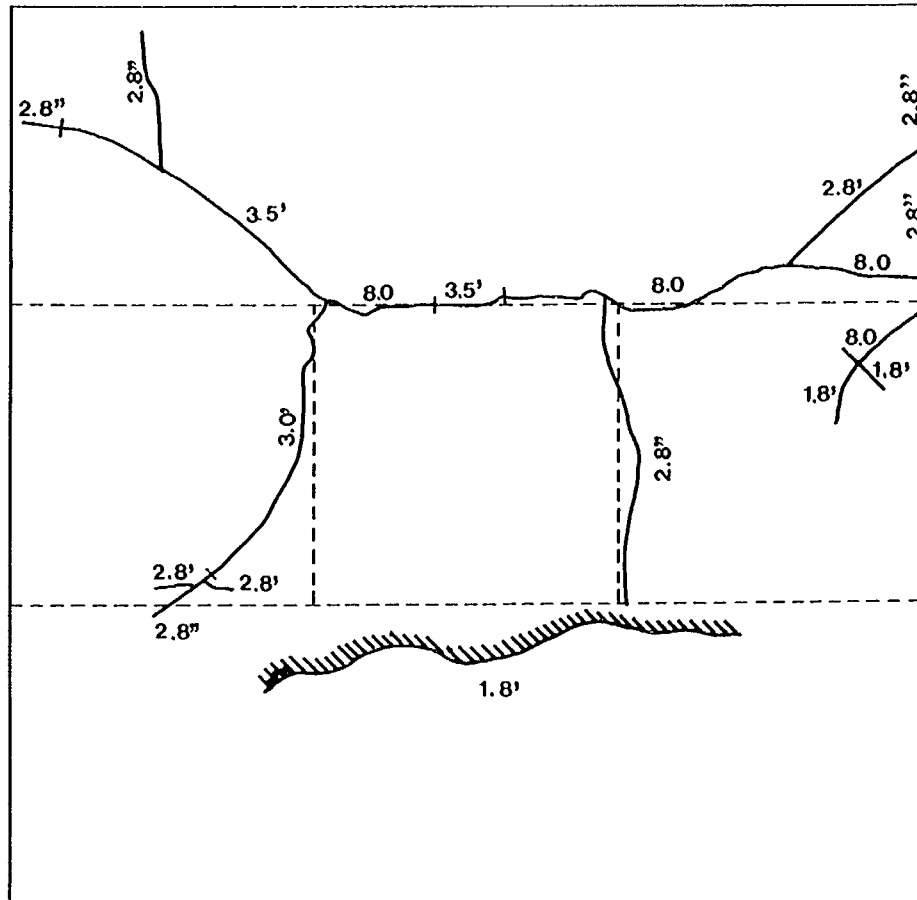
(1) 荷重・変位測定結果一覧表

(mm)

荷重 (tonf) 測定点	0.0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.6	8.0	3.5	3.0	3.0	2.8	2.8	1.8					
1	0.00	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.11	0.11	0.11	0.13	0.13	0.14	0.16	0.22	0.24	0.31	0.47	0.55	1.30	2.82	3.86	5.07	6.48	8.33	9.83					
2	0.00	0.09	0.09	0.09	0.11	0.09	0.09	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.13	0.13	0.14	0.18	0.20	0.31	0.46	0.55	1.28	2.57	3.38	4.36	5.58	7.35	9.40					
3	0.00	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.11	0.11	0.13	0.14	0.22	0.32	0.35	0.48	0.62	0.72	0.84	1.03	1.92	3.65					
4	0.00	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.11	0.11	0.12	0.15	0.19	0.22	0.33	0.37	0.49	0.77	1.03	1.36	1.76	2.71	3.83				
5	0.00	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.11	0.12	0.17	0.19	0.25	0.37	0.45	1.07	2.48	3.46	4.56	5.84	7.60	8.93					
6	0.00	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.11	0.11	0.13	0.13	0.14	0.20	0.22	0.28	0.40	0.49	1.22	2.72	3.77	4.95	6.32	8.04	9.48					
7	0.00	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.11	0.11	0.11	0.11	0.13	0.15	0.19	0.21	0.29	0.42	0.50	1.16	2.44	3.29	4.31	5.57	7.38	9.30					
8	0.00	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.06	0.06	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08	0.10	0.09	0.17	0.25	0.29	0.40	0.46	0.51	0.57	0.68	1.56	3.29					
9	0.00	0.06	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.10	0.10	0.17	0.24	0.27	0.31	0.28	0.27	0.25	0.25	0.96	2.67					
10	0.00	0.08	0.08	0.09	0.09	0.08	0.11	0.09	0.09	0.09	0.11	0.11	0.13	0.13	0.13	0.18	0.18	0.21	0.29	0.34	0.37	0.42	0.50	0.61	0.81	1.56	2.58					
11	0.00	0.06	0.09	0.08	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.11	0.11	0.17	0.24	0.27	0.34	0.58	0.80	1.14	1.56	2.41	3.28					
12	0.00	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.09	0.09	0.11	0.14	0.18	0.18	0.92	1.42	2.00	2.66	3.75	4.46					
13	0.00	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.14	0.14	0.20	0.26	0.30	0.46	1.37	1.98	2.62	3.36	4.23	5.09					
14	0.00	0.09	0.08	0.11	0.11	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.08	0.11	0.09	0.09	0.14	0.14	0.22	0.30	0.35	0.64	1.24	1.69	2.22	2.87	3.85	4.93					
15	0.00	0.06	0.08	0.08	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06	0.08	0.12	0.20	0.25	0.58	1.09	1.47	1.94	2.54	3.86	5.40					
16	0.00	0.06	0.08	0.08	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.11	0.16	0.19	0.25	0.25	0.23	0.22	0.22	0.37	0.84					
17	0.00	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06	0.09	0.09	0.12	0.15	0.17	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17	0.15	0.17					
18	0.00	0.06	0.08	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.12	0.15	0.15	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12					
19	0.00	0.08	0.08	0.08	0.06	0.08	0.06	0.08	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.08	0.08	0.08	0.11	0.11	0.09	0.14	0.20	0.34	0.56	0.90	1.19					
20	0.00	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.06	0.08	0.06	0.06	0.06	0.08	0.09	0.13	0.14	0.26	0.40	0.50	1.20	2.24	2.97	3.79	4.86	6.60	8.56					
1-40平均	0.00	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.11	0.12	0.12	0.13	0.17	0.19	0.27	0.40	0.46	0.89	1.70	2.25	2.91	3.71	5.08	6.68					
荷重 (tonf) 測定点																																
1																																
2																																
3																																
4																																
5																																
6																																
7																																
8																																
9																																
10																																
11																																
12																																
13																																
14																																
15																																
16																																
17																																
18																																
19																																
20																																
1-40平均																																

注) 測定点は図-30参照

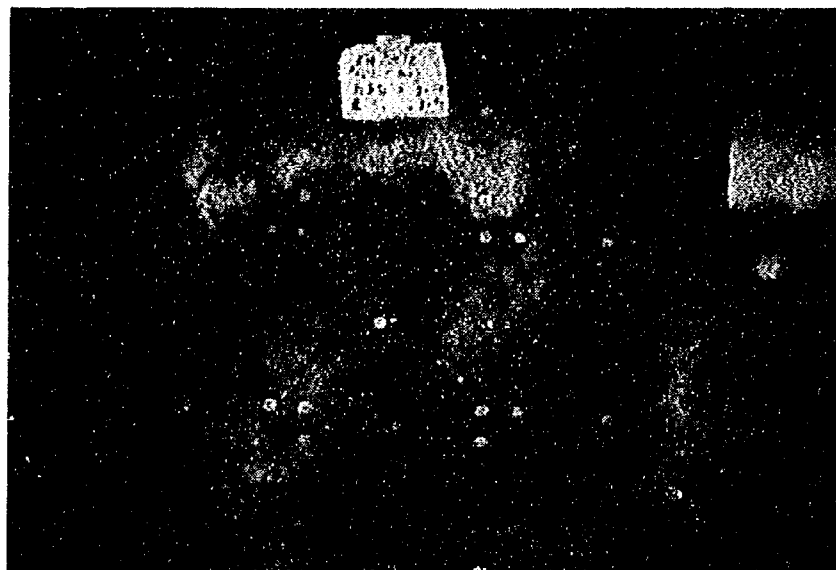
初 亀 裂 8.0 t
最大荷重 8.0 t



注) 〰〰〰の部分、クラックの方向が吹付け面に対して $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 傾斜している。

注) : ダッシュの数は、同じ載荷荷重におけるクラック発生順番である。

(2) クラック発生状況図



(3) 破壊状況

実験ケース 3(1)

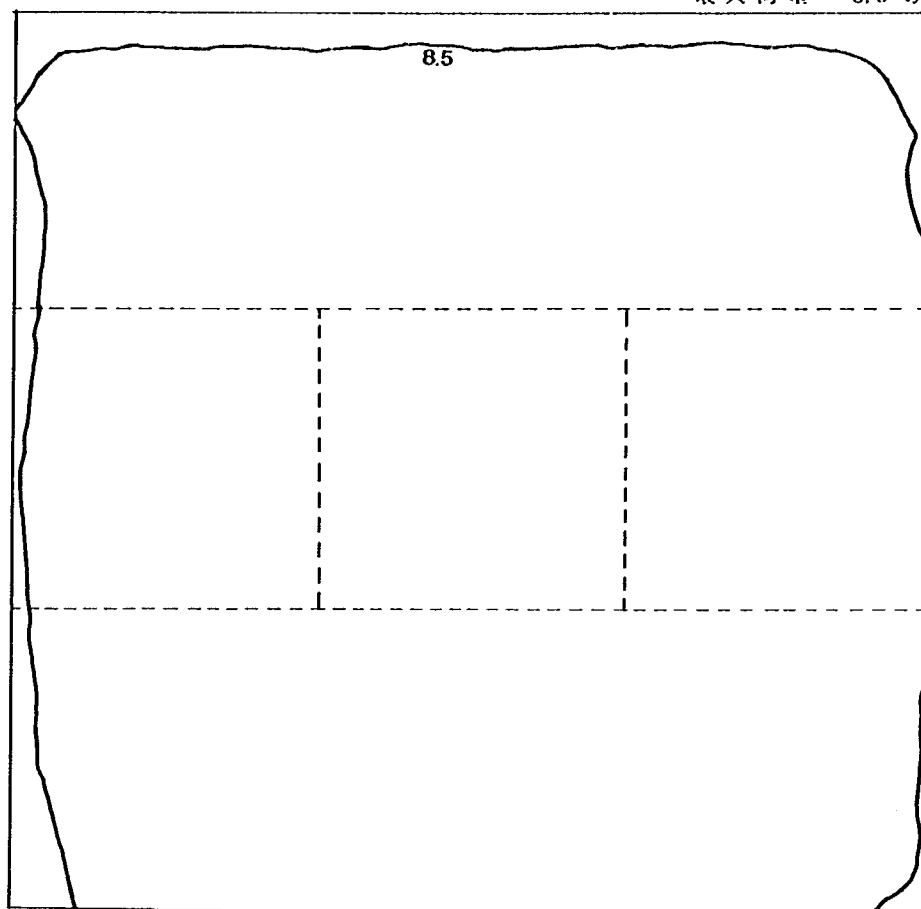
実験条件

(1) 吹付け厚さ	目標	1 0.0 cm
	実際	1 0.5 cm
(2) 吹付板折角		0 度
(3) ロックボルト		無
(4) 変位拘束		無

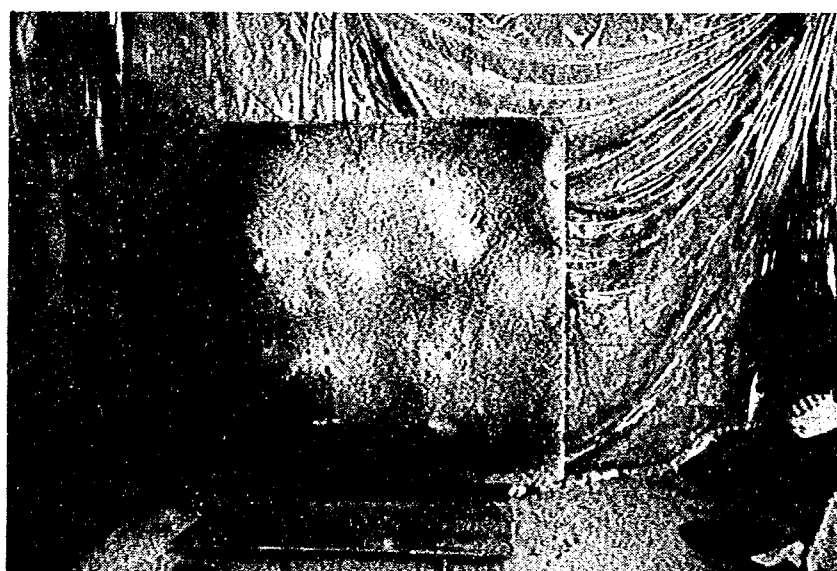
(၈၈)

注) 測定点は図-30参照

初 亀 裂 8.5 t
最 大 荷 重 8.5 t



(2) クラック発生状況図



(3) 破 壊 状 況

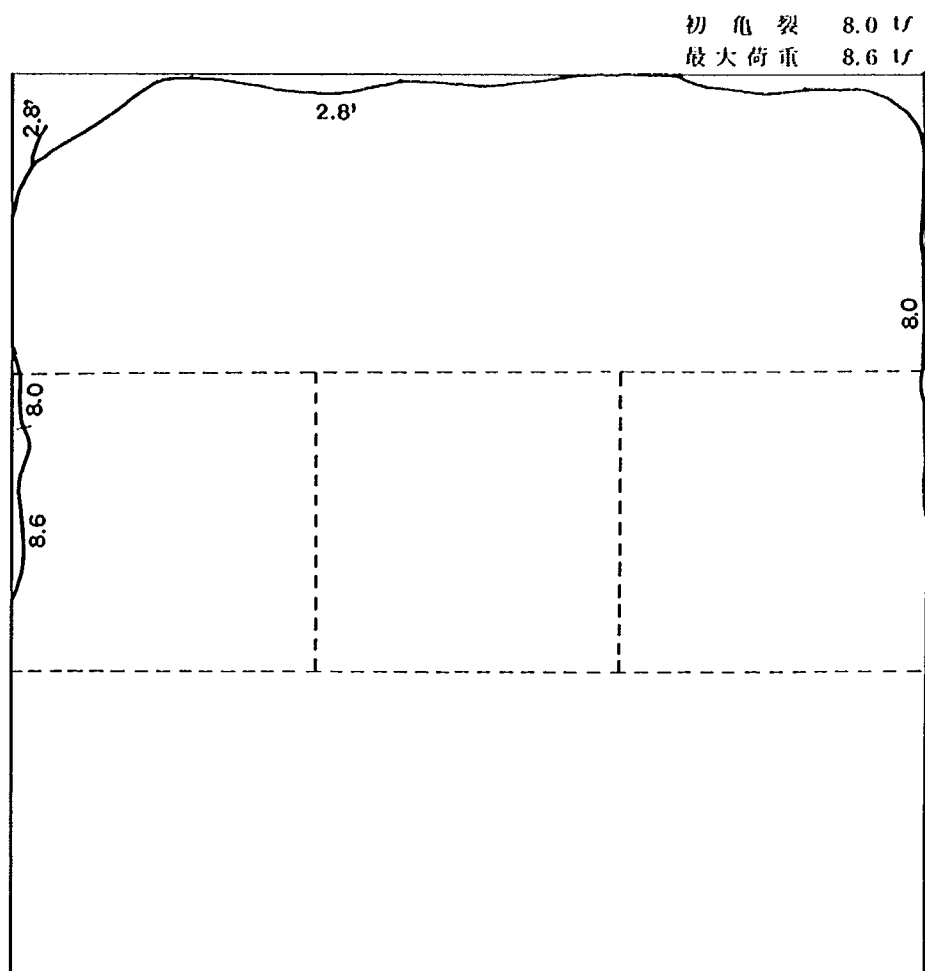
実験ケース 3(2)

実験条件

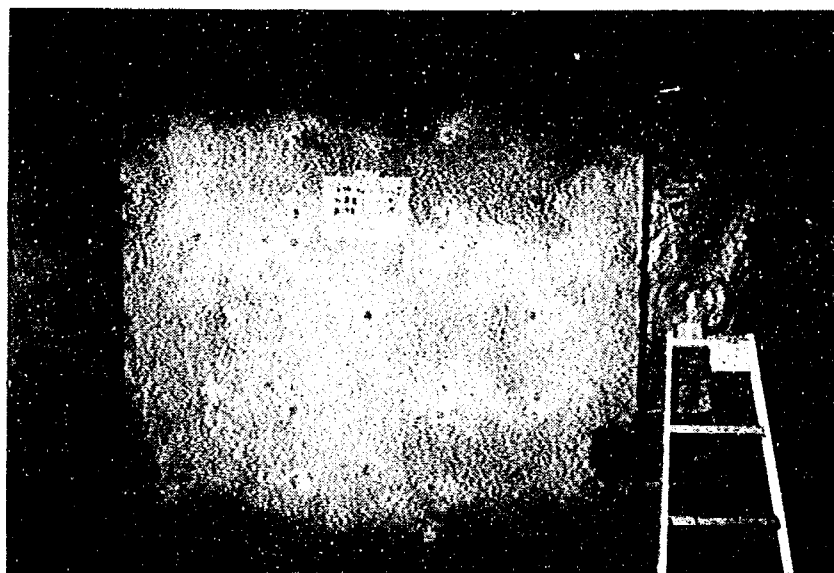
(1) 吹付け厚さ	目標	1 0.0 cm
	実際	1 0.5 cm
(2) 吹付板折角		0 度
(3) ロックボルト		無
(4) 変位拘束		無

(mm)

注) (8.6)は最大荷重であり、変位は6tonfにおいて測定



(2) クラック発生状況図



(3) 破壊状況

実験ケース 4

実験条件

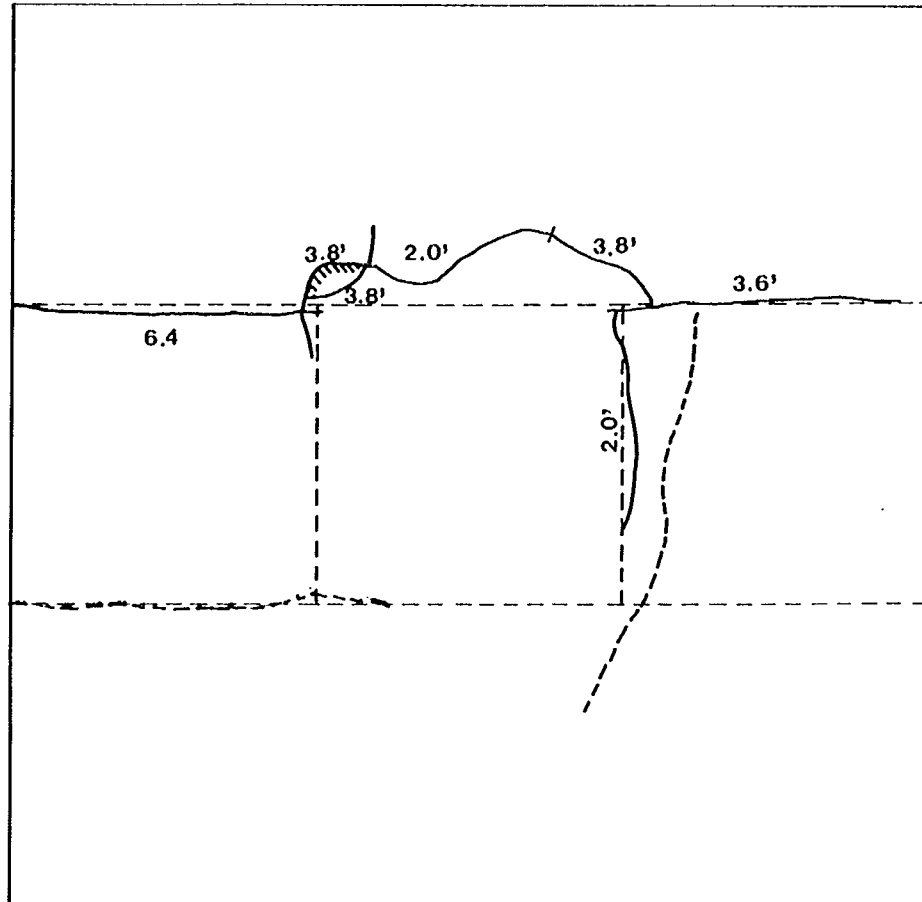
(1) 吹付け厚さ	目標	2.5 cm
	実際	2.5 cm
(2) 吹付板折角	20	度
(3) ロックボルト	無	
(4) 変位拘束	無	

(1) 荷重・変位測定結果一覧表

(mm)																															
荷重 (tonf)	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0
1	0.00	0.00	0.00	0.02	0.06	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.05	0.03	0.05	0.03	0.03	0.06	0.08	0.06	0.11	0.13	0.11	0.14
2	0.00	0.02	0.02	0.00	0.03	0.05	0.02	0.00	0.03	0.03	0.06	0.06	0.02	0.05	0.06	0.03	0.06	0.02	0.02	0.08	0.08	0.03	0.06	0.03	0.03	0.05	0.08	0.10	0.05	0.10	0.05
3	0.00	0.03	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02	0.05	0.03	0.03	0.05	0.00	0.05	0.05	0.00	0.03	0.00	0.03	0.06	0.05	0.05	0.06	0.13	0.06	0.10	0.08
4	0.00	0.03	0.01	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01	0.03	0.00	0.02	0.03	0.01	0.05	0.03	0.03	0.01	0.03	0.01	0.00	0.03	0.03	0.01	0.05	0.10	0.05	0.08
5	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03	0.05	0.03	0.05	0.02	0.03	0.03	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05	0.03	0.03	0.06	0.06	0.03	0.03	0.06	0.05	0.03	0.06	0.03	0.06
6	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.08	0.06	0.08	0.05	0.10	0.06	0.10	0.10	0.11	0.15	0.11	0.14	0.12
7	0.00	0.03	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02	0.03	0.05	0.05	0.06	0.06
8	0.00	0.06	0.06	0.06	0.00	0.02	0.00	0.00	0.05	0.00	0.02	0.02	0.06	0.03	0.03	0.05	0.02	0.06	0.08	0.03	0.02	0.05	0.02	0.02	0.02	0.05	0.02	0.00	0.03	0.00	0.02
9	0.00	0.01	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.00	0.03	0.03	0.05	0.03	0.03	0.05	0.10	0.05	0.08	0.06
10	0.00	0.06	0.05	0.06	0.05	0.13	0.13	0.13	0.08	0.14	0.13	0.11	0.05	0.06	0.05	0.08	0.05	0.05	0.08	0.10	0.06	0.06	0.10	0.02	0.12	0.03	0.06	0.08	0.08	0.11	0.11
11	0.00	0.08	0.05	0.06	0.08	0.05	0.06	0.03	0.05	0.02	0.03	0.02	0.06	0.02	0.03	0.03	0.06	0.06	0.05	0.05	0.03	0.08	0.06	0.00	0.11	0.05	0.00	0.02	0.08	0.02	0.08
12	0.00	0.05	0.05	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.05	0.02	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.05	0.03	0.05	0.03	0.03	0.03
13	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.03	0.03	0.03	0.05
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.05	0.05	0.05
15	0.00	0.14	0.13	0.11	0.02	0.03	0.05	0.06	0.08	0.00	0.03	0.00	0.06	0.10	0.10	0.10	0.14	0.20	0.08	0.02	0.10	0.16	0.08	0.13	0.05	0.11	0.10	0.12	0.08	0.08	0.06
16	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00
18	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00
19	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.02	0.02	0.03	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02
20	0.00	0.05	0.10	0.10	0.11	0.05	0.05	0.06	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.05	0.06	0.09	0.03	0.08	0.05	0.00	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.10	0.06	0.10	0.06
1-4の平均	0.00	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.10	0.09	0.09	0.09
変位 (mm)	6.2	6.4	6.6	3.6	4.0	3.8	2.0																								
1	0.13	0.33	0.56	2.06	2.82	3.91	5.76																								
2	0.10	0.20	0.26	1.45	2.02	2.97	5.09																								
3	0.08	0.13	0.10	0.22	0.21	0.32	0.49																								
4	0.05	0.09	0.16	0.19	0.33	0.45	0.61																								
5	0.05	0.23	0.33	0.85	1.15	1.64	2.36																								
6	0.15	0.37	0.48	2.80	3.74	5.07	7.28																								
7	0.06	0.18	0.27	0.61	1.03	2.78	5.56																								
8	0.00	0.02	0.00	0.02	0.13	0.14	0.29																								
9	0.06	0.13	0.10	0.10	0.03	0.05	0.02																								
10	0.14	0.13	0.24	0.02	0.14	0.13	0.16																								
11	0.02	0.03	0.07	0.09	0.19	0.24	0.34																								
12	0.02	0.06	0.02	0.03	0.08	0.10	0.11																								
13	0.05	0.15	0.23	0.18	0.15	0.10	0.15																								
14	0.05	0.06	0.05	0.00	0.03	0.08	0.05																								
15	0.08	0.13	0.02	0.09	0.06	0.22	0.17																								
16	0.00	0.00	0.02	0.06	0.02	0.02	0.02																								
17	0.03	0.00	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03																								
18	0.03	0.05	0.06	0.08	0.02	0.13	0.15																								
19	0.10	0.08	0.13	0.03	0.03	0.03	0.05																								
20	0.00	0.15	0.18	0.93	1.40	2.04	3.46																								
1-4の平均	0.09	0.19	0.27	0.98	1.35	1.91	2.99																								

注) 測定点は図-30参照

初 亀 裂 6.4 kN
 最 大 荷 重 6.6 kN



注) :----- 最終破壊時

(2) クラック発生状況図



(3) 破 壊 状 況

実験ケース 5

実験条件

(1) 吹付け厚さ	目標	5.0 cm
	実際	5.8 cm
(2) 吹付板折角	20	度
(3) ロックボルト	無	
(4) 変位拘束	無	

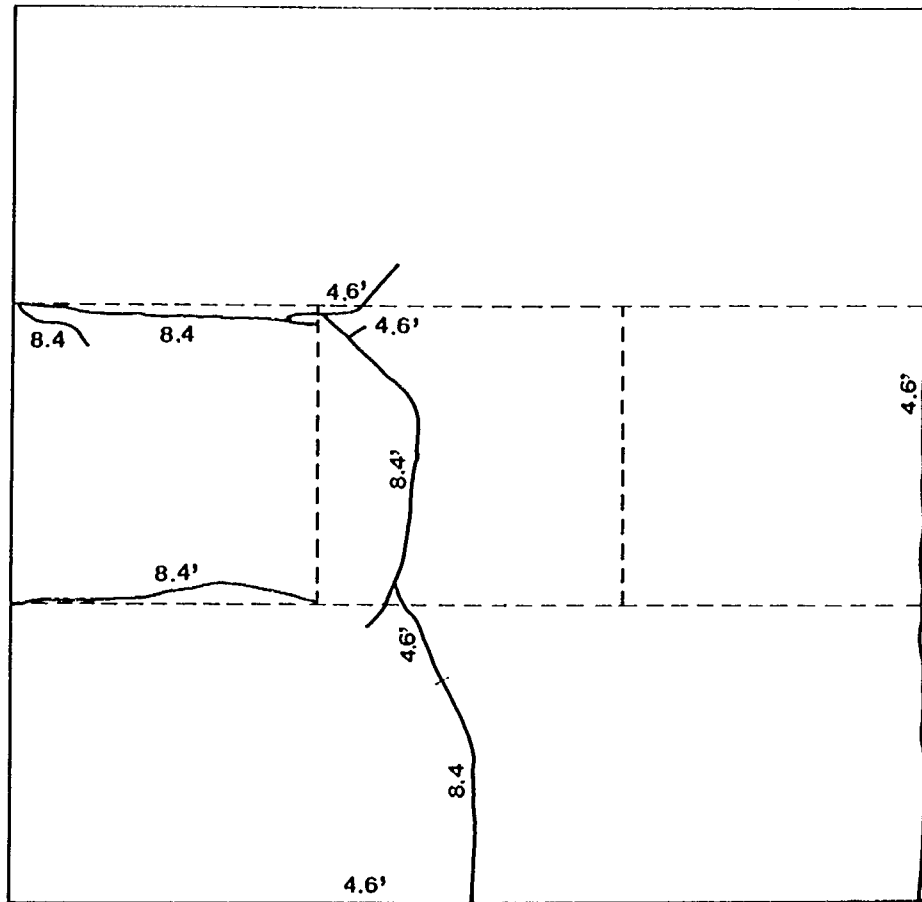
(1) 荷重・変位測定結果一覽表

(mm)

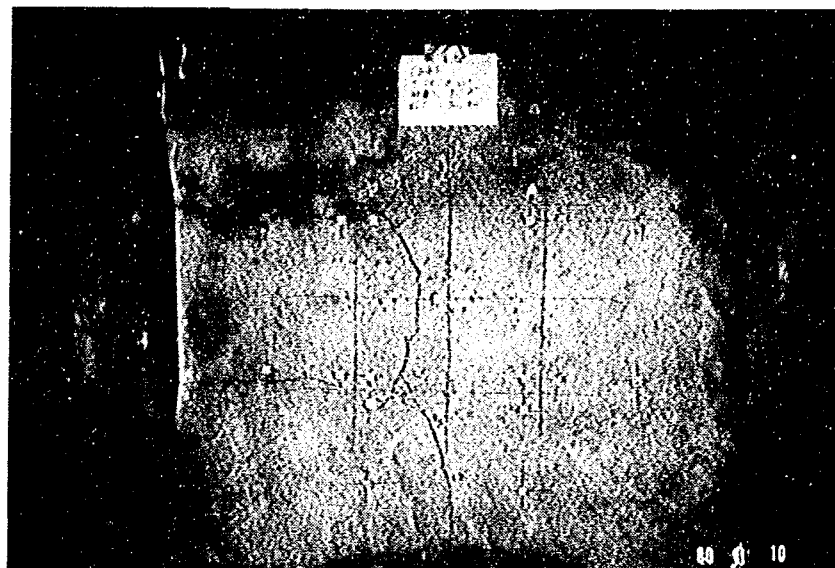
高さ (mm)	0.0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.6	8.0	8.4	8.4	8.4	4.6	3.2							(mm)
1	0.00	0.03	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05	0.09	0.11	0.11	0.41	0.74	0.97	1.91	2.62							
2	0.00	0.03	0.05	0.05	0.03	0.05	0.06	0.00	0.05	0.05	0.02	0.02	0.03	-0.05	0.02	-0.02	0.00	-0.02	0.06	0.02	0.03	0.29	0.57	0.69	1.42	2.25							
3	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.06	0.03	0.00	0.08	0.03	0.02	0.11	0.11	0.22	0.19	0.19	0.16	0.19	0.16	0.19	0.17	0.33	0.48	1.10	1.60	3.48							
4	0.00	-0.02	-0.02	-0.06	0.02	-0.04	-0.03	0.02	-0.06	-0.03	0.02	-0.04	-0.06	-0.04	-0.07	-0.04	-0.04	-0.04	-0.06	-0.02	-0.02	0.03	0.13	0.79	1.43	3.05							
5	0.00	0.03	0.03	0.02	0.00	0.00	-0.02	0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.05	0.03	0.03	-0.02	-0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.06	0.26	0.59	0.84	1.58	2.17							
6	0.00	0.02	0.02	0.02	-0.02	0.00	-0.02	-0.03	0.00	0.00	-0.03	-0.05	-0.05	-0.03	-0.03	-0.02	-0.02	0.00	-0.02	0.00	0.05	0.31	0.62	0.79	1.59	2.12							
7	0.00	0.02	0.03	0.02	0.05	0.03	0.06	0.05	0.03	0.06	0.08	0.11	0.15	0.18	0.18	0.18	0.18	0.19	0.21	0.23	0.26	0.45	0.65	0.71	1.07	2.03							
8	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.06	0.02	0.03	0.03	0.02	-0.03	0.02	-0.06	-0.02	-0.05	0.03	-0.03	0.03	0.00	0.00	0.14	0.25	0.76	1.24	3.19							
9	0.00	0.04	0.04	0.06	0.03	0.06	0.04	0.03	0.06	0.04	0.04	0.03	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.12	0.10	0.10	0.12	0.21	0.31	0.99	1.48	3.61							
10	0.00	0.00	-0.05	-0.05	0.08	-0.02	0.06	0.03	-0.06	0.05	0.06	0.06	0.02	0.13	0.05	0.02	0.00	0.03	0.02	0.10	0.08	0.14	0.23	0.97	1.50	3.33							
11	0.00	-0.03	0.00	-0.05	0.02	-0.09	-0.05	0.05	-0.05	-0.02	0.02	-0.10	-0.02	-0.10	-0.12	-0.03	-0.05	-0.05	-0.03	-0.03	0.00	-0.03	0.05	0.65	1.14	2.50							
12	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.02	-0.05	-0.05	-0.03	-0.05	-0.05	-0.02	-0.09	-0.11	-0.10	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.06	0.05	0.39	0.56	0.84	1.19							
13	0.00	0.00	-0.02	-0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	-0.03	0.00	0.00	-0.03	-0.05	-0.05	-0.05	-0.07	-0.05	-0.05	-0.05	0.00	0.03	0.20	0.43	0.41	0.71	0.81							
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.03	-0.03	-0.03	0.03	0.11	0.24	0.16	0.43	0.54							

注) 測定点は図-30参照

初 亀 裂 8.4 t
 最大荷重 8.4 t



(2) クラック発生状況図



(3) 破壊状況

実験ケース 6

実験条件

(1) 吹付け厚さ	目標	1 0.0 <i>cm</i>
	実際	1 0.8 <i>cm</i>
(2) 吹付板折角		2 0 度
(3) ロックボルト		無
(4) 変位拘束		無

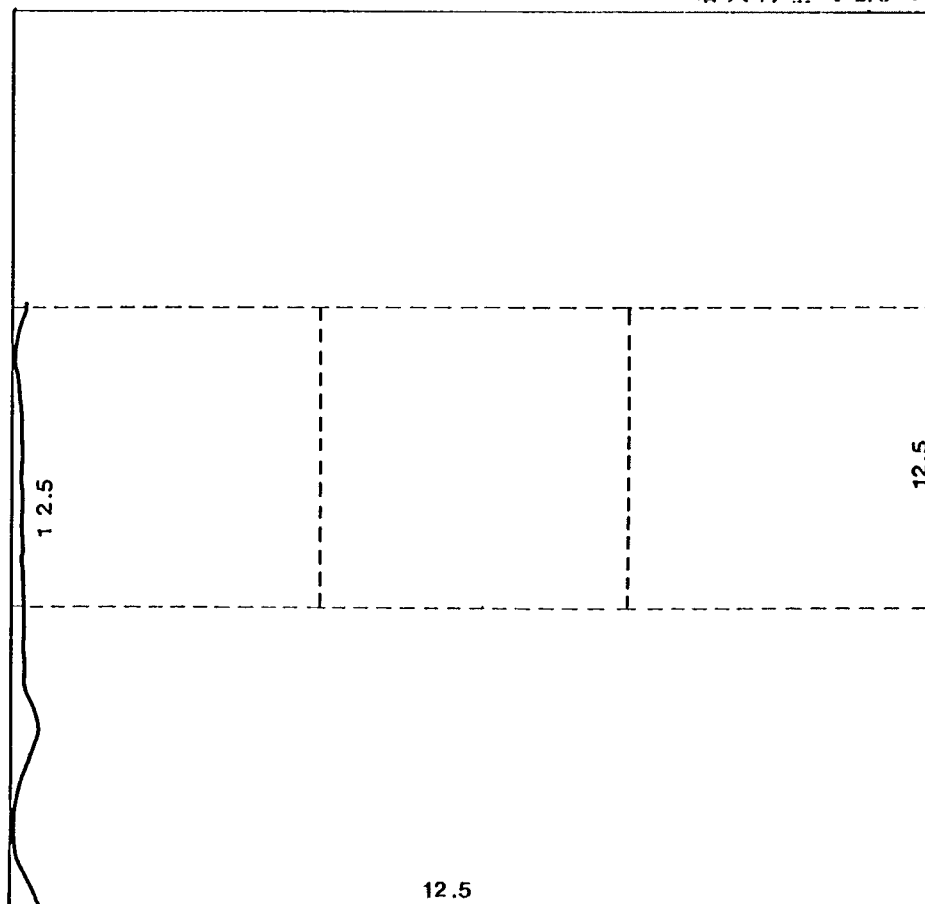
(1) 荷重・変位測定結果一覧表

(mm)

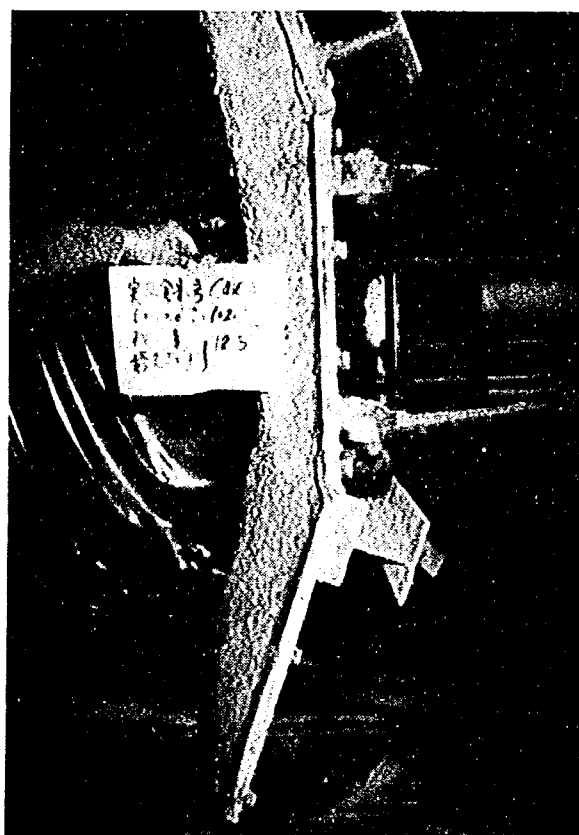
荷重 (tonf)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	12.5	3.0			
1	0.00	0.02	0.00	0.03	0.02	0.03	0.03	0.05	0.05	0.11	0.02	0.05	0.02	0.05	0.02	0.03	0.00	0.03	0.08	0.13	0.17	0.22	0.25	0.28	0.27	0.42	0.93	1.10			
2	0.00	0.05	0.02	0.03	0.05	0.03	0.05	0.03	0.05	0.17	0.06	0.08	0.13	0.06	0.06	0.11	0.03	0.08	0.10	0.10	0.17	0.21	0.23	0.31	0.26	0.37	0.75	1.02			
3	0.00	-0.02	0.10	0.03	0.05	0.06	0.05	0.03	-0.02	-0.02	0.00	-0.05	0.13	-0.11	0.05	-0.03	0.06	0.00	0.00	0.06	0.08	0.05	0.10	0.08	0.17	0.21	3.51	5.07			
4	0.00	0.03	0.00	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.11	0.10	0.06	0.13	0.06	0.10	0.05	0.08	0.05	0.13	0.13	0.18	0.19	0.28	0.30	0.34	0.36	0.43	3.78	5.24			
5	0.00	0.03	0.00	0.03	0.02	0.00	0.02	0.03	0.02	0.05	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.11	0.17	0.22	0.20	0.31	0.29	0.42	0.93	1.12			
6	0.00	0.02	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03	0.06	0.03	0.02	0.05	0.03	0.05	0.03	0.06	0.05	0.08	0.11	0.15	0.17	0.22	0.25	0.28	0.32	0.39	0.51	0.43	0.43			
7	0.00	-0.05	0.00	0.02	0.03	0.02	0.00	-0.02	0.03	0.00	-0.03	0.02	-0.03	0.00	-0.03	-0.02	-0.05	-0.03	-0.03	0.03	0.05	0.06	0.11	0.11	0.19	0.23	0.05	0.11			
8	0.00	-0.06	-0.02	0.02	0.02	0.02	-0.03	0.02	0.03	0.05	0.05	0.05	0.03	0.03	0.02	0.08	0.03	0.06	0.06	0.10	0.14	0.21	0.21	0.27	0.30	0.35	3.59	5.16			
9	0.00	-0.02	0.02	0.06	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.02	-0.03	-0.02	-0.03	0.00	-0.03	0.00	-0.02	0.02	0.00	0.00	0.06	0.08	0.06	0.09	0.10	0.15	0.22	4.24	6.15			
10	0.00	0.02	-0.10	0.05	0.02	0.08	-0.08	0.03	0.02	0.05	-0.05	-0.11	-0.06	0.08	0.03	0.16	-0.05	0.03	0.03	0.05	0.03	0.11	0.26	0.13	0.24	0.24	4.37	6.15			
11	0.00	-0.02	-0.15	0.03	0.05	-0.02	-0.03	-0.05	0.02	0.06	0.02	0.08	-0.15	0.02	-0.02	0.05	-0.11	-0.03	-0.03	-0.08	-0.05	0.15	0.10	0.22	0.12	0.22	3.67	5.07			
12	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	-0.02	-0.02	0.02	-0.02	0.02	0.02	-0.02	-0.03	0.03	-0.02	-0.03	0.00	0.03	0.05	0.03	0.08	0.14	0.15	0.18	0.23	0.35	0.97	1.16			
13	0.00	0.00	0.03	0.02	0.03	0.05	-0.03	0.02	0.05	0.02	-0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.00	-0.02	0.03	0.05	0.10	0.13	0.13	0.20	0.18	0.28	0.35	-0.89	1.43			
14	0.00	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	-0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.10	0.11	0.16	0.19	0.24	0.32	-1.28	-1.79			
15	0.00	0.05	-0.03	0.05	-0.16	0.17	-0.05	0.11	-0.17	-0.05	0.19	-0.11	0.25	-0.06	0.19	-0.13	-0.08	0.08	0.06	-0.15	0.00	0.20	-0.03	0.25	0.06	0.30	0.50	1.17			
16	0.00	-0.02	0.02	0.02	0.06	0.05	0.03	0.02	0.08	0.05	0.00	0.06	0.03	0.08	0.05	0.06	0.02	0.03	0.03	0.11	0.11	0.12	0.19	0.17	0.23	0.25	3.59	5.37			
17	0.00	0.02	-0.02	0.03	0.05	0.02	0.00	0.02	0.02	0.05	0.03	0.05	-0.02	0.02	0.00	0.03	-0.03	-0.03	0.00	-0.03	0.00	0.05	0.02	0.08	0.05	0.09	5.35	7.93			
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.02	0.00	0.00	-0.05	0.02	0.03	0.03	0.05	0.08	0.10	0.07	0.11	0.15	5.63	7.94			
19	0.00	-0.05	0.05	0.00	0.05	0.08	0.03	0.00	0.08	0.02	-0.06	0.00	0.03	0.02	0.00	-0.02	-0.06	0.00	0.02	0.11	0.10	0.03	0.15	0.11	0.20	0.25	3.82	5.23			
20	0.00	0.05	0.13	0.16	0.16	0.08	0.18	0.10	0.15	0.29	0.11	0.15	0.08	0.20	0.15	0.18	0.03	0.03	0.03	0.10	0.21	0.27	0.21	0.38	0.30	0.34	0.91	1.34			
トの平均	0.00	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.09	0.04	0.05	0.09	0.03	0.05	0.06	0.04	0.06	0.08	0.12	0.15	0.19	0.22	0.25	0.27	0.36	2.24	3.11			
荷重 (tonf)																															
測定点																															
1																															
2																															
3																															
4																															
5																															
6																															
7																															
8																															
9																															
10																															
11																															
12																															
13																															
14																															
15																															
16																															

注) 測定点は図-30参照

初 亀 裂 12.5 t
 最 大 荷 重 12.5 t



(2) クラック発生状況図



(3) 破壊状況

実験 ケース 7

実験条件

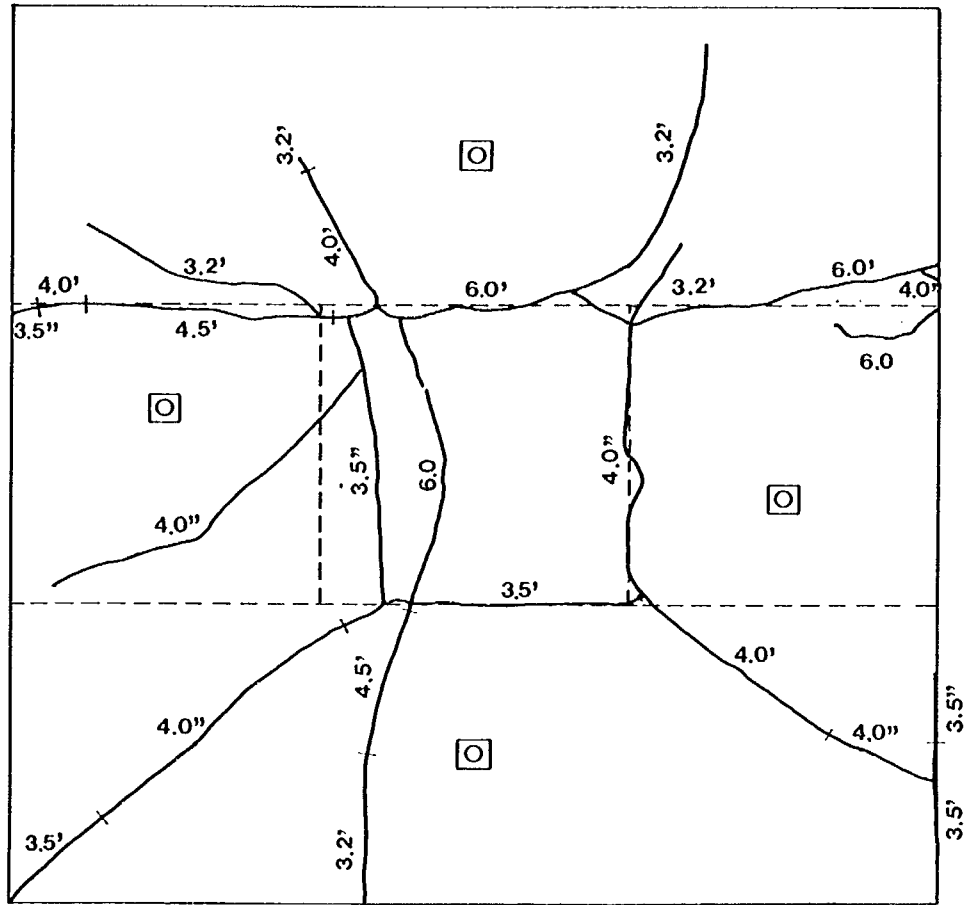
(1) 吹付け厚さ	目標	5.0 cm
	実際	5.0 cm
(2) 吹付板折角		0 度
(3) ロックボルト		有
(4) 変位拘束		無

(၈၈)

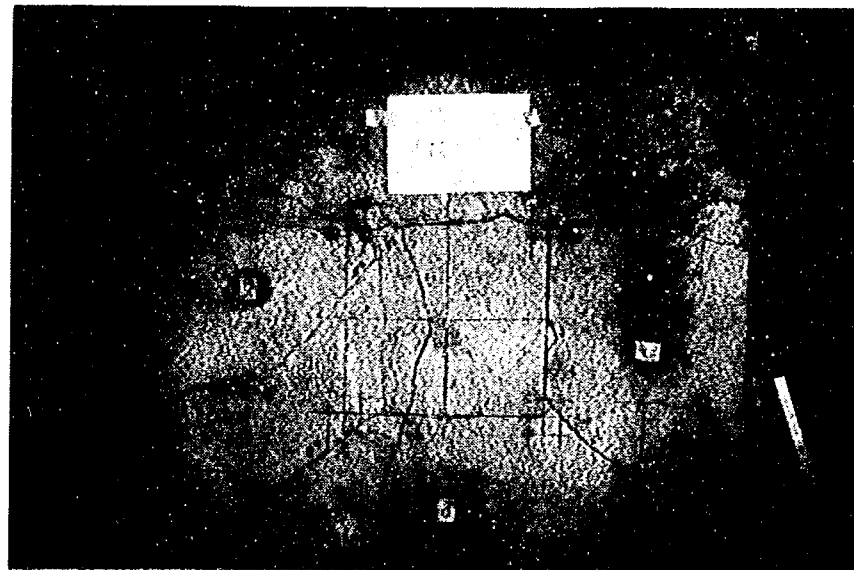
[illegible]

注) 測定点は図-30参照

初 亀 裂 6.0 t
 最 大 荷 重 6.0 t



(2) クラック発生状況図



(3) 破壊状況

実験ケース 8

実験条件

(1) 吹付け厚さ	目標	1 0.0 cm
	実際	1 0.0 cm
(2) 吹付板折角		0 度
(3) ロックボルト		有
(4) 変位拘束		無

(1) 荷重・変位測定結果一覧表

(mm)

荷重 (tonf) 測定点	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	9.0	8.5	8.5	8.5	8.8	8.5	8.5	8.5	7.5	
1	0.00	0.05	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.10	0.10	0.10	0.10	0.13	0.13	0.16	0.17	0.19	0.22	0.26	0.35	0.38	0.61	1.14	1.58	1.95	2.42	3.00	3.56	4.27	5.16	5.88	
2	0.00	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.08	0.10	0.11	0.14	0.16	0.19	0.23	0.28	0.37	0.44	0.63	1.28	1.74	2.16	2.34	3.30	3.90	4.69	5.61	6.39	
3	0.00	0.05	0.06	0.06	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.08	0.10	0.11	0.11	0.14	0.16	0.17	0.21	0.22	0.27	0.32	0.46	0.97	1.56	2.08	2.70	3.10	3.69	4.31	5.08	6.12	
4	0.00	0.05	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.21	0.26	0.30	0.52	1.18	1.76	2.25	2.84	3.25	3.78	4.32	5.06	6.12	
5	0.00	0.03	0.05	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14	0.17	0.19	0.26	0.29	0.47	0.87	1.18	1.46	1.81	2.28	2.71	3.19	3.78	4.28	
6	0.00	0.05	0.06	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.10	0.10	0.11	0.14	0.16	0.17	0.21	0.23	0.31	0.37	0.59	1.07	1.42	1.75	2.18	2.69	3.18	3.82	4.56	5.10	
7	0.00	0.05	0.03	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.08	0.08	0.11	0.13	0.14	0.16	0.19	0.22	0.27	0.38	0.42	0.60	1.16	1.52	1.82	2.28	2.76	3.31	3.94	4.78	5.46	
8	0.00	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.08	0.11	0.13	0.14	0.16	0.19	0.21	0.23	0.30	0.41	0.86	1.32	1.75	2.21	2.51	2.94	3.38	3.99	4.76	
9	0.00	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.19	0.22	0.25	0.37	0.79	1.39	1.96	2.56	2.95	3.54	4.11	4.87	5.92	
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.04	0.06	0.07	0.08	0.11	0.12	0.16	0.21	0.37	1.10	1.75	2.25	2.85	3.24	3.75	4.25	5.08	6.15	
11	0.00	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06	0.10	0.10	0.11	0.01	0.13	0.14	0.16	0.19	0.23	0.44	0.99	1.46	1.89	2.36	2.67	3.06	3.49	4.06	4.90	
12	0.00	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.08	0.11	0.11	0.14	0.16	0.22	0.27	0.48	0.89	1.14	1.37	1.60	1.66	1.78	1.94	2.06	2.16
13	0.00	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.11	0.11	0.14	0.16	0.22	0.27	0.48	0.89	1.14	1.37	1.60	1.66	1.78	1.94	2.06	2.16	
14	0.00	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.08	0.10	0.11	0.14	0.17	0.26	0.33	0.45	1.11	1.48	1.78	2.31	2.78	3.50	4.04	4.53	4.76	
15	0.00	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.06	0.08	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14	0.14	0.17	0.22	0.25	0.29	0.62	0.80	0.98	1.14	1.19	1.34	1.45	1.62	1.78	
16	0.00	0.05	0.05	0.06	0.08	0.08	0.06	0.08	0.06	0.06	0.08	0.08	0.10	0.10	0.11	0.11	0.13	0.14	0.14	0.17	0.19	0.23	0.40	0.61	0.84	1.04	1.12	1.15	1.23	1.31	1.14	
17	0.00	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.08	0.08	0.10	0.10	0.10	0.11	0.13	0.23	0.58	0.84	1.09	1.32	1.41	1.51	1.60	1.70	1.60	
18	0.00	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.18	0.08	0.08	0.08	0.11	0.11	0.17	0.33	0.51	0.69	0.86	0.89	0.90	0.95	1.01	1.20	
19	0.00	0.05	0.06	0.08	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.10	0.11	0.13	0.16	0.17	0.22	0.26	0.36	0.41	0.58	1.23	1.68	2.04	2.58	3.08	3.73	4.45	5.29	5.93	
1-4の平均	0.00	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.15	0.16	0.18	0.21	0.24	0.31	0.36	0.56	1.14	1.66	2.11	2.58	3.16	3.73	4.40	5.23	6.13	
荷重 (tonf) 測定点																																
1																																
2																																
3																																
4																																
5																																
6																																
7																																
8																																
9																																
10																																
11																																
12																																
13																																
14																																
15																																
16																																
17																																
18																																
19																																
20																																
1-4の平均																																

(注) 測定点は図-30参照

実験ケース 9

実験条件

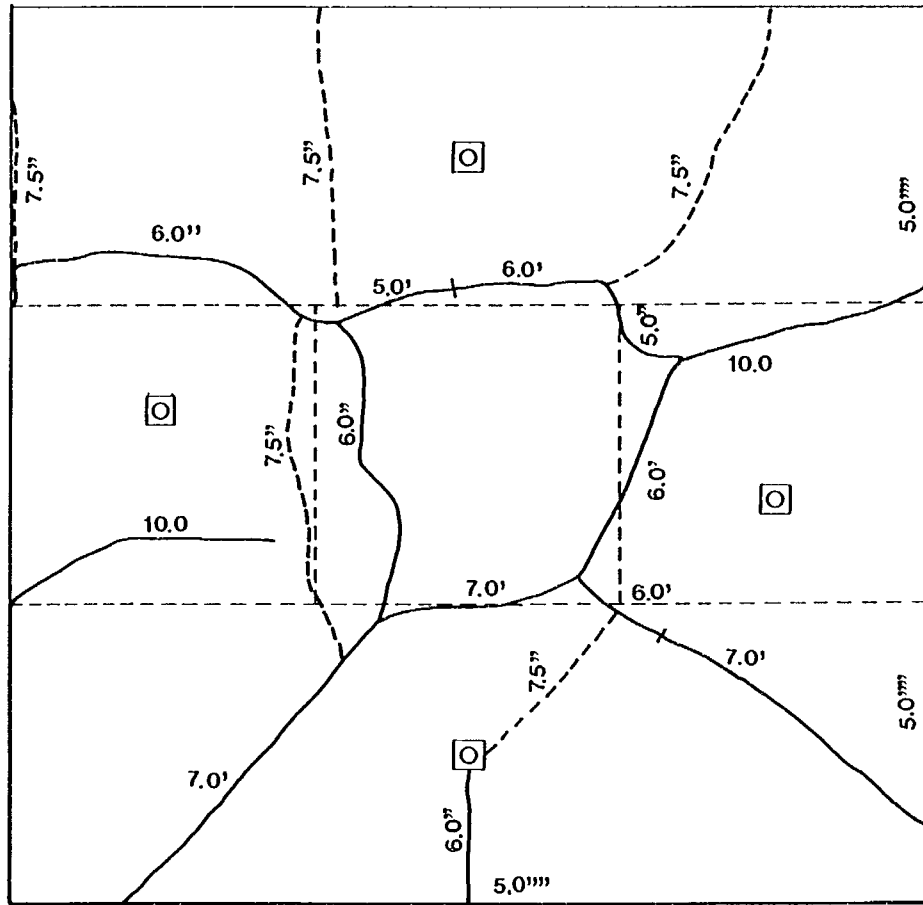
(1) 吹付け厚さ	目標	5.0 <i>cm</i>
	実際	5.5 <i>cm</i>
(2) 吹付板折角		20 度
(3) ロックボルト		有
(4) 変位拘束		無

(1) 荷重・変位測定結果一覧表

荷重 (mm)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.4	10.0	8.0	7.0	6.0	6.0	5.0	5.0	5.0	5.0		
1	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.05	0.02	0.02	0.02	0.00	0.03	0.03	0.03	0.05	0.06	0.11	0.13	0.38	0.47	0.55	0.96	1.43	1.79	2.81	3.70	4.17	4.47		
2	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.05	0.02	0.02	0.05	0.08	0.10	0.21	0.26	0.66	0.82	1.04	1.50	2.03	2.61	3.33	4.27	4.85	5.29		
3	0.00	0.02	0.05	0.11	0.06	0.03	0.05	0.03	0.03	-0.02	0.00	0.02	0.00	-0.02	-0.02	0.02	0.03	0.10	0.06	0.21	0.35	0.79	1.68	2.64	3.50	4.02	5.12	6.01	7.15		
4	0.00	0.05	-0.03	-0.03	0.03	0.02	-0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.05	0.08	0.02	0.05	0.08	0.11	0.31	0.45	0.89	1.76	2.52	3.22	3.89	4.87	5.43	6.42		
5	0.00	0.00	0.00	-0.05	-0.03	-0.03	-0.05	-0.02	-0.05	0.00	0.02	-0.02	0.00	0.00	-0.02	-0.02	0.03	0.06	0.08	0.28	0.29	0.34	0.62	0.96	1.19	1.77	2.11	2.36	2.42		
6	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02	0.02	0.05	0.08	0.11	0.14	0.34	0.37	0.39	0.77	1.10	1.42	2.01	2.46	2.81	2.92		
7	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	-0.02	0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.10	0.13	0.46	0.61	0.68	1.03	1.50	1.95	2.54	3.26	3.73	3.97		
8	0.00	0.00	0.02	0.00	-0.02	0.02	-0.02	-0.05	0.00	0.00	-0.03	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.00	0.02	0.06	0.13	0.24	0.49	0.78	1.54	2.21	2.81	3.14	3.89	4.43	5.35		
9	0.00	0.00	0.02	0.00	-0.03	-0.03	-0.05	-0.03	0.05	-0.02	-0.05	-0.03	-0.05	-0.05	-0.06	-0.06	-0.03	0.02	0.02	0.13	0.30	0.72	1.63	2.37	3.03	3.34	4.15	4.74	5.59		
10	0.00	0.00	0.03	0.06	0.05	0.11	0.15	0.00	0.13	-0.05	-0.05	0.00	-0.03	0.00	0.13	0.08	0.00	0.02	0.06	0.16	0.31	0.79	1.76	2.58	3.38	4.12	5.13	5.85	6.93		
11	0.00	-0.02	-0.05	-0.08	-0.03	-0.03	-0.11	-0.06	-0.18	-0.02	-0.08	0.10	-0.10	-0.06	-0.06	0.17	-0.13	0.10	-0.08	0.16	0.24	0.66	1.33	1.99	2.53	3.08	3.93	4.40	5.20		
12	0.00	-0.03	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.06	-0.03	-0.06	-0.02	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.06	0.08	-0.05	-0.03	-0.02	0.10	0.06	0.03	0.08	0.14	0.24	0.76	0.81	0.83	0.88		
13	0.00	0.02	0.02	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.06	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.08	0.08	0.08	0.14	0.16	0.30	0.28	0.20	0.23	0.30	0.31	-0.33	-0.86	-0.82	-0.82		
14	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.10	0.10	0.37	0.41	0.40	0.46	0.48	0.46	-0.18	-0.72	-0.78	-0.83		
15	0.00	0.02	-0.03	0.23	0.23	0.23	-0.42	-0.22	-0.34	-0.14	-0.19	0.20	-0.17	0.19	-0.23	-0.34	-0.19	-0.08	-0.06	0.64	0.64	0.89	1.58	1.50	1.97	2.31	3.06	3.62	4.14		
16	0.00	0.00	0.02	0.17	0.00	0.02	0.02	0.02	0.03	0.00	0.02	0.05	0.03	0.03	0.05	0.08	0.10	0.16	0.16	0.22	0.31	0.50	0.87	1.15	1.45	1.54	1.92	2.23	2.75		
17	0.00	0.03	0.02	0.00	0.05	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02	0.00	0.03	0.03	0.08	0.15	0.34	0.75	1.14	1.49	1.75	2.29	2.75	3.44		
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.31	1.03	1.70	2.25	2.60	3.14	3.43	4.13		
19	0.00	0.00	0.03	0.08	-0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	-0.06	-0.03	0.02	-0.03	0.11	-0.10	0.03	-0.05	-0.08	-0.14	-0.05	0.00	0.22	0.56	0.77	1.10	1.33	1.62	1.93	2.32		
20	0.00	-0.02	-0.05	0.05	0.15	0.14	0.06	0.17	0.30	0.18	0.13	0.21	0.20	0.23	0.32	0.32	0.30	0.43	0.43	0.73	0.88	1.07	1.34	1.81	2.29	2.88	3.46	3.92	4.19		
10の平均	0.00	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.06	0.13	0.14	0.39	0.52	0.82	1.48	2.16	2.78	3.51	4.49	5.12	5.83		
荷重 (mm)																															
1																															
2																															
3																															
4																															
5																															
6																															
7																															
8																															
9																															
10																															
11																															
12																															
13																															
14																															
15																															
16																															
17																															
18																															
19																															
20																															
10の平均																															

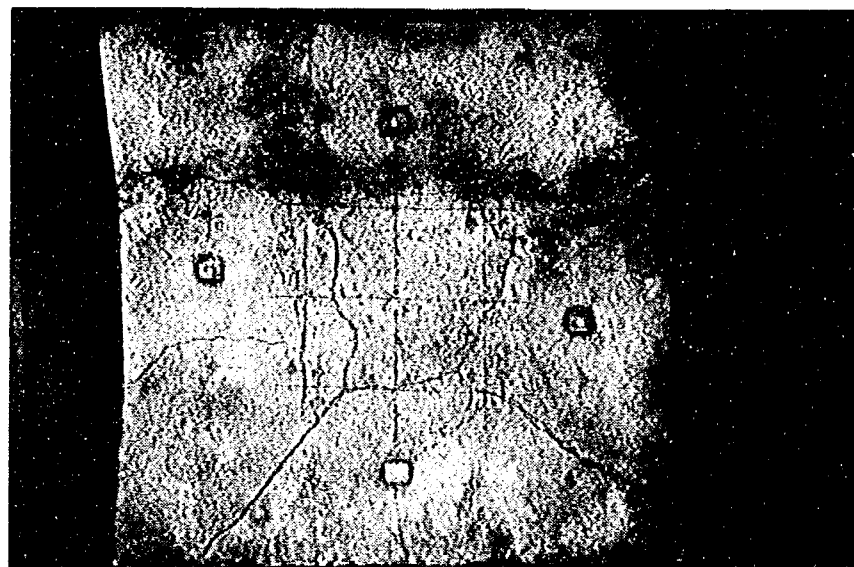
注) 測定点は図-30参照

初 亀 裂 10.0 t
 最大荷重 10.0 t



注) ----- 最終破壊時

(2) クラック発生状況図



(3) 破壊状況

実験ケース 10

実験条件

(1) 吹付け厚さ	目標	1 0.0 cm
	実際	1 0.0 cm
(2) 吹付板折角		2 0 度
(3) ロックボルト		有
(4) 変位拘束		無

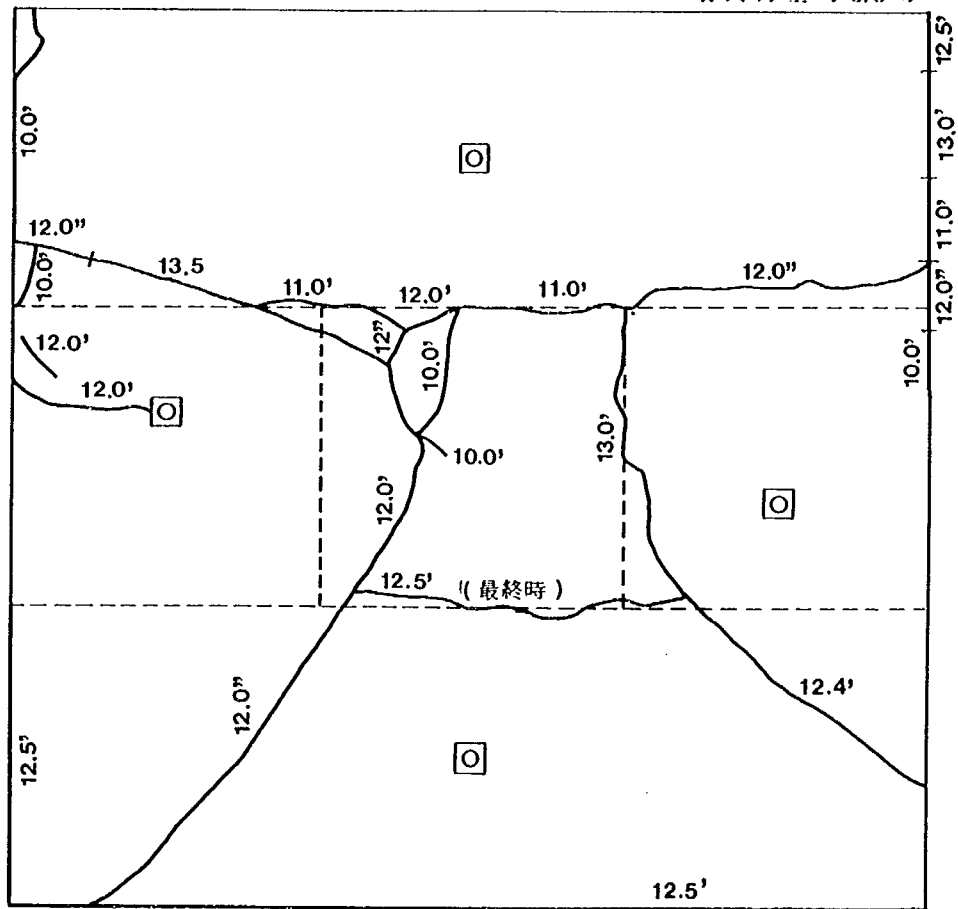
(1) 荷重・変位測定結果一覧表

(mm)

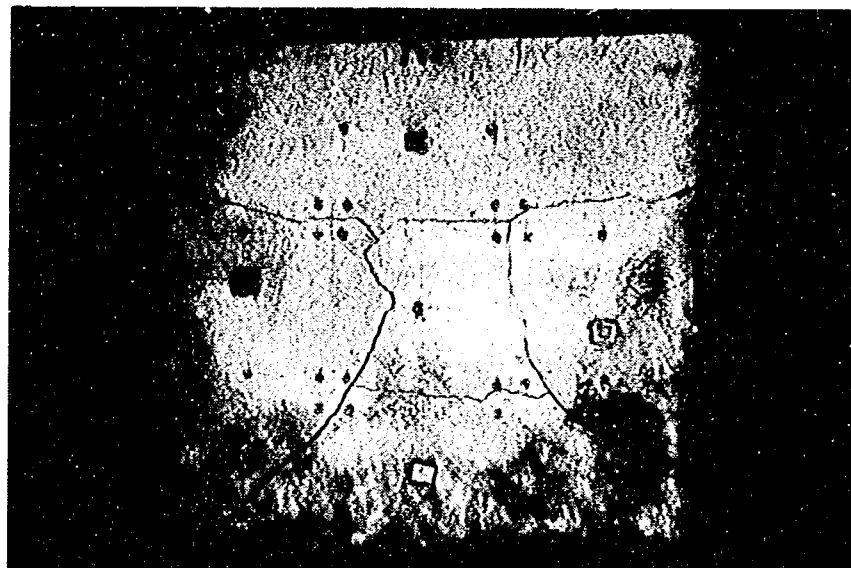
荷重 (tonf)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	12.0	12.0	11.0	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.03	0.02	0.03	0.00	0.03	0.13	0.16	0.17	0.22	0.25	0.30	0.33	0.39	0.47	0.53	1.19	1.71	2.34	
2	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.05	0.06	0.06	0.08	0.06	0.10	0.15	0.21	0.24	0.28	0.34	0.38	0.44	0.49	0.55	0.60	0.89	1.35	2.08	
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	-0.02	0.00	-0.02	-0.02	-0.06	-0.06	-0.06	-0.08	0.11	0.10	0.06	-0.03	0.03	-0.02	-0.02	0.02	0.02	0.06	0.08	0.10	0.33	0.57	0.79	
4	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.05	0.08	0.09	0.08	0.10	0.11	0.11	0.19	0.22	0.25	0.29	0.31	0.36	0.39	0.42	0.46	0.54	0.92	1.37	1.67		
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	-0.02	-0.02	-0.03	-0.02	0.08	0.11	0.14	0.16	0.17	0.22	0.26	0.32	0.39	0.47	1.10	1.60	2.09	
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.05	0.12	0.17	0.20	0.22	0.26	0.31	0.36	0.42	0.49	0.59	1.19	1.47	1.90	
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	0.02	0.05	0.08	0.11	0.13	0.16	0.21	0.26	0.32	0.34	0.39	0.57	0.99	1.70	
8	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.05	0.06	0.06	0.06	0.08	0.10	0.14	0.17	0.21	0.22	0.25	0.30	0.33	0.36	0.38	0.41	0.59	0.81	1.03	
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.02	0.00	0.03	-0.03	-0.05	-0.05	-0.08	0.06	-0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.05	0.06	0.09	0.09	0.12	0.28	0.46	0.61	
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.07	0.09	0.11	0.12	0.14	0.17	0.19	0.21	0.25	0.31	0.68	1.20	1.49	
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	-0.02	-0.02	-0.03	0.02	0.03	0.06	0.06	0.10	0.10	0.14	0.15	0.19	0.24	0.27	0.61	0.95	1.17	
12	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	0.03	0.05	0.08	0.10	0.11	0.13	0.18	0.21	0.26	0.32	0.42	0.90	1.13	1.32	
13	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.08	0.15	0.18	0.21	0.25	0.28	0.33	0.38	0.44	0.51	0.52	0.82	1.00	0.46	
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.08	0.05	0.08	0.08	0.10	0.13	0.14	0.20	0.22	0.27	0.30	0.35	0.38	0.42	0.49	0.55	0.60	0.67	0.53	0.56	0.19	
15	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.05	0.08	0.12	0.16	0.17	0.22	0.26	0.31	0.36	0.37	0.37	0.36	0.64	1.16
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.03	0.05	0.06	0.06	0.09	0.12	0.14	0.16	0.19	0.22	0.25	0.27	0.28	0.28	0.25	0.37	0.48	
17	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.02	-0.03	-0.03	-0.05	-0.03	-0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.03	0.05	0.05	0.06	0.08	0.20	0.28	0.34	
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.02	0.00	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.05	-0.05	-0.06	-0.06	-0.08	0.08	-0.08	-0.08	-0.10	-0.10	0.09	-0.09	-0.11	-0.11	-0.11	-0.11	-0.02	
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.03	-0.03	-0.05	-0.05	-0.06	-0.08	0.00	0.02	0.02	0.03	0.05	0.06	0.08	-0.11	0.14	0.17	0.39	0.52	0.57	
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.02	-0.02	0.00	0.08	0.11	0.14	0.17	0.20	0.24	0.30	0.35	0.38	0.43	0.61	1.04	1.68	
1-4の平均	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.07	0.09	0.13	0.14	0.17	0.19	0.22	0.27	0.30	0.34	0.39	0.44	0.83	1.25	1.72	
荷重 (tonf)	11.0	12.0	13.0	12.5	12.4	12.5																										
1	3.01	3.53	3.95	4.58	5.08	5.81																										
2	2.89	3.65	4.24	5.17	5.81	6.82																										
3	1.11	1.56	1.97	2.38	2.59	3.02																										
4	2.11	2.61	2.98	3.44	3.81	4.44																										
5	2.56	2.95	3.26	3.72	4.09	4.63																										
6	2.26	2.69	3.05	3.52	3.90	4.44																										
7	2.33	3.04	3.47	4.34	4.94	5.85																										
8	1.35	1.81	2.27	2.68	2.86	3.30																										
9	0.93	1.30	1.66	1.95	2.07	2.40																										
10	1.90	2.36	2.75	3.40	3.51	4.05																										
11	1.48	1.85	2.14	2.48	2.74	3.23																										
12	1.45	1.55	1.72	2.01	2.19	2.37																										
13	-0.13	-0.13	-0.02	0.15	0.36	0.69																										
14	-0.33	-0.16	-0.05	4.11	4.17	4.36																										
15	1.76	2.17	2.45	2.87	3.20	3.75																										
16	0.70	0.92	1.12	1.23	1.26	1.34																										
17	0.48	0.66	0.86	1.00	1.03	1.04																										
18	0.21	0.48	0.65	0.80	0.93	1.13																										
19	0.65	0.77	0.91	1.05	1.17	1.45																										
20	2.39	3.09	3.64	4.43	5.01	5.87																										
1-4の平均	2.28	2.84	3.29	3.89	4.32	5.02																										

注) 測定点は図-30参照

初 亀 裂 13.5 t
 最大荷重 13.5 t



(2) クラック発生状況図



(3) 破壊状況

実験ケース 11

実験条件

(1) 吹付け厚さ	目標	5.0 cm
	実際	5.0 cm
(2) 吹付板折角	20	度
(3) ロックボルト	無	
(4) 変位拘束	有	

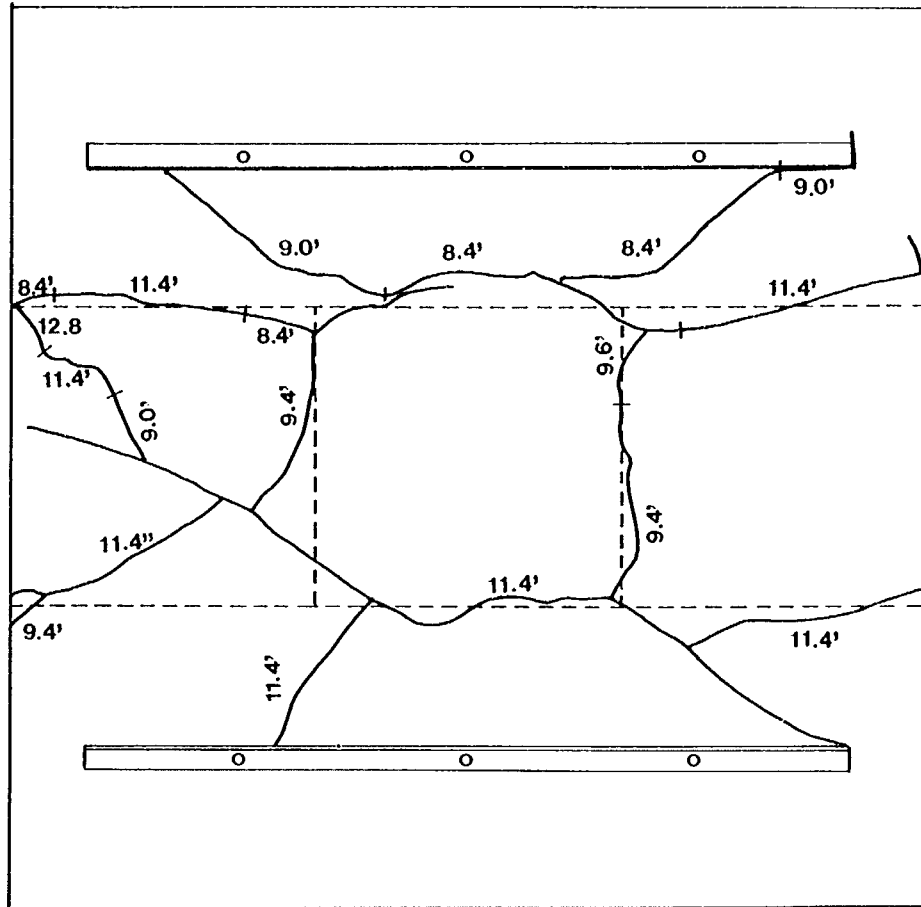
(1) 荷重・変位測定結果一覽表

(mm)

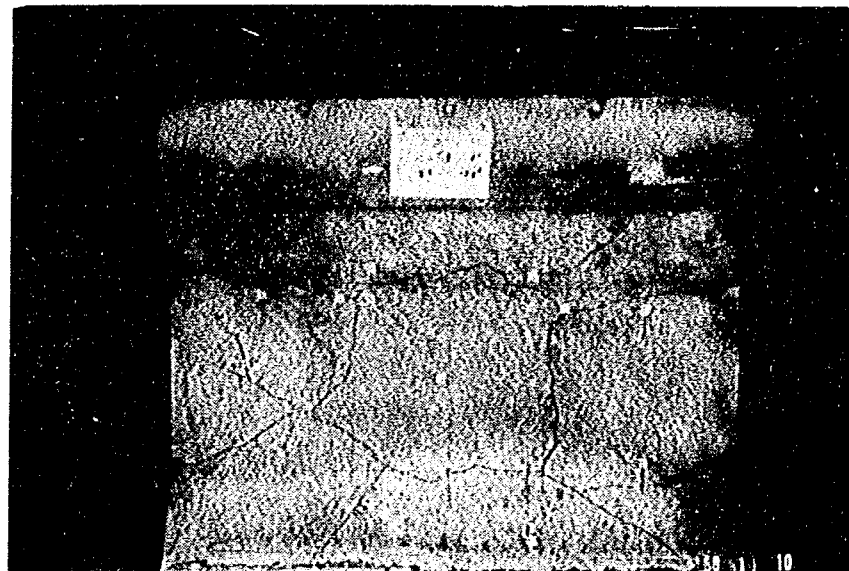
(mm)	0.0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.6	8.0	8.4	8.8	9.2	9.6	10.0	10.4	10.8	11.2	11.6	12.0
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.08	0.08	0.10	0.11	0.13
2	0.00	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12	0.14	0.14	0.15	0.17	0.18	
3	0.00	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.08	0.08	
4	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06
6	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.05	0.06
7	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.06	0.06	0.08	0.10	0.11
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.02	-0.02	0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.06	0.06	0.06	0.05	0.10
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.06	0.02	0.03	0.03	0.05
10	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.08	
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	-0.02	0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.02	0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.00
13	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.06	0.06	0.06	0.08	0.10	
14	0.00	0.02	0.03	0.03	-0.02	0.03	0.05	0.03	0.02	-0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.00	0.03	0.05	0.05	0.05	0.03	0.05	0.05	0.06	0.06	0.08	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11
15	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.02	0.02	0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.02	-0.03	-0.02	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.05
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.02	-0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05
19	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
20	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.03	0.05	0.05
14の平均	0.00	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.04	0.02	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.08	0.09	0.11	0.11
12.4 11.4 9.4 9.0	12.4	12.8	12.8	12.8	11.4	11.4 →7.0	8.4	9.0	9.4 →9.0	9.6																					
1	0.14	0.30	0.36	0.66	0.75	1.85	3.29	4.49	5.85	6.93																					
2	0.20	0.24	0.32	0.46	0.57	1.38	2.86	4.02	5.40	6.45																					
3	0.09	0.12	0.21	0.52	1.46	2.13	2.94	3.85	5.35	6.61																					
4	0.06	0.22	0.25	0.66	1.53	2.66	3.38	4.30	5.85	7.15																					
5	0.08	0.23	0.29	0.62	0.70	1.74	3.01	4.03	5.19	6.09																					
6	0.12	0.23	0.28	0.48	0.42	1.30	2.55	3.76	4.93	5.92																					
7	0.10	0.15	0.18	0.24	0.15	0.90	2.45	3.65	4.99	6.04																					
8	0.05	0.10	0.16	0.38	1.25	1.86	2.67	3.53	4.97	6.13																					
9	0.08	0.11	0.15	0.43	1.36	1.93	2.59	3.37	4.71	5.82																					
10	0.05	0.16	0.19	0.63	1.47	2.17	2.71	3.45	4.78	5.88																					
11	0.00	0.14	0.17	0.49	1.19	2.18	2.86	3.67	5.03	6.15																					
12	0.02	0.18	0.24	0.50	0.56	1.19	1.77	2.25	2.74	3.25																					
13	0.11	0.21	0.23	0.33	0.20	0.46	0.82	1.09	1.56	1.81																					
14	0.13	0.18	0.18	0.16	-0.03	0.22	0.61	1.01	1.53	1.98																					
15	0.03	0.03	0.06	0.03	0.00	0.27	1.09	1.75	2.48	3.08																					
16	0.05	0.05	0.11	0.12	0.51	0.70	1.17	1.65	2.42	3.04																					
17	0.05	0.08	0.10	0.18	0.32	0.45	0.57	0.75	1.09	1.47																					
18	-0.03	0.03	0.03	0.23	0.53	0.77	0.90	1.20	1.74	2.22																					
19	-0.06	0.03	0.05	0.17	0.45	1.21	1.72	2.27	3.11	3.82																					
20	0.06	0.10	0.17	0.24	0.35	1.14	2.62	3.67	4.94	5.93																					
14の平均	0.12	0.22	0.29	0.58	1.08	2.01	3.12	4.17	5.61	6.79																					

注) 測定点は図-30参照

初 亀 裂 12.8 t
 最 大 荷 重 12.8 t



(2) クラック発生状況図



(3) 破壊状況

吹付けコンクリート薄肉覆工の
支持機構に関する実験報告 (1)

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第 2049 号
昭和 59 年 2 月 (1984)

水谷敏則, 猪熊 明, 河野広隆
大久保雅憲, 石村利明, 平岡弘志

要旨 吹付けコンクリートによるトンネルの地山支持機構 (耐力, 破壊
形態) の解明を目的として実施した, 1) 吹付けコンクリートの付着強度
等に関する試験, 2) ゆるみ岩塊の安定効果に関する押抜き模型実験, を
通じて得られた結果をまとめたものである。

キーワード: トンネル支保工, 覆工, 吹付けコンクリート

郵便はがき

四十円切手
をはって下
さい。

305-□□

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地
建設省土木研究所
トンネル研究室 御中

No. 23

No. 23

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所資料第 2049 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印