保 存 用

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第3418号

土 木 研 究 所 資 料

コンクリートの引張強度に関する調査報告書

―持続荷重および寸法効果に関する検討―

平 成 8 年

建設省土木研究所
材料施工部コンクリート研究室

Copyright © (1996) 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，土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

土木研究所資料

第3418号 1996年1月

コンクリートの引張強度に関する調査報告書

ー持続荷重および寸法効果に関する検討ー

コンクリート研究室　室　長　河野　広隆
主任研究員　渡辺　博志
部外研究員　狩野　敏也

要旨

マスコンクリート構造物には、長期間にわたり引張応力が作用すること、また断面が大きいため引張強度について寸法効果が発生すること等から、通常の行われている割裂引張強度をコンクリートの引張強度に代用することができない可能性がある。

本報告書は、持続荷重・コンクリート断面寸法がコンクリートの引張強度の大きさに及ぼす影響について検討したものである。

キーワード：引張強度、クリープ載荷、寸法効果、破壊力学、マスコンクリート

はじめに

本報告書は、コンクリートの引張強度に及ぼす持続荷重の影響および寸法効果について、実験的検討を行ったものである。いずれも、コンクリート構造物に作用する引張応力に関する照査に用いる引張強度の評価の高精度化を目的として実施したものである。

ただし、持続荷重の影響と寸法効果の検討はその検討対象が大きく異なっているため、本報告書は２部構成とし、第１部を持続荷重の影響に関する調査、第２部を寸法効果に関する調査とした。

第１部　持続荷重の作用がコンクリートの引張強度に及ぼす影響

目　次

第１章　研究の背景および目的 …… 1
１．１　はじめに …… 1
１．２　研究の目的 …… 2

第２章　試験概要 …… 3
２．１　使用材料 …… 3
２．２　コンクリートの配合 …… 4
２．３　練混ぜ方法 …… 5
２．４　試験項目 …… 5
２．４．１　直接引張強度の強度発現性状に関する試験 …… 5
２．４．２　持続引張載荷後の直接引張強度試験 …… 5
２．５　試験方法 …… 6

第３章　試験結果および考察 …… 9
３．１　試作した直接引張試験装置の適用性 …… 9
３．２　直接引張強度の強度特性 …… 11
３．２．１　直接引張強度の強度発現性 …… 12
３．２．２　直接引張強度の割裂引張強度との関係 …… 14
３．２．３　直接引張強度の圧縮強度との関係 …… 15
３．２．４　圧縮強度とぜい度係数の関係 …… 16
３．２．５　直接引張強度と直接引張ヤング係数の関係 …… 18
３．２．６　圧縮ヤング係数と直接引張ヤング係数の関係 …… 20
３．２．７　直接引張強度のばらつき …… 20
３．２．８　直接引張試験における応力－ひずみ曲線 …… 21
３．２．９　直接引張試験における破壊性状 …… 22
３．３　持続引張載荷後の直接引張強度 …… 23

第４章　結論 …… 27

参考文献 …… 29
資料集 …… 31

第１章　研究の背景および目的

１．１ はじめに

現在、マスコンクリートの温度ひび割れ対する危険性を評価する場合には、一般に温度ひび割れ指数を用いることによって検討が行われている。温度ひび割れ指数は、コンクリートの引張強度と部材内に発生している温度応力との比で表されており、これらを正確に求めることがひび割れ発生危険度の推定精度向上を目指す上で非常に重要となる。

部材内に発生している温度応力の推定については、温度解析を行った結果を用いて応力解析を実施して求めることになるが、その際必要となるコンクリートの材料物性は、コンクリートの熱特性（断熱温度上昇、熱伝導率、熱拡散率、比熱、熱膨張係数）と力学的性質（強度、ヤング係数、クリープ特性）である。また、コンクリート表面の熱伝達率、外気温や拘束体の温度、拘束条件の与え方（拘束体の材料物性や被拘束体との関係）、および解析方法や解析モデルの選定なども推定精度に大きな影響を及ぼす。このように、温度応力の推定に関係するパラメータは非常に多くかつ相互に関連しており、また物性値によっては測定が難しく、正確な値を求めることが困難なために仮定に頼らざるを得ない物性値もある。さらに、実構造物と供試体レベルの物性値との相違等を含めて考えると、部材内に発生している温度応力を精度良く求めることは非常に難しいことが分かる。

一方、温度ひび割れ指数の分子にあたるコンクリートの引張強度については、平成３年版「コンクリート標準示方書　施工編」（土木学会）のなかで、近似的に引張強度を求める場合の式が圧縮強度の関数の形で提案されおり、これを近似値として用いてよいとしているが、基本的にはあらかじめ試験によって定めるのが望ましいとしている。一般的には、試験方法が簡便であることなどから、JIS A 1113「コンクリートの引張強度試験方法」に規定された方法で得られる割裂引張強度をもとに、積算温度を考慮して算出されたものが使用されている。しかしながら、割裂引張試験は一軸引張応力状態の試験ではないこと、および引張破壊を生じさせる位置を限定していること、さらに、割裂引張強度の算定式は弾性解析によって求められたものであるのに対して、実際の試験は載荷点近傍のコンクリートがつぶれてしまうために仮定と実際の現象とが相違していること等の指摘がなされている。このような理由から、割裂引張強度は直接引張強度とは若干異なる[1]との報告もあり、また、割裂引張試験ではひび割れの発生と最大応力を示す時点とが一致しないため、真の引張強度が得られているのかどうかかなり疑問であると言える。

したがって、ひび割れの発生を引張強度に依存するのであれば、本来、割裂引張試験によって得られた値ではなく、純粋な一軸引張状態の試験（以下、直接引張試験）を行ない検討すべきではないかと思われる。ところが、直接引張試験は規準となる試験方法自体が確立されていない上に、供試体の全長に渡って一様な引張応力を作用させることが難しいことや、載荷装置と供試体の連結方法などの問題もあって、精度良く試験を行うことが難しく信頼できるデータが得にくいといった問題を抱えている。

他方、ひび割れの発生は、コンクリートの引張強度のみで決まるものではなく、引張力に対するヤング係数や引張クリープなどの他の引張特性の影響も関係しているため、これらについても考慮していく必要がある。しかし、例えば、引張応力作用下におけるコンクリートのクリープひずみ特性は、圧縮クリープ特性と

異なるとするもの、あるいは同程度であるとするものなど、見解を異にする研究も見られかつ研究報告自体も多くない[2)]。そのほか、コンクリートが高応力の持続圧縮荷重を受けた場合には、一般にクリープ破壊を生じるとされているが、引張荷重下でのクリープ限の存在やその大きさについては明確な結論は得られていない状況にある[3)]。このように、コンクリートの引張クリープ特性に関して統一した見解が得られていない状況にある理由は、試験の難しさや試験値のばらつきが大きいことの裏返しにも取れるが、基礎的かつ一連の研究があまり行われていないことも一因であると思われる。

したがって、これまで述べてきたように、コンクリートの引張特性はマスコンクリートのひび割れ発生に対する評価に多大かつ直接的に影響を与えるものでありながら、十分には解明されていないのが現状である。

1．2 研究の目的

前記のような背景を考慮し、本試験においては、試作した直接引張試験装置を用いてコンクリートの引張強度特性に関する試験を実施することとし、主に、直接引張強度の強度発現性、養生条件（封緘養生，気中養生および初期に高温履歴を与えた養生）および持続引張載荷が直接引張強度に及ぼす影響について検討することとした。これにより、コンクリートの引張特性の把握とともに、マスコンクリートの温度ひび割れ発生危険度に関する推定精度向上のための基礎資料を得ることが本研究のねらいである。

第２章　試験概要

２．１ 使用材料

セメントは秩父小野田(株)の普通ポルトランドセメントを使用した。表－2.1にセメントの品質を示す。細骨材は静岡県大井川産の川砂を、粗骨材は茨城県笠間市産の砕石2005を使用した。細骨材の物理的性質と粒度分布を表－2.2に、粗骨材の物理的性質と粒度分布を表－2.3に示す。混和剤はＡＥ減水剤標準形の(株)エヌエムビー製ポゾリスNo.70を、空気量の調整には同社製No.303Aを使用した。混和剤の使用方法は、ポゾリスNo.70がセメント１kgに対して2.5mℓ、No.303Aは100倍液を用いて所要の空気量となるよう添加量を調整し、使用した。

表－２．１　セメントの品質

比重	比表面積 (cm^2/g)	水量 (%)	凝結(h-min)		圧縮強さ(kgf/cm^2)			水和熱(cal/g)		化学成分(%)				
			始発	終結	3d	7d	28d	7d	28d	MgO	SO_3	ig. loss	R_2O	Cl^-
3.16	3360	27.6	2-30	3-32	165	273	425	77.0	88.7	1.5	2.0	1.8	0.63	0.006

・秩父小野田株式会社 平成６年11月度 セメント試験成績表より抜粋

表－２．２　細骨材の物理的性質および粒度分布

表乾比重	吸水率 (%)	実積率 (%)	単位容積質量 (kg/ℓ)	洗い試験で失われるものの量(%)	ふるいを通るものの質量百分率(%)						粗粒率
					5mm	2.5mm	1.2mm	0.6mm	0.3mm	0.15mm	
2.62	1.4	69.7	1.80	1.0	98	84	68	48	23	6	2.73

表－２．３　粗骨材の物理的性質および粒度分布

表乾比重	吸水率 (%)	粒形判定実積率 (%)	単位容積質量 (kg/ℓ)	ふるいを通るものの質量百分率(%)				粗粒率
				20mm	15mm	10mm	5mm	
2.67	0.5	60.3	1.61	98	81	33	8	6.61

2．2 コンクリートの配合

コンクリートの配合は、水セメント比を60%とし、スランプ８cm、空気量４%を目標に試験練りを行い表－2.4のように定めた。表－2.5に各試験ごとのフレッシュコンクリートの性状を示す。なお、表－2 5中に示した持続引張載荷後の直接引張強度試験におけるバッチ名については、表－2.6の試験名を参照のこと。

表－２．４　コンクリートの示方配合

水セメント比 W／C (%)	細骨材率 s／a (%)	単位量 (kg/m³)					AE減水剤 (cc)
		水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G1	粗骨材 G2	
60.0	46.0	158	263	866	622	414	658 (C×0.25vol.%)

注）粗骨材の粒度範囲は、Ｇ１が20～13mm、Ｇ２が13～5mmである。

表－２．５　フレッシュコンクリートの性状

試験の種類		バッチ名	スランプ (cm)	空気量 (%)	練り上がり温度 (℃)
直接引張強度の強度発現性状に関する試験		1	8.5	5.0	19.5
		2	8.5	3.8	19.5
		3	8.5	3.7	19.8
		4-1	7.5	3.7	20.5
		4-2	9.5	3.4	20.5
		5	8.5	3.8	20.8
		6-1	9.0	3.4	19.9
		6-2	9.0	3.2	18.3
		7	10.0	3.9	21.0
		8	9.0	3.5	19.4
持続引張載荷後の直接引張強度試験	ｼﾘｰｽﾞ I	C-1, 2	8.5	3.6	21.2
		C-3, 4	9.0	3.8	21.6
		C-5, 6	9.0	4.2	21.9
		C-7, 8	7.0	3.0	20.6
		C-9, 10	6.0	3.8	21.5
		C-11, 12	9.0	3.8	17.8
	ｼﾘｰｽﾞ II	C-101, 102	8.0	4.1	21.4
		C-103, 109	9.0	3.6	22.0
		C-104, 105	9.0	4.6	22.0
		C-106, 110	9.0	4.1	21.7
		C-107, 108	9.5	4.2	19.8

2.3 練混ぜ方法

練混ぜは100ℓパン型強制練りミキサを用いて行い、1バッチの練混ぜ量を70ℓまたは80ℓもしくは85ℓのいずれかとし、試験に必要な容積となるよう1～3バッチで必要量を確保した。練混ぜ方法は、粗骨材、セメント、細骨材の順にミキサへ投入したあと空練りを20秒行い、混和剤入りの水を投入したのち2分間練混ぜを行った。

2.4 試験項目

実施する試験を大きく二つに分けると、直接引張強度の強度発現性状を把握するための試験と、持続引張載荷後の直接引張強度試験に分けられる。以下に各試験の概要を示す。

2.4.1 直接引張強度の強度発現性状に関する試験

直接引張強度の強度発現性状を把握するための試験では、直接引張強度と合わせて他の強度特性との関係も調べるために割裂引張強度試験および圧縮強度試験を行った。また、各強度試験時にはほとんどの供試体でひずみの測定を同時に実施した。

加えて、養生条件が直接引張強度に及ぼす影響についても調べるために、封緘養生（材齢1日で脱型後供試体をサランラップで密封し、温度20℃、相対湿度60%の恒温恒湿室に静置）を主として、そのほか気中養生（材齢1日で脱型後供試体をその状態のまま、温度20℃、相対湿度60%の恒温恒湿室に静置）、および高温履歴を与えて初期の水和を促進させた養生（供試体を成形したのち直ちに温度40℃の槽内に入れて材齢1日で脱型し、以降材齢2日まで40℃封緘養生を行い、その後は温度20℃、相対湿度60%の恒温恒湿室に静置（以後、高温養生と呼ぶ））、以上3種類の養生条件における直接引張強度の強度発現性状を調べた。また、標準水中養生についても一部の材齢で試験を実施した。なお、強度試験における一組の供試体の本数は3本としたが、表－2.5中に示した各バッチ名のコンクリート間における強度変動を確認するための供試体については、練混ぜ量の制限から2本または3本とした。

2.4.2 持続引張載荷後の直接引張強度試験

持続引張載荷後の直接引張強度試験は、持続引張荷重を導入する材齢および導入時の応力強度比を表－2.6の通りとした。試験の手順は、各試験条件につき6本の供試体を用いて、所定の材齢で所定の応力強度比となるよう引張荷重を導入し、シリーズⅠは材齢3日、シリーズⅡでは材齢7日までこの荷重を保持したのち直接引張強度の測定を行なった。

表－2．6　持続引張載荷後の直接引張強度試験における試験条件

試験区分	載荷材齢	養生条件	応力強度比(%)	試験名
シリーズⅠ	12h	封緘	40	C－1
			55	C－2
			70	C－3
			85	C－4
	18h		40	C－5
			55	C－6
			70	C－7
			85	C－8
	24h		40	C－9
			55	C－10
			70	C－11
			85	C－12
シリーズⅡ	2日	封緘	55	C－101
			70	C－102
			85	C－103
		高温	70	C－107
			85	C－108
		気中	85	C－109
	4日	封緘	55	C－104
			70	C－105
			85	C－106
		気中	85	C－110

2．5 試験方法

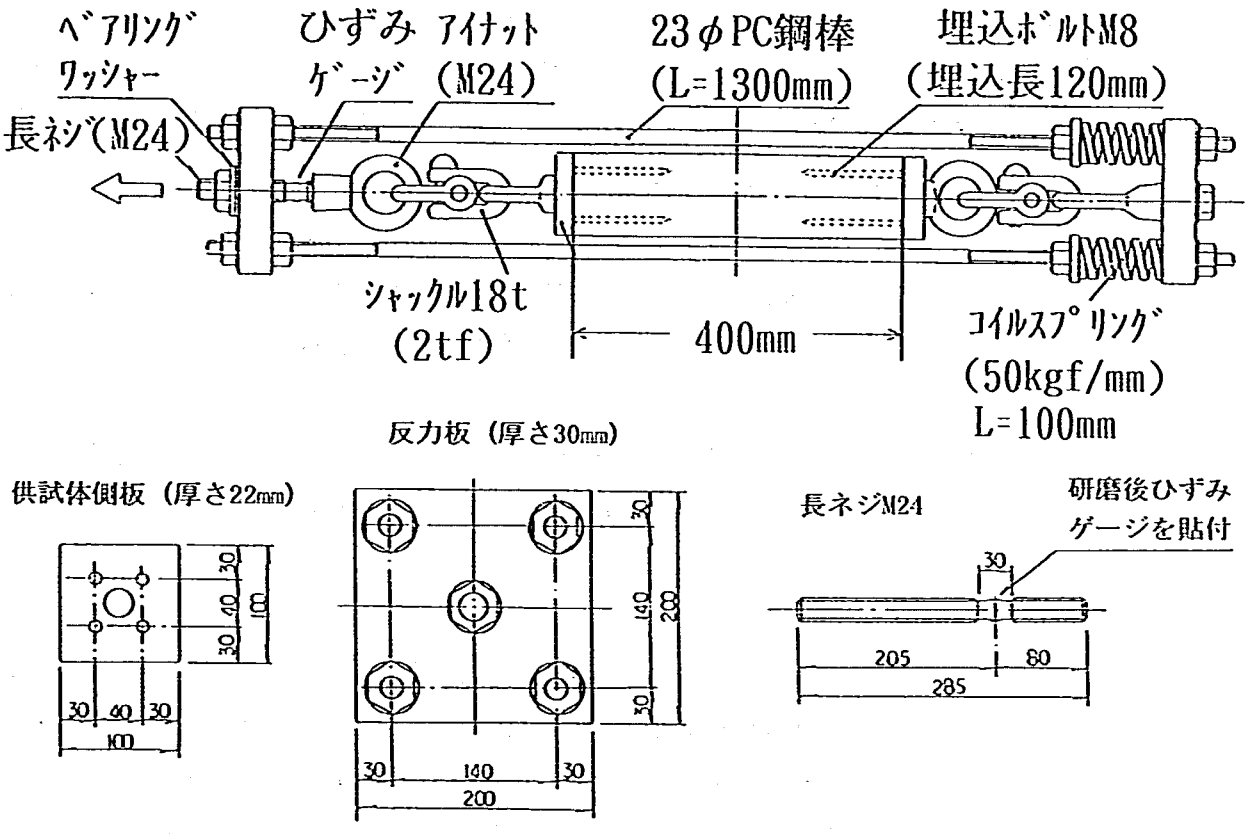
試験方法は以下の通りとした。

（1）直接引張強度：10×10×40cmの角柱供試体を使用し、図－2.1に示す試作した装置を用いて直接引張強度の測定を行った。型枠の端面には、直径8mm、長さ120mmの、ネジ山の付いたボルト（ただし先端部の尖らせた部分にはネジ山は付いていない）4本を図－2.1に示した位置に固定し、ひとつの供試体につき両端合わせて8本のボルトを埋め込むかたちとした。したがって、このボルトとコンクリートとの付着力により引張力が伝達できるようになっている。引張載荷の方法は、図－2.1に示されたベアリングワッシャー側の長ネジをクローズドレンチを用いて回転させることにより行い、載荷速度は簡単かつ割裂引張試験に近くなるように、1秒間に10kgfの荷重速度（毎分6kgf/cm^{2}の応力速度）とした。荷重の検出については、アイナットにひずみゲージを貼り付け、これをロードセルとして使用することにより行った。

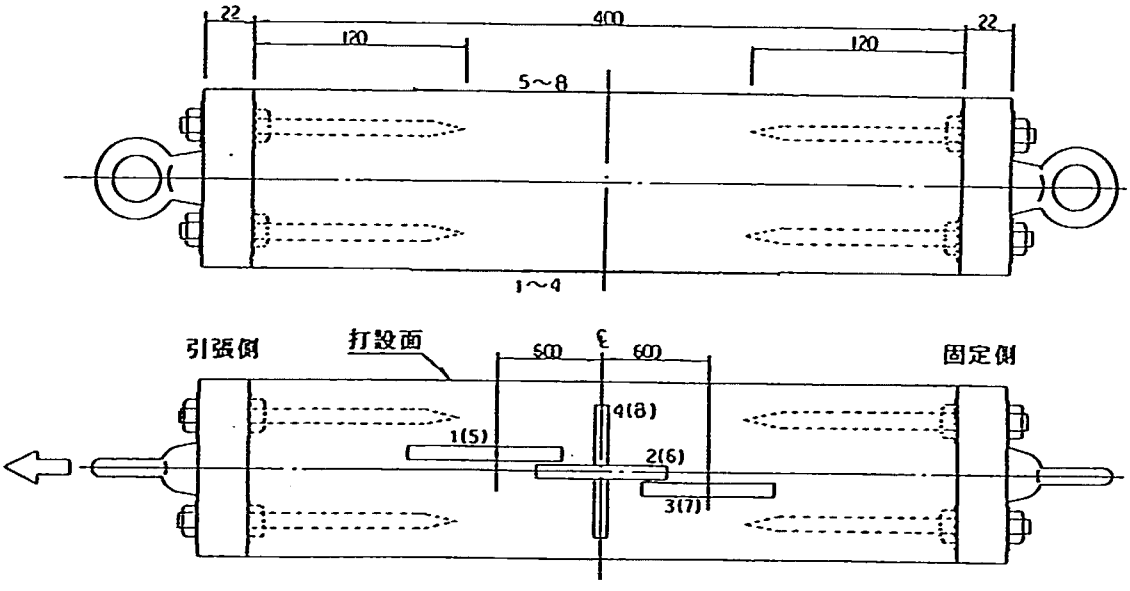
直接引張ヤング係数の測定には、図－2.2に示すように供試体側面（打込み面に対して鉛直な面）の引張載荷方向に60mmゲージを3枚（気中および高温養生では中心部に1枚）、およびその直交方向中心部に1枚を貼り付けた。なお、試験を行う材齢は以下の通りとした。

封緘養生：12時間、18時間、1、2、3、4、5、7、14、28日

気中および高温養生：2、3、4、7、14、28日



図－２．１　直接引張試験に用いた装置の概要



・図中の１ケタの数字はゲージNo.を表し、
括弧付きは裏面のゲージNo.を表す。

図－２．２　直接引張試験用供試体に貼り付けたゲージの位置

（2）割裂引張強度：15φ×20cmの供試体３本を使用し、JIS A 1113「コンクリートの引張強度試験方法」に準じて試験を行った。さらに、割裂引張試験における応力ーひずみ曲線を得るため、供試体端面の加圧部を結んだ線に対して直交する方向の中心部に長さ60mmのひずみゲージを貼り付けて測定を行った。

（3）圧縮強度　：10φ×20cmの供試体３本を使用し、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準じて試験を行なった。試験を行う材齢は直接引張強度試験と同様とした。

（4）静弾性係数　：土木学会基準「コンクリートの静弾性係数試験方法（案）」に準じて試験を行なった。ひずみゲージは長さ60mmのものを使用し、試験を行う材齢は直接引張強度試験と同様とした。

（5）乾燥収縮　：コンクリートの長さ変化は、脱型後材齢３箇月まで、埋め込みゲージを埋設した10×10×40cmの供試体３本を使用して自動測定により行なった。ただし供試体の保存条件は、臭化ナトリウムを用いて相対湿度を60±5%に保つ方法（JIS A 1129「モルタル及びコンクリートの長さ変化試験方法」に記載された供試体の保存方法）に加え、前記の封緘養生および気中養生と同じ方法で保存した場合の３種類とし、重量変化の測定は行わず長さ変化のみを測定することとした。

第３章　試験結果および考察

３．１ 試作した直接引張試験装置の適用性

大抵の場合、コンクリートの引張強度と言えば JIS A 1113に規定された試験方法によって得られる「割裂引張強度」を指すことが多いが、直接引張強度については基準となる試験方法が確立されていない状況にあるため、可能な限り高い精度を有する直接引張試験用の装置を独自に考案する必要がある。

装置を試作する際に具体的に問題となる要因の一つとしては、供試体の形状と合わせて、供試体端部の構造をどうするかが挙げられる。直接引張試験におけるこれまでのおもな研究によれば、数多く見受けられる供試体端部の構造のタイプは、供試体端部を拡大しこの部分をつかんで引っ張るもの、端部を拡大せずボルトを埋め込むことによってその付着力により引張力を伝達させるもの、および両者の複合タイプなどがあり、それぞれの方法には一長一短がある。供試体形状に拡大部を持つものは、形状の変化部に生じる応力集中のためにその部分で破断しやすく、また、その形状の影響による応力集中を極力避けようとすると供試体を長くしなければならないため、取り扱いが大変となるだけでなく試験精度にも影響がでてくる。一方、供試体にボルトを埋め込む方法は、ボルト先端部で内部応力が不連続的に変化することや、ボルト先端部とコンクリートとの付着が良くない場合もあってその部分で破断し易い傾向があると言われている。

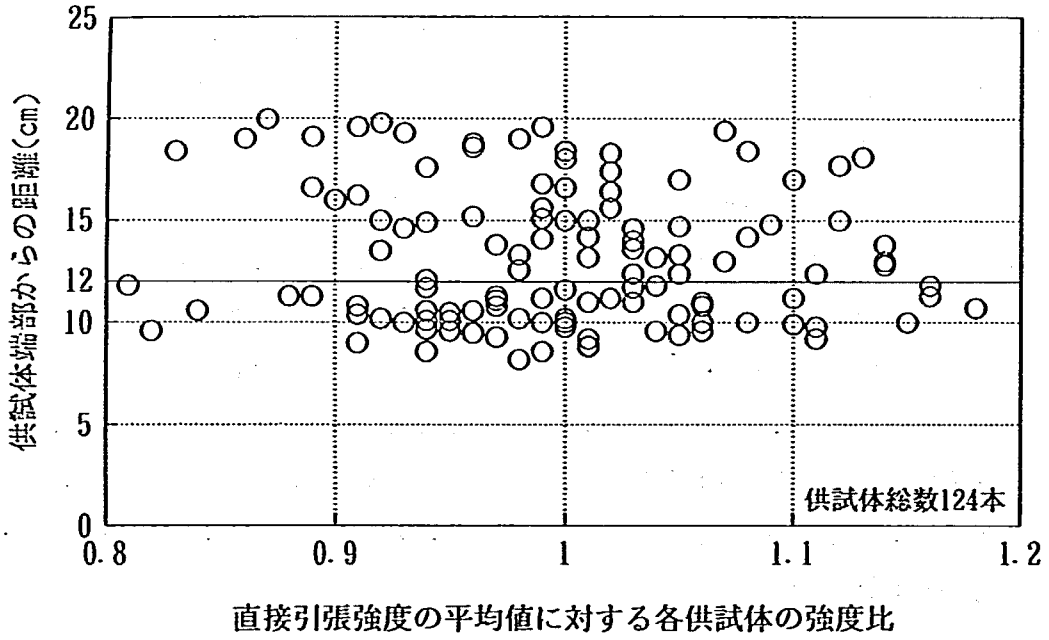
本研究においては、供試体形状の断面変化によって生じる応力集中を考慮する必要のないように、さらに既存の型枠を利用できないかを考え、曲げ強度試験で使用されている10×10×40cmの角柱供試体を用いることとし、ネジ山を有するボルトを供試体端部に埋め込む方法を採用することとした。この方法によると、先の理由によってボルト先端部が露出するような破断を起こした場合には、正しい直接引張強度が得られていない可能性が考えられる。そこで、本研究で採用した直接引張強度試験方法の適用性を確認するために、埋め込みボルトの先端部が露出して破断したものと、そうでないものについての関係を調べた。表－3.1に各試験における両者の破断本数を示す。

表－３．１　各試験別の供試体の破断状況

試験の種類		持続載荷	ボルト露出型の破断（本）	コンクリート部分での破断　（本）	計
強度発現性状に関する試験	封緘	無	16（39%）	25（61%）	41
	気中		9（50%）	9（50%）	18
	高温		6（25%）	18（75%）	24
持続載荷後の直接引張強度試験	ｼﾘｰｽﾞ Ⅰ	有	31（37%）	53（63%）	84
		無	8（40%）	12（60%）	20
	ｼﾘｰｽﾞ Ⅱ	有	28（47%）	32（53%）	60
		無	14（67%）	7（33%）	21
計			112（42%）	156（58%）	268

この表を見ると、供試体総数268本のうち、コンクリートのみの部分で破断したものは156本（58%）であった。残り112本（42%）は、ボルトの先端部が１～２cm程度露出して破断しており（露出したボルトの本数は１本ないし４本）、ボルトの中間辺りでコンクリートが破断するような極端な破壊形態は皆無であった。この結果によると、本研究において採用した試験方法では、３本一組の供試体で試験を行った場合単純に考えて１本はボルト先端部の露出を伴う破断が起こると言える。

さらに、両破壊形式と直接引張強度との関係を把握するため（持続載荷を与えた供試体は除く）、試験によって得られた直接引張強度の各平均値に対する個々の供試体の強度比を計算し、それらの値を破断位置（供試体端部からの距離）によってプロットしたものを図－3.1に示した。図中の破断位置12cmのラインがボルト先端部の位置を示しており、このラインより下方にプロットされたものがボルトの露出を伴う破断を表している。



図－３．１　直接引張強度と破断位置の関係

この図によると、破断位置と直接引張強度との間に特異な傾向は見られないようである。そこで、ボルト露出型の破断とコンクリート部分での破断に分けて強度比の平均値および標準偏差をそれぞれ計算したところ、平均値は1.00と全く等しくなり、標準偏差についても両破壊形式による差はほとんど見られなかった。

したがって、この結果から、本研究で採用した直接引張強度試験方法は破壊形式の違いによる直接引張強度への影響はほぼないものと判断し、以後本試験の解析を行うにあたり、コンクリート部分で破断したものとボルト先端部の露出を伴って破断したものを特に区別せずに扱うこととした。

3．2 直接引張強度の強度特性

表－3.2、表－3.3および表－3.4に、それぞれ封緘、気中および高温養生における各種強度と強度比（直接引張／割裂引張、圧縮／直接引張および圧縮／割裂引張）を示す。

表－3．2　封緘養生におけるコンクリートの強度および強度比

養生条件	材齢(日)	強度 (kgf/cm²)			強度比		
		直接引張強度	割裂引張強度	圧縮強度	直接／割裂	圧縮／直接	圧縮／割裂
封緘	0.417	－	0.95(4-1)	6.07(4-1)	－	－	6.4
	0.500	1.28(4-2)	1.39(4-2)	11.5(4-2)	0.92	9.0	8.3
	0.625	－	3.10(4-2)	21.6(4-2)	－	－	7.0
	0.750	5.53(4-2)	4.83(4-2)	35.5(4-2)	1.14	6.4	7.4
	0.875	－	6.58(4-2)	49.1(4-2)	－	－	7.5
	1	10.9(1)	9.37(1)	67.0(1)	1.16	6.2	7.2
		－	－	58.6(4-2)	－	－	－
	2	19.2(1)	16.0(1)	131(1)	1.20	6.8	8.2
	3	22.2(1)	20.2(1)	176(1)	1.10	7.9	8.7
	4	27.0(3)	22.9(3)	239(3)	1.18	8.9	10.4
	5	20.9(2)	24.8(2)	225(2)	0.84	10.8	9.1
	7	23.9(1)	27.6(1)	281(1)	0.87	11.8	10.2
		－	－	255(2)	－	－	－
		－	－	273(3)	－	－	－
	14	28.4(1)	30.9(1)	299(1)	0.92	10.5	9.7
		28.8(7)	31.0(7)	324(7)	0.93	11.3	10.5
	28	22.5(7)	33.3(7)	370(7)	0.68	16.4	11.1
		－	－	334(2)	－	－	－
		－	－	377(4-2)	－	－	－
	29	25.3(1)	36.4(1)	365(1)	0.70	14.4	10.0

注）括弧内の数値はバッチ名を表す。

表－3．3　気中養生におけるコンクリートの強度および強度比

養生条件	材齢(日)	強度 (kgf/cm²)			強度比		
		直接引張強度	割裂引張強度	圧縮強度	直接／割裂	圧縮／直接	圧縮／割裂
気中	2	14.5(6-1)	15.6(6-1)	152(6-1)	0.93	10.5	9.7
		－	14.4(5)	143(5)	－	－	9.9
	3	17.4(6-1)	18.2(6-1)	191(6-1)	0.96	11.0	10.5
	4	16.7(5)	20.3(5)	204(5)	0.82	12.2	10.1
		－	20.8(6-1)	216(6-1)	－	－	10.4
	5	－	21.9(6-1)	225(6-1)	－	－	10.3
	7	15.1(5)	24.7(5)	242(5)	0.61	16.0	9.8
		－	22.4(6-1)	249(6-1)	－	－	11.1
	14	18.3(8)	27.0(8)	299(8)	0.68	16.3	11.1
		－	26.8(6-1)	290(6-1)	－	－	10.8
	28	20.9(8)	29.6(8)	306(8)	0.71	14.6	10.3
		－	30.0(5)	280(5)	－	－	9.3
		－	26.0(6-1)	280(6-1)	－	－	10.8

注）括弧内の数値はバッチ名を表す。

表－3．4　高温養生におけるコンクリートの強度および強度比

養生条件	材齢(日)	強度 (kgf/cm²)			強度比		
		直接引張強度	割裂引張強度	圧縮強度	直接／割裂	圧縮／直接	圧縮／割裂
高温	2	21.4(6-2)	23.8(6-2)	221(6-2)	0.90	10.3	9.3
		－	18.6(5)	190(5)	－	－	10.2
	3	26.8(6-2)	24.8(6-2)	237(6-2)	1.08	8.8	9.6
	4	26.1(6-2)	25.2(6-2)	238(6-2)	1.04	9.1	9.4
		22.5(5)	24.1(5)	249(5)	0.93	11.1	10.3
	5	－	24.9(6-2)	258(6-2)	－	－	10.4
	7	28.7(6-2)	26.3(6-2)	268(6-2)	1.09	9.3	10.2
		25.0(5)	27.0(5)	273(5)	0.93	10.9	10.1
	14	27.2(8)	26.6(8)	321(8)	1.02	11.8	12.1
		－	28.2(6-2)	290(6-2)	－	－	10.3
	28	30.5(8)	29.7(8)	355(8)	1.03	11.6	12.0
		－	33.0(5)	320(5)	－	－	9.7
		－	31.7(6-2)	342(6-2)	－	－	10.3

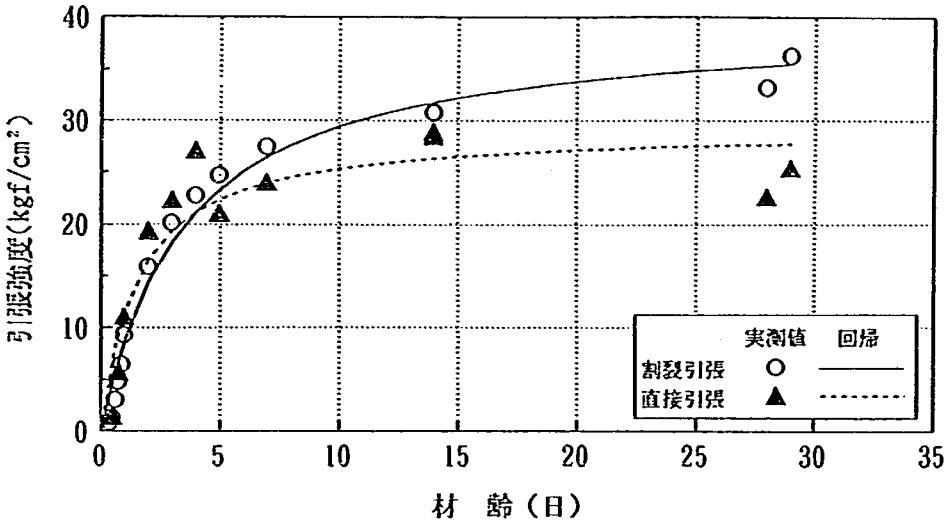
注）括弧内の数値はバッチ名を表す。

3．2．1　直接引張強度の強度発現性

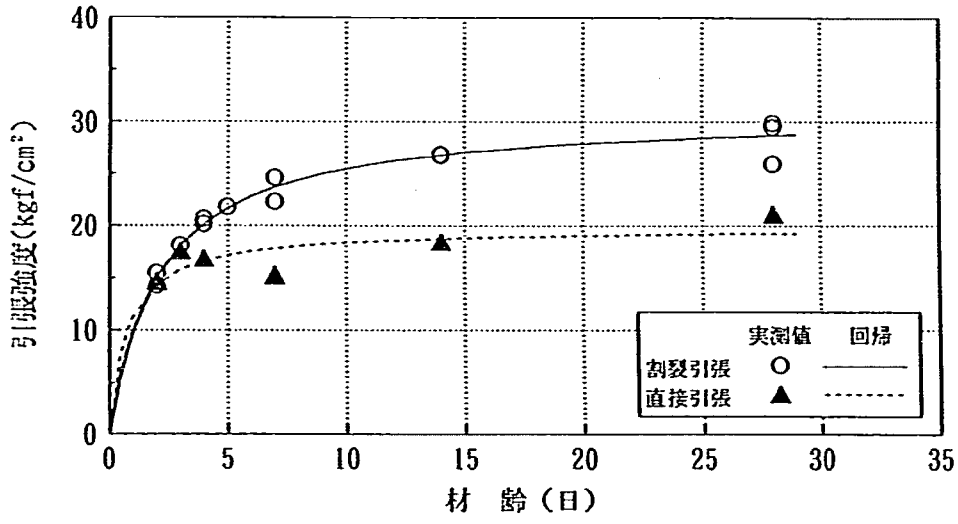
図－3.2、図－3.3、図－3.4に、それぞれ封緘、気中、高温養生を行った場合の、直接引張強度と割裂引張強度の強度発現を示す。

封緘養生の場合、割裂引張強度では材齢28日まで強度の増進が認められるのに対し、直接引張強度は材齢14日で頭打ちとなり、材齢28日では材齢14日に対して約10%の強度低下が見られた。材齢14日から材齢28日にかけてのこの強度低下は再試験においても示された（再試験における強度低下率は22%）。さらに、標準水中養生を行った供試体についても８%の強度低下が見られた。なお、強度は３本の供試体の平均値で表されているため、例えば偶然その内の１本の値が極端に低かったために、その結果としてそれ以前の材齢の強度より低くなってしまい、本質的に強度低下が起こっているわけではない場合も考えられるが、本試験の結果ではそのようなことはなかった。一方、気中養生は、封緘養生よりも表面の収縮応力が大きくなると思われ、また著しい乾燥を受けたコンクリートは、一般に長期での強度が低下することが考えられるため、封緘養生以上に直接引張強度の強度低下が生じるのではないかと予想されたがそのような傾向は認められなかった。ただしバッチによっては、割裂引張強度や圧縮強度の強度低下が一部に見られた。なお、高温養生では封緘養生の場合に見られるような直接引張強度の低下は認められず、割裂引張強度および圧縮強度についても同様であった。

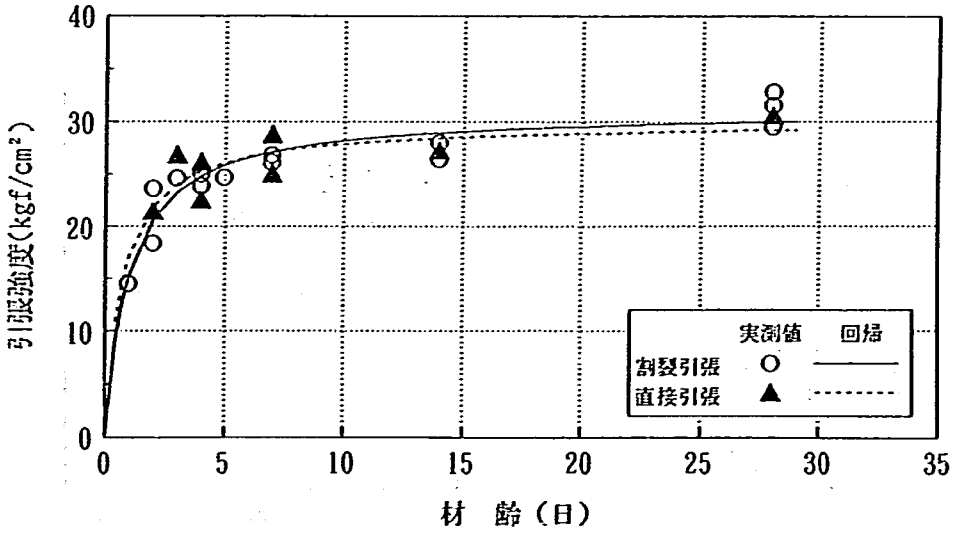
実際、強度はセメントの水和の程度だけで決まるような単純なものではなく、自由水の含有量[4]（表面エネルギーに関係する）や、これと関連して表面の収縮応力の程度など様々な要因が影響を及ぼし合いながら、また要因によっては強度を高くする方向にも低くする方向にも働くものがあり、これらの影響を受けた結果として得られるものである。したがって本試験の結果によると、直接引張強度は、水和の程度以外の強度に影響を及ぼす因子が卓越しやすい傾向があるために、養生方法によっては強度の低下現象のようなことが起こったのではないかと考えられる。



図－３．２　直接引張強度および割裂引張強度の強度発現（封緘養生）



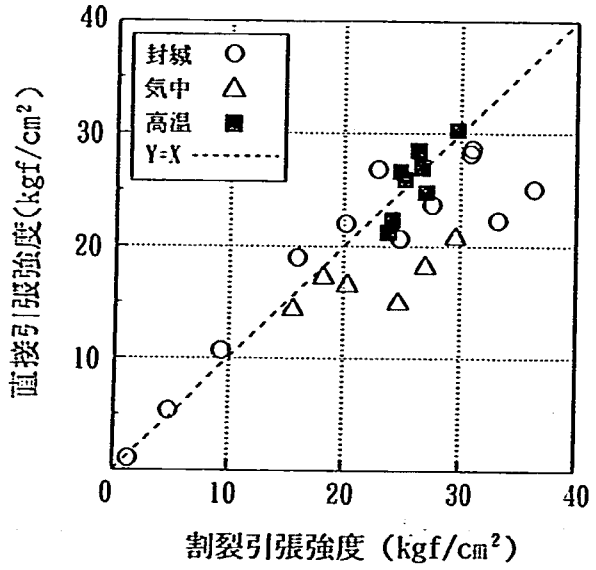
図－３．３　直接引張強度および割裂引張強度の強度発現（気中養生）



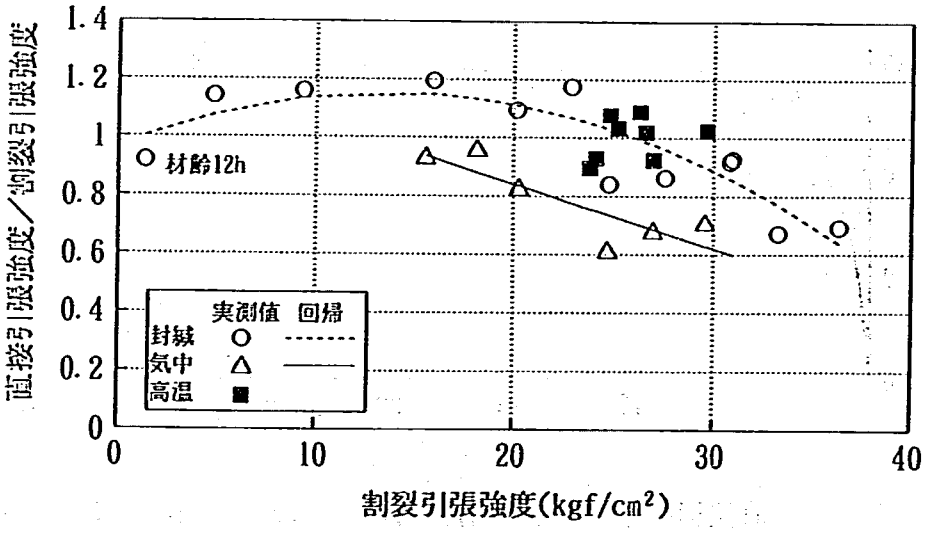
図－３．４　直接引張強度および割裂引張強度の強度発現（高温養生）

3．2．2 直接引張強度の割裂引張強度との関係

図－3.5に割裂引張強度と直接引張強度の関係を示し、図－3.6には、割裂引張強度に対する直接引張強度の比を、割裂引張強度の強度レベルによってプロットしたものを示した。図－3.6によれば、封緘養生では直接引張強度が1kgf/cm²程度といったごく初期（材齢12時間）では割裂引張強度を下回っているものの、以降割裂引張強度が20kgf/cm²程度までは約1.1～1.2倍と上回っている。しかし、割裂引張強度がさらに大きくなっていくと、即ち材齢が進むにつれて割裂引張強度を下回るようになり、材齢28日では割裂引張強度の約0.7倍となった。一方、気中養生では、直接引張強度は割裂引張強度を常に下回り、割裂引張強度の上昇とともにこれに対する比は低下し、材齢28日では封緘養生と同様に割裂引張強度の約0.7倍となった。なお、同一割裂引張強度において封緘養生と比較した場合には、気中養生の直接引張強度は常に低い傾向を示していた。高温養生においては、得られた試験値の範囲が狭く多少のばらつきが見られるものの、直接引張強度は概ね割裂引張強度程度を示していると考えられる。



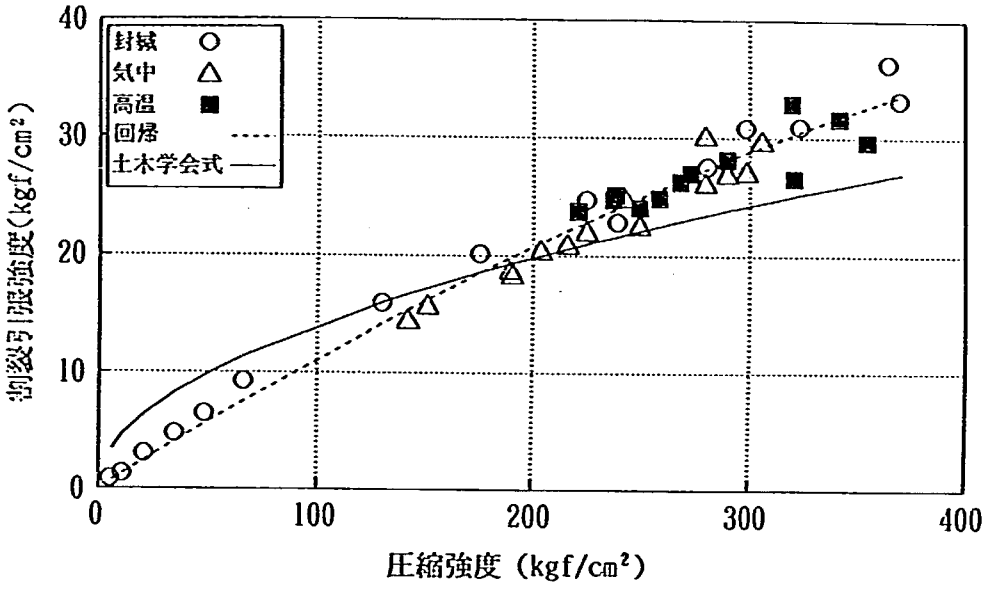
図－3．5　割裂引張強度と直接引張強度の関係



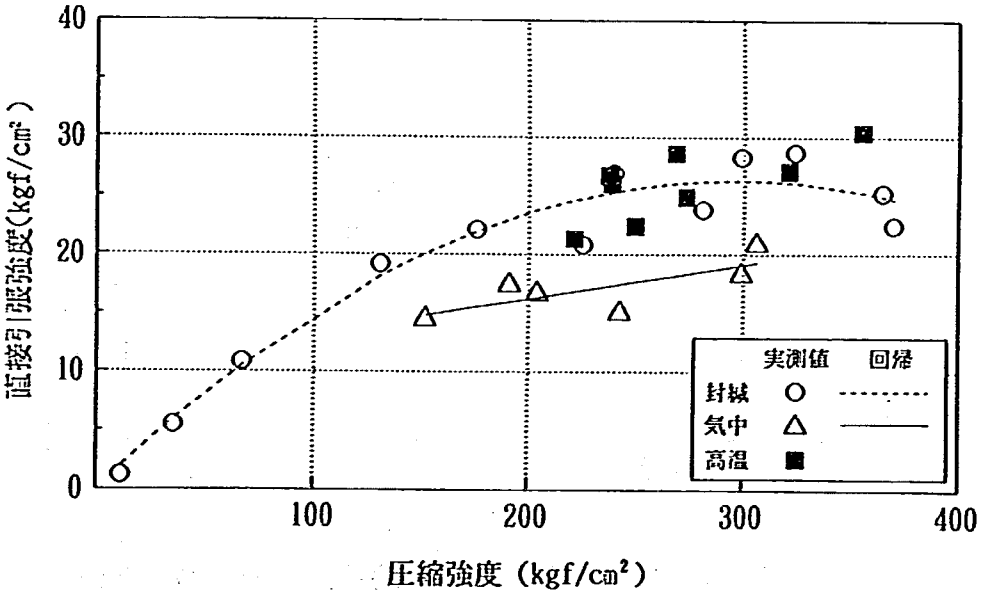
図－3．6　割裂引張強度に対する直接引張強度の比

3．2．3 直接引張強度の圧縮強度との関係

図－3.7に圧縮強度と割裂引張強度の関係を、図－3.8には圧縮強度と直接引張強度の関係を示す。図－3.7によれば、圧縮強度と割裂引張強度の関係は土木学会の近似式とはやや相違するものの、養生方法に関係なく１本の二次曲線で近似することがほぼ可能であると考えられる。それに対し、圧縮強度と直接引張強度の関係は養生方法による違いが見られ、封緘養生と高温養生は同一の曲線で近似してもよいと考えられるが、気中養生については別に扱う必要があり、同一圧縮強度において５～10kgf/cm²程度低い直接引張強度を示していた。



図－３．７　圧縮強度と割裂引張強度の関係



図－３．８　圧縮強度と直接引張強度の関係

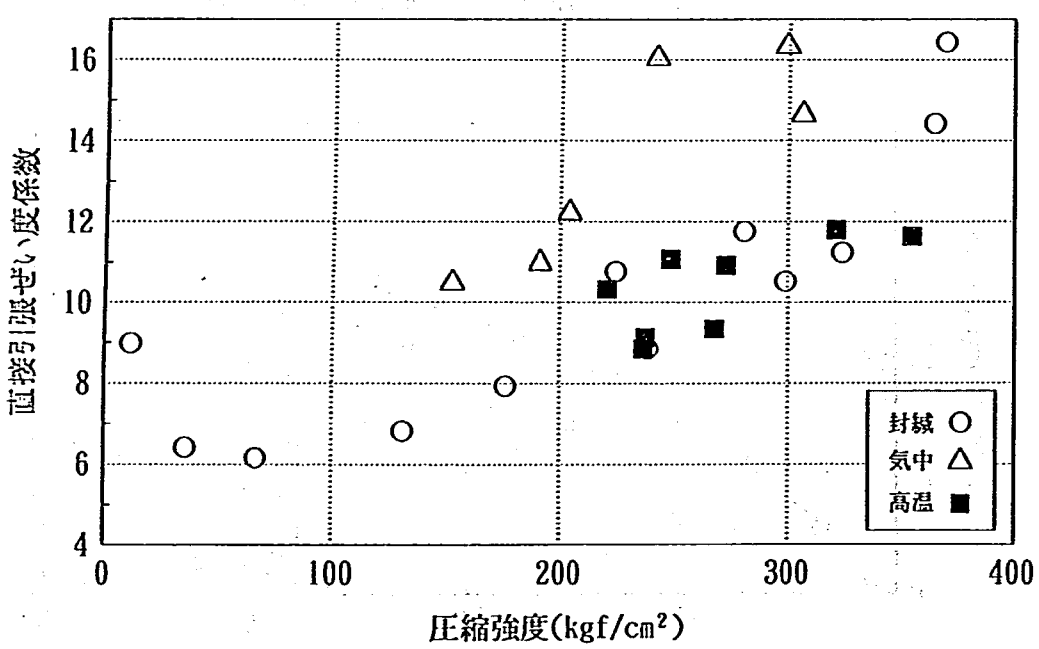
3．2．4 圧縮強度とぜい度係数の関係

ぜい度係数はコンクリートの圧縮強度に対する引張強度の比と定義されており、この時用いられる引張強度は割裂引張強度とは限らず、直接引張強度あるいは曲げ強度いずれでもよい。したがってこれらの違いを区別するため、ここでは、引張強度として直接引張強度を用いた場合を直接引張ぜい度係数、割裂引張強度を用いた場合を割裂引張ぜい度係数と呼ぶことにする。

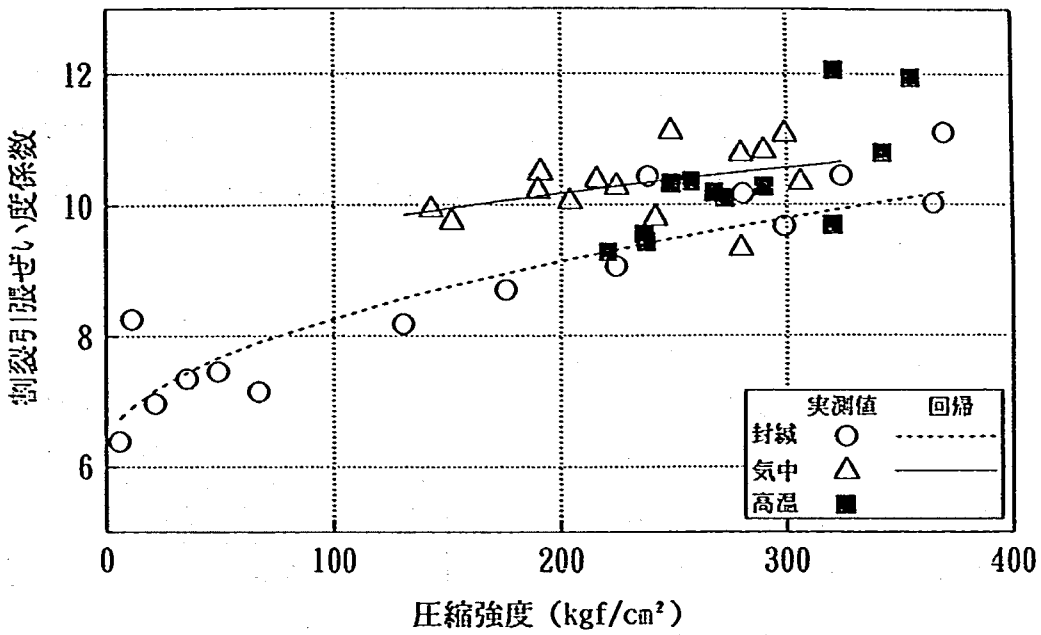
表－3.5に各養生方法別に見た場合の、圧縮強度0～400kgf/cm²の範囲における両ぜい度係数の範囲を示した。また、図－3.9に圧縮強度と直接引張ぜい度係数の関係を、図－3.10に圧縮強度と割裂引張ぜい度係数の関係を、さらに、図－3.11に両ぜい度係数を同一のグラフ上にプロットしたものを示す。

表－3．5　各養生条件におけるぜい度係数の範囲

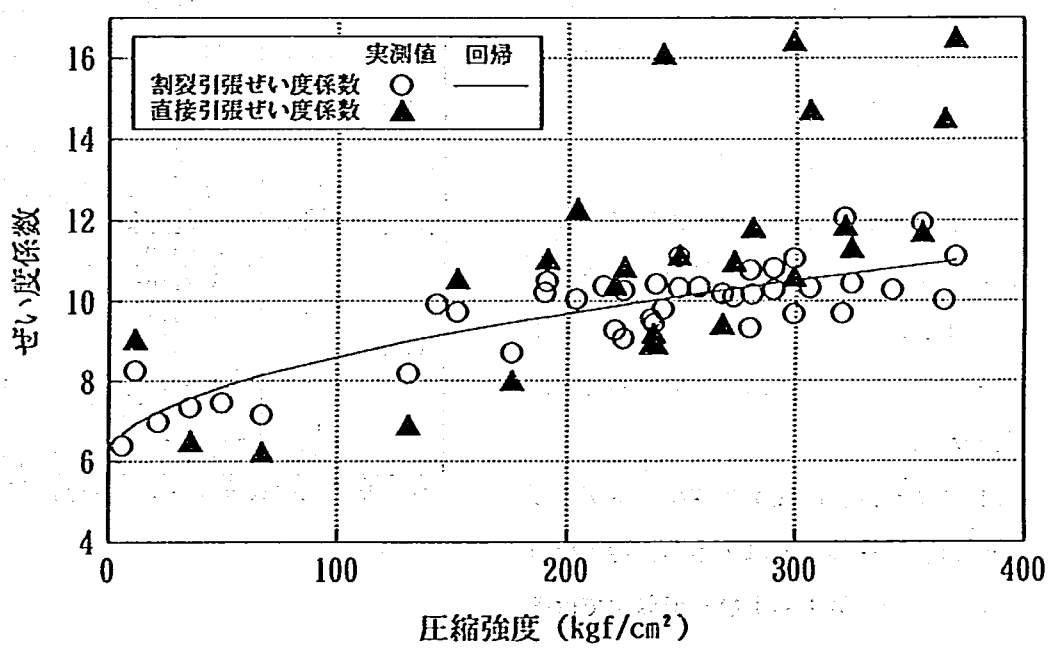
養生条件	直接引張ぜい度係数	割裂引張ぜい度係数
封緘	6.2～16.4	6.4～11.1
気中	10.5～16.3	9.3～11.1
高温	8.8～11.8	9.3～12.1
全体	6.2～16.4	6.4～12.1



図－3．9　圧縮強度と直接引張ぜい度係数の関係



図－３．１０　圧縮強度と割裂引張ぜい度係数の関係



図－３．１１　圧縮強度とぜい度係数の関係

表－3.5によれば、直接引張ぜい度係数は6.2～16.4、割裂引張ぜい度係数は6.4～12.1の範囲にあり、直接引張ぜい度係数の最大値の方が大きくなっている。また、図－3.9および図－3.10を同一圧縮強度で眺めてみると、気中養生のものは他の養生方法と比較して直接引張ぜい度係数および割裂引張ぜい度係数ともに大きな値となっている。

一方、図－3.11によれば、圧縮強度の強度レベルが変化しても割裂引張ぜい度係数の値は回帰線±１程度の範囲に分布しているのに対し、直接引張ぜい度係数においては圧縮強度が200kgf/cm^{2}を超えたあたりから同一圧縮強度で９～16程度と広い範囲に分布し、圧縮強度と直接引張ぜい度係数の間に明瞭な相関が認められなくなることがわかる。

３．２．５ 直接引張強度と直接引張ヤング係数の関係

図－3.12に圧縮強度と圧縮ヤング係数の関係を、図－3.13には直接引張強度と直接引張ヤング係数の関係を示す。また、表－3.6に直接引張ヤング係数と圧縮ヤング係数の値を示した。表中の圧縮ヤング係数は、通常使用されている、圧縮強度の1/3の点と圧縮ひずみ50μの点を結んだときの傾きを表す割線ヤング係数である。直接引張ヤング係数については、最大荷重近くのプロットを除けば、応力ひずみ曲線は直線に近いものがかなり多かったため、直線で近似するには不適当と判断されるようなごく最初の点を除いて簡単のため直線回帰を行い、このときの傾きを直接引張ヤング係数として用いることとした。

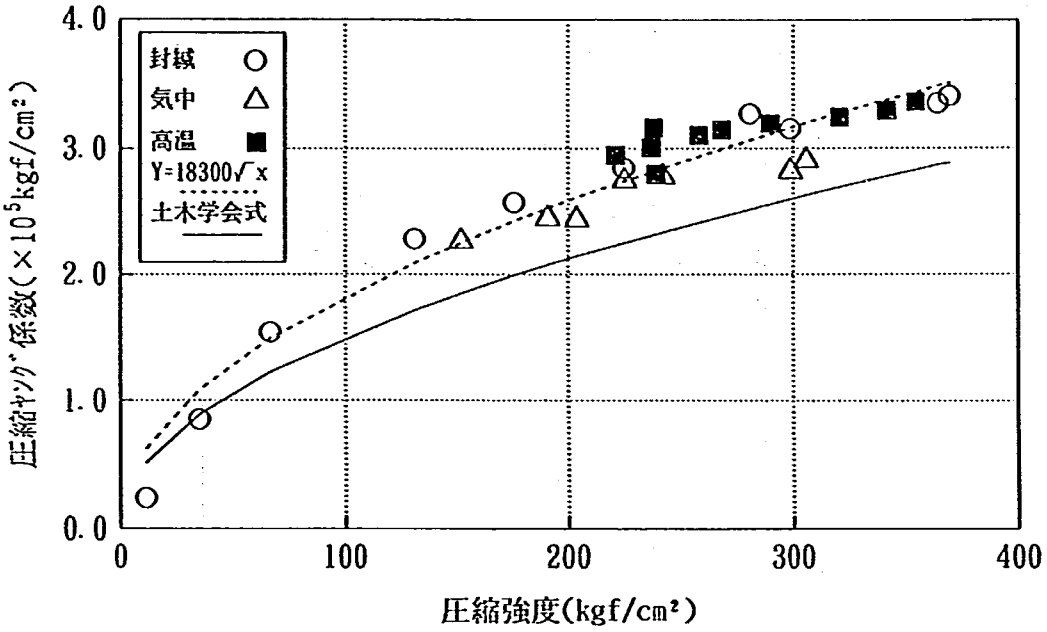
圧縮の場合、強度とヤング係数の関係は相関があるため、土木学会においても近似式が提案されている。図－3.12によれば、本試験の値は土木学会の近似式のラインよりもやや上方にプロットされているが、養生条件に関係なく一本の回帰曲線でほぼ近似することが可能であると思われる。

一方、図－3.13によれば、直接引張強度と直接引張ヤング係数の関係は、封緘養生では１本の直線でほぼ表すことができるものの、気中および高温養生ではそれらの関係がやや判然としなくなる傾向となった。

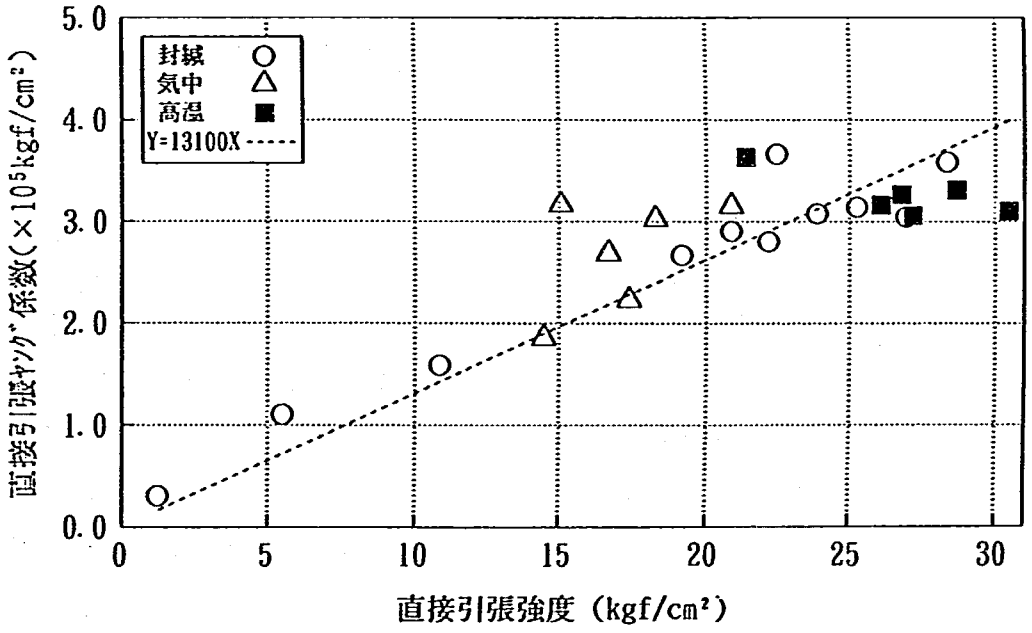
表－３．６　コンクリートのヤング係数

養生条件	材齢（日）	ヤング係数（×10^{5}kgf/cm^2） 直接引張	圧　縮
封緘	0.50	0.31(4-2)	0.24(4-2)
	0.75	1.11(4-2)	0.85(4-2)
	1	1.59(1)	1.54(1)
	2	2.67(1)	2.28(1)
	3	2.81(1)	2.57(1)
	4	3.05(3)	2.79(3)
	5	2.91(2)	2.84(2)
	7	3.08(1)	3.27(1)
	14	3.59(1)	3.15(1)
	28	3.67(7)	3.41(7)
	29	3.15(1)	3.35(1)
気中	2	1.86(6-1)	2.26(6-1)
	3	2.23(6-1)	2.44(6-1)
	4	2.69(5)	2.43(5)
	5	－	2.74(6-1)
	7	3.17(5)	2.77(5)
	14	3.03(8)	2.81(8)
	28	3.16(8)	2.90(8)
高温	2	3.64(6-2)	2.94(6-2)
	3	3.27(6-2)	3.00(6-2)
	4	3.17(6-2)	3.16(6-2)
	5	－	3.10(6-2)
	7	3.32(6-2)	3.14(6-2)
	14	3.07(8)	3.19(6-2)
	28	3.11(8)	3.29(6-2)

注）括弧内の数値はバッチ名を表す。



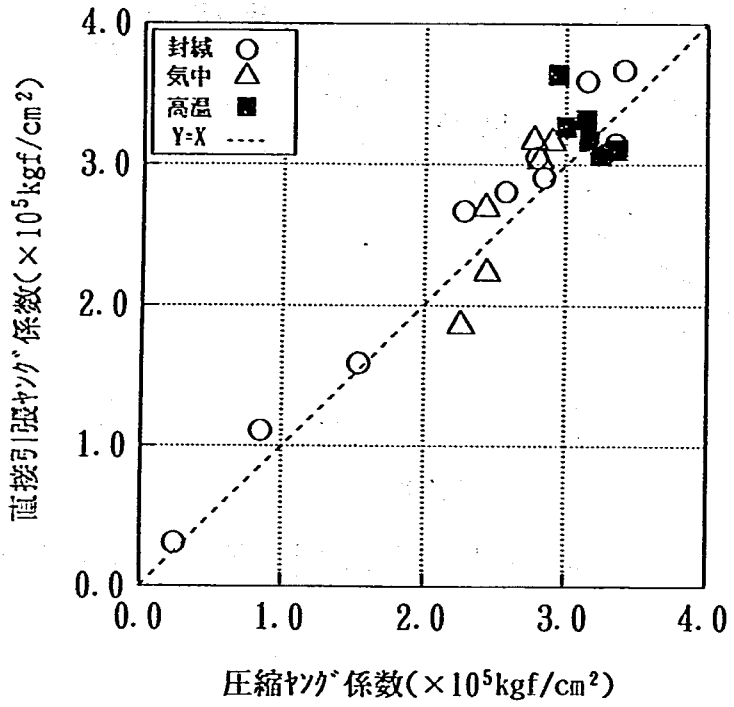
図－３．１２　圧縮強度と圧縮ヤング係数の関係



図－３．１３　直接引張強度と直接引張ヤング係数の関係

3．2．6 圧縮ヤング係数と直接引張ヤング係数の関係

図－3.14に圧縮ヤング係数と直接引張ヤング係数の関係を示す。一般に、圧縮ヤング係数と直接引張ヤング係数はほぼ等しい[1]とされている。本試験の結果を見ても、得られた係数に多少のばらつきは見られるものの、圧縮ヤング係数と直接引張ヤング係数はほぼ同等と考えてよいものと思われる。



図－３．１４　圧縮ヤング係数と直接引張ヤング係数の関係

3．2．7 直接引張強度のばらつき

表－3.7に各種強度の変動係数の平均値、その最大値および最小値を示す。ここで、変動係数の平均値とは、各材齢における３本一組の供試体の値から算出したすべての変動係数を、各種強度ごとに単純に平均したものである。この表によれば、変動係数の平均値は圧縮強度の3.6%が最も小さく、続いて割裂引張強度の5.4%、直接引張強度の7.6%の順に大きくなり、引張強度の変動係数は圧縮強度よりも大きい結果となっている。この結果によると、直接引張強度の変動係数は圧縮の２倍程度、割裂引張の1.5倍程度と言える。

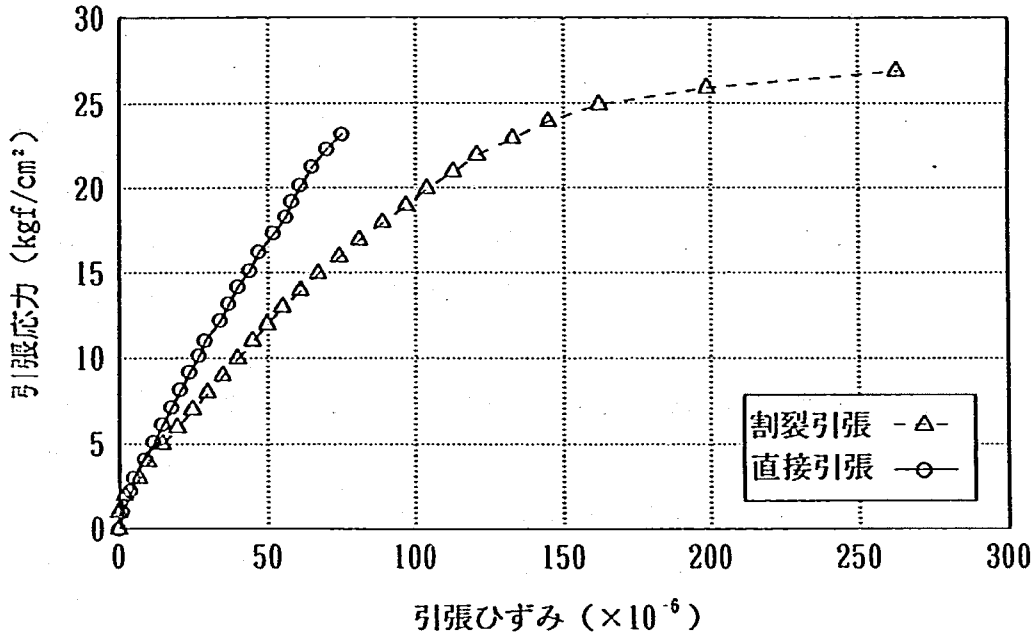
割裂引張強度については、経験的にも圧縮強度よりばらつきが大きくなりやすいことが一般的に知られているが、直接引張強度の場合は割裂引張強度よりも供試体の成形や載荷の状態などの影響を受けやすいために、より変動係数が大きくなったものと考えられる。

表－３．７　各種強度の変動係数

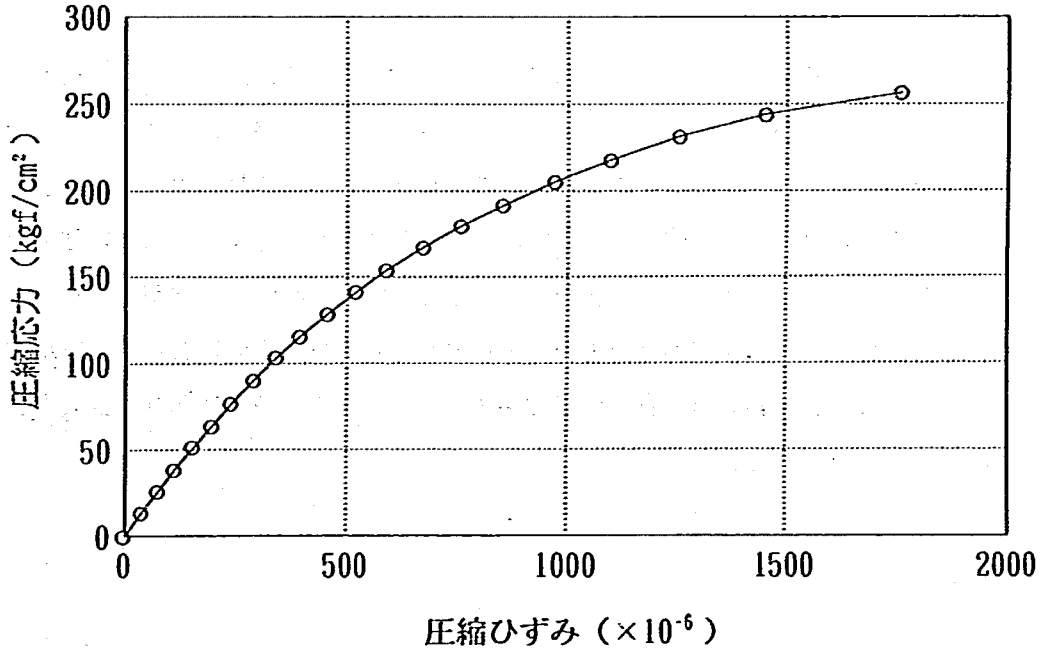
強度の種類	変動係数（%）		
	平均値	最大値	最小値
直接引張強度	7.6	13.9	1.1
割裂引張強度	5.4	15.8	0.0
圧縮強度	3.6	11.1	1.0

3．2．8 直接引張試験における応力－ひずみ曲線

図－3.15に、直接引張試験および割裂引張試験によって得られたそれぞれの応力－ひずみ曲線の一例を示す。また、図－3.16には同一材齢における圧縮試験によって得られた応力－ひずみ曲線の一例を示した。なおこれらの試験は、応力速度一定のもと静ひずみ計によってひずみを測定したものであり、引張試験については破断位置の破断時までのひずみを測定したものではない。



図－３．１５　直接引張試験と割裂引張試験における応力－ひずみ曲線の一例（材齢７日　封緘養生）



図－３．１６　圧縮試験における応力－ひずみ曲線の一例（材齢７日　封緘養生）

これらを見ると、圧縮試験と同様に割裂引張試験の応力－ひずみ曲線は曲率が大きく、最大応力に近づくにつれて水平になっていくのに対し、直接引張試験における応力－ひずみ曲線は最大応力近くまでほぼ直線的な経路をたどっている（ここに示した例では最大応力の97%まで測定されている）。

一般に、圧縮試験の応力－ひずみ曲線は弾性限界（最大応力の40%前後）を超えると曲がり始め、この範囲を超えて載荷した場合には除荷してもひずみが残留してしまう。すなわち、応力－ひずみ曲線が曲率を持ち始めることは組織に塑性現象が起こっていることを示している。この考え方に従えば、封緘養生を行った供試体の直接引張試験では供試体に塑性現象がほとんど起こっていないかあるいは非常に小さく、供試体は最大応力近くに至るまでかなり弾性的な挙動をしていることが考えられ、また同様な報告[5]もなされている。しかしこの点については、載荷時の応力強度比の上限を設定し、その値に到達したあと除荷する試験を行ない、塑性ひずみや除荷曲線の様子を調べるなどにより検討する必要があるものと考えられる。また、今回の試験では便宜上60㎜の長さのゲージを使用したが、直接引張試験における破壊は局所的であるため、粗骨材の最大寸法との関係に配慮しながら破断位置におけるひずみの検長についても吟味する必要があるものと思われる。

なお、ここに示した直接引張試験および割裂引張試験の例では、測定された最大引張ひずみがそれぞれ75μ（最大応力の97%の時点）、263μ（最大応力の99%の時点）となり、割裂引張試験で測定された最大引張ひずみの方がかなり大きく、他の材齢においても同様な傾向を示していた。ただし、それぞれの試験で得られた引張ひずみは測定方向におけるひずみ分布が異なるため、ひずみの検長によっても得られるひずみが異なることが考えられ、一概に比較することはできない点に注意する必要がある。

3．2．9 直接引張試験における破壊性状

応力速度一定のもとでの直接引張試験における破壊の様子を観察すると、割裂引張や圧縮の強度試験の場合とは様相がだいぶ異なっている。

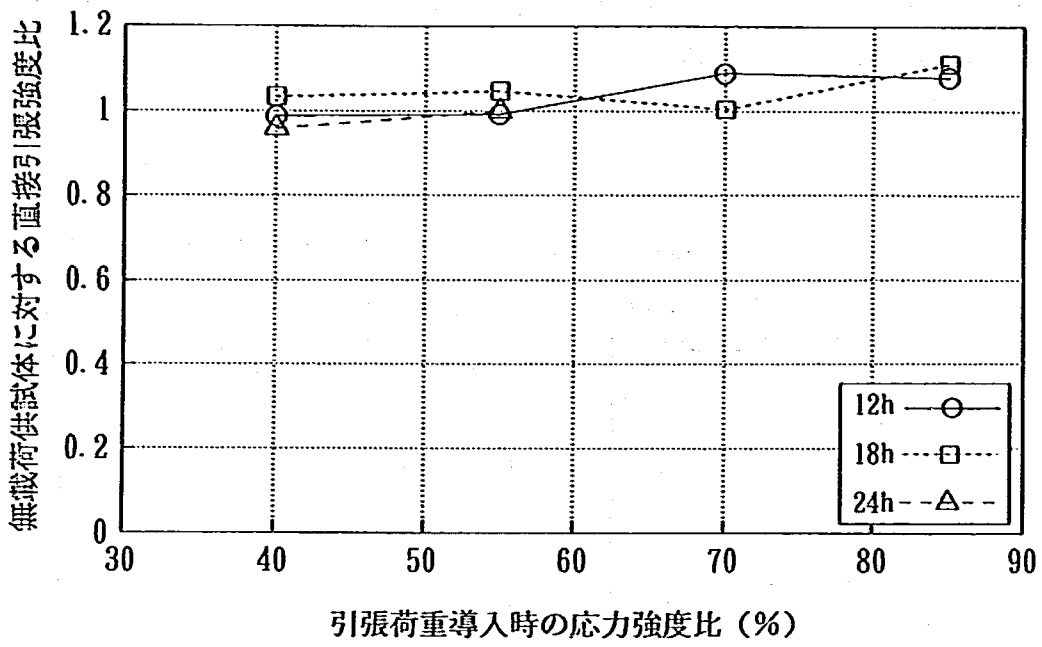
一般のコンクリートにおける割裂引張や圧縮の試験では、最大応力近くに到達して、微視的ではあるが肉眼で観察できるようなひび割れが生じても、その後供試体の個々の部分が完全に分離するような破壊は起こらず、また最大荷重を示す時に大きな破壊音を伴わないのが普通である。それに対して、直接引張試験の場合は肉眼で観察されるようなひび割れは破断する以前には認めることができず、特に高い強度を示す供試体ほど、最大応力に達した途端非常に大きな破壊音をともなって急激に破断する傾向が見られた。その時の破断面については、若材齢で供試体の強度が低い場合はモルタルと粗骨材の界面における剥離が顕著であったが、供試体の強度が高い場合には粗骨材自身が引張破壊する箇所が増える傾向にあり、割裂引張試験の破断面においても同様な傾向が見られた。

3．3 持続引張載荷後の直接引張強度

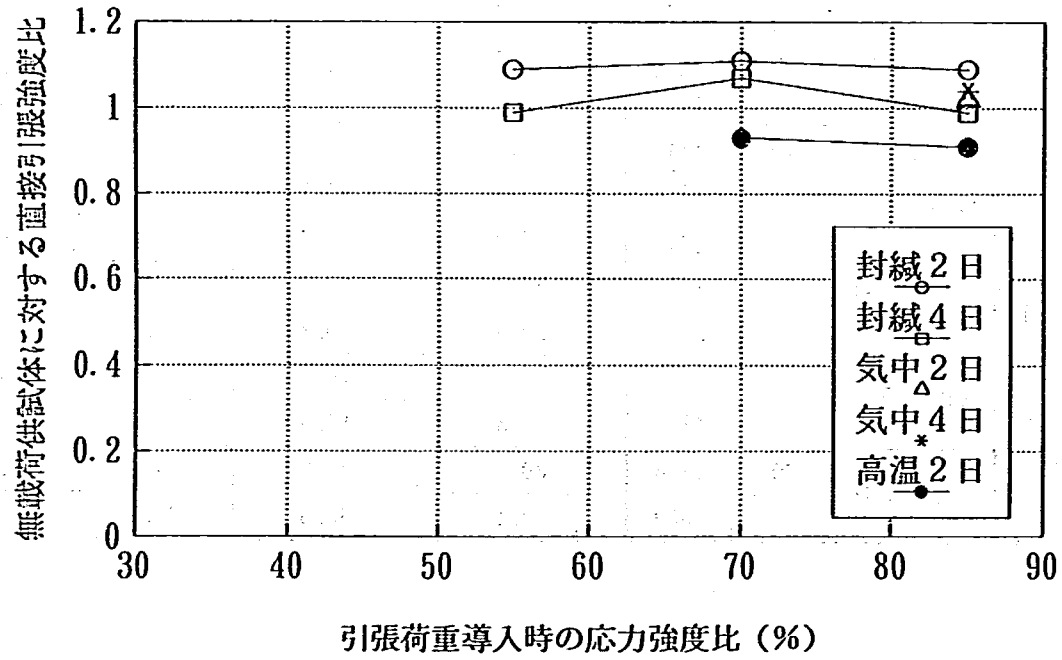
表－3.8に、一定の持続引張荷重を受けたコンクリートの直接引張強度試験の結果を示す。図－3.17にはシリーズⅠの結果を、図－3.18にはシリーズⅡの結果を示した。図中の縦軸は、無載荷供試体に対する持続引張載荷供試体の直接引張強度の比を表す。

表－3．8　持続引張載荷を受けたコンクリートの直接引張強度試験結果

試験区分	養生条件	載荷開始材齢	応力強度比(%)	持続引張荷重(kgf)	直接引張強度(kgf/cm²)		割裂引張強度(kgf/cm²)	強度測定時点の応力強度比(%)
					持続載荷供試体	無載荷供試体		
シリーズⅠ	封緘	12h	40	100	22.2	22.5	20.4	4.5
			55	138	22.3	22.5	20.4	6.2
			70	173	21.9	20.1	21.1	7.9
			85	210	21.7	20.1	21.1	9.7
		18h	40	302	24.1	23.3	21.6	12.5
			55	416	24.4	23.3	21.6	17.0
			70	615	24.3	24.2	21.9	25.3
			85	746	26.9	24.2	21.9	27.7
		24h	40	450	27.5	28.7	21.6	16.4
			55	619	28.8	28.7	21.6	21.5
			70	696	26.9	－	20.5	25.9
			85	846	25.8	－	20.5	32.8
シリーズⅡ	封緘	2日	55	1040	32.8	30.2	26.4	31.7
			70	1349	33.5	30.2	26.4	40.3
			85	1735	32.3	29.7	26.0	53.7
		4日	55	1302	27.9	28.3	27.0	46.7
			70	1656	30.2	28.3	27.0	54.8
			85	2006	29.0	29.3	28.6	69.2
	気中	2日	85	1289	20.1	19.7	23.7	64.1
		4日		1460	18.3	16.9	22.6	79.8
	高温	2日	70	1358	30.2	32.3	25.3	45.0
			85	1659	29.4	32.3	25.3	56.4



図－３．１７　直接引張強度に及ぼす持続引張載荷の影響（シリーズⅠ）



図－３．１８　直接引張強度に及ぼす持続引張載荷の影響（シリーズⅡ）

これらの図を見ると、高温養生を行ったものを除き、持続引張荷重の応力強度比を85%まで大きくしても直接引張強度の低下は認められないことがわかる。それどころか、持続引張荷重の応力強度比が大きい範囲で、むしろ無載荷供試体よりも直接引張強度が10%程度大きくなる傾向を示すものも見られる。それに対し、高温養生を行ったものは傾向が異なり、持続引張荷重によって無載荷供試体よりも10%弱の強度低下を示している。

前者の結果については、荷重を与えることによって強度が若干上昇するといった一見不可解な傾向を示しており、また、直接引張強度のばらつきが大きいことも考えるとやや疑問の面がある。そこで、各養生条件の載荷開始材齢別に、無載荷供試体と持続引張載荷を受けた供試体における直接引張強度の平均値の差の検定を危険率α＝5％で実施した（JIS Z 9048 二つの平均値の差の検定（標準偏差未知，片側）による）。その結果を表－3.9に示す。これによると、概ねグラフから読み取れる傾向と同様な結果が得られていると言える。

表－3．9　無載荷供試体と持続引張載荷供試体の直接引張強度に関する平均値の差の検定結果

試験区分	養生条件	載荷材齢	応力強度比（%）			
			40	55	70	85
ｼﾘｰｽﾞ I	封緘	12h	0.477 (1.936) ×	0.190 (1.994) ×	2.726 (1.960) 高い	2.032 (1.974) 高い
		18h	0.340 (2.513) ×	0.488 (2.744) ×	0.084 (2.281) ×	1.754 (1.896) ×
		24h	1.492 (1.896) ×	0.031 (1.968) ×	0.302 (1.942) ×	1.552 (1.912) ×
ｼﾘｰｽﾞ II	封緘	2日		1.147 (1.995) ×	1.605 (2.114) ×	2.220 (1.965) 高い
		4日		0.138 (2.614) ×	0.636 (2.581) ×	0.143 (2.095) ×
	気中	2日				0.403 (1.964) ×
		4日				0.347 (2.161) ×
	高温	2日			3.289 (2.020) 低い	2.693 (1.993) 低い

注）上段の数値：試験値から得られた t_0
括弧内数値：危険率５％の場合の限界値 $t_{0.05}$（t 分布表より換算）
×　　：平均値間に差があるとは言えない
高い(低い)：無載荷供試体よりも強度が高い(低い)

よって以上の結果から、直接引張強度に及ぼす持続引張載荷の影響は、封緘養生を行った若材齢の供試体であれば、導入時の応力強度比が85%と大きな場合であっても強度の低下は起こらず、むしろ応力強度比の大きい方が無載荷供試体よりも直接引張強度が高くなる場合もある。一方、初期に高温履歴を与えて水和を促進させた供試体は、持続引張載荷の影響によって無載荷供試体よりも直接引張強度が低下することが示された。

このような結果が得られた理由を推察すれば、次のようなことが考えられる。コンクリートは荷重を受けると未水和のセメント粒子が比較的容易に壊れてしまうとの報告[5]があり、そのため、荷重を受けることによってセメント粒子が壊れると比表面積が増し、その部分に水分が供給されやすくなって水和が進むものと考えられる。したがって、持続引張載荷によって供試体が劣化しても、封緘養生を行った若材齢の供試体のように組織に未水和な部分が多い場合は上記の現象が起こり、強度の低下を補う程度に劣化が修復されるのではないかと考えられる。また、導入時の応力強度比の高い方が直接引張強度が高くなる理由としては、応力強度比が高いほど未水和のセメント粒子が壊れるので、むしろその方が後の強度増進効果が大きくなることによるものと思われる。一方、高温養生を行ったコンクリートでは、持続引張荷重の導入時にはある程度水和が進んでおり、未水和な部分が他の養生方法に比べて少ないために劣化の修復をあまり行うことができず無載荷供試体よりも強度が低下したものと考えられる。

なお、持続引張載荷試験に用いた供試体132本のうち、引張荷重を保持している間に破断した供試体は一本も見られなかった（参考のため、表－3.8には直接引張強度の測定を行う時点での持続引張荷重の応力強度比を示しておいた）。したがって、導入時の応力強度比が85%までの範囲でコンクリートに一定の持続引張荷重を与えた場合、材齢７日の時点では引張クリープ破壊が起こらないことも示された。

第4章　結論

本研究では、直接引張試験用の装置を試作し、これを用いてコンクリート引張強度特性に関する基礎性状を把握するための試験を実施した。本試験の範囲で得られた結果は以下のとおりである。

1）本試験で採用した、一様断面の角柱供試体にボルトを埋め込む方式の直接引張試験方法は、供試体の破断位置による強度への影響は認められず、ほぼ信頼のできる直接引張強度試験が可能であった。

2）封緘養生を行なった直接引張強度の強度発現は、割裂引張強度が増進しているにもかかわらず材齢14日で頭打ちとなり、また標準水中養生おいてもこれと同様な傾向が見られた。それに対し、気中および高温養生では、そのような強度低下現象は認められなかった。

3）直接引張強度の割裂引張強度との関係は材齢および養生条件によって変化し、割裂引張強度が高いとこれを下回る傾向にある。特に気中養生では、割裂引張強度に対する比が他の養生方法に比べてより小さくなる傾向にあった。

4）直接引張強度の圧縮強度との関係は、気中養生の場合、封緘および高温養生のものと比較して同一圧縮強度で５～10kgf/cm^{2}程度低くなった。

5）直接引張強度を用いて求めたぜい度係数は6.2～16.4（割裂引張強度を用いた場合は6.4～12.1）となり、同一圧縮強度で見た場合では気中養生が最も大きなぜい度係数であった。また、直接引張強度を用いて求めたぜい度係数は、強度レベルが高くなると割裂引張強度を用いて求めたぜい度係数よりも圧縮強度との関係においてばらつきが大きくなり、それらの関係が明瞭ではなくなった。

6）直接引張強度と直接引張ヤング係数の関係は、封緘養生では１本の直線で近似することが可能であったが、気中および高温養生ではその関係が判然としなくなる傾向を示した。

7）圧縮ヤング係数と直接引張ヤング係数は、従来から言われているようにほぼ同等であった。

8）直接引張強度のばらつきは、試験によって求めた変動係数の平均値が7.6%となり、圧縮強度の変動係数の２倍程度、割裂引張強度のそれの1.5倍程度であった。

9）引張試験の応力－ひずみ曲線は割裂引張試験と直接引張試験では異なり、前者では曲線を描くのに対し、後者では最大応力近くまで直線的であった。また、直接引張試験で測定された最大引張ひずみは、割裂引張試験で測定された値よりもかなり小さかった。

10) 応力速度一定で直接引張試験を行なった場合の供試体の破壊性状は、圧縮試験や割裂試験の場合とは異なり、最大応力に達するまで肉眼ではひびわれが認められず、最大応力に達した途端非常に大きな破壊音とともに急激に破断するに至った。その時の破断面は、供試体の強度が高くなるにつれて粗骨材が引張破壊した箇所が増える傾向にあった。

11) 一定の持続引張荷重を受けたコンクリートの直接引張強度は、封緘養生を行った若材齢の供試体であれば、導入時の応力強度比を85%までの範囲で変化させても強度の低下は起こらなかった。またその場合には、むしろ導入時の応力強度比の大きい方が無載荷供試体よりも直接引張強度が高くなる場合のあることが示された。一方、高温履歴を与えて初期の水和を促進させたものは、持続引張載荷によって直接引張強度が若干低下することが認められた。

12) 導入時の応力強度比が85%までの範囲で一定の持続引張荷重を与えたコンクリートは、材齢７日の時点では引張クリープ破壊が起こらないことが示された。

以上の結果から、マスコンクリートの温度ひび割れを評価する観点で見た場合に比較的影響の大きな結果を挙げるとすれば、次の２点となろう。

一つは、直接引張強度は、材齢や養生条件によって割裂引張強度との関係が異なり、割裂引張強度が高いとこれを下回る傾向を示すことである。二つめは、水和の不十分な初期の時点でコンクリートに一定の持続引張荷重を与えても直接引張強度は低下しないのに対し、高温履歴を与えて水和が進んだ供試体では直接引張強度が低下してしまうことである。

これらはいずれも、積算温度のみを考慮した割裂引張強度を用いて温度ひび割れ指数を算定する現行の温度ひび割れ評価に、検討の余地があることを示している。ただし、割裂引張強度と合わせて直接引張強度に関するあらゆる特性を網羅したわけではないため、また本研究において不明な点も残っており、さらなる検討を行って解明していく必要がある。

なお、本研究はマスコンクリートの温度ひび割れ発生危険度に関する推定精度向上のための基礎資料を得るために実施したものであり、この目標に関する具体的なアプローチについては今後さらに研究を進め検討していく予定である。

参考文献

1）米山紘一，川瀬清孝，竹田光明，若材齢コンクリートの引張特性，セメント技術年報 42，昭63，pp. 196～199

2）村田二郎，岡田　清，フレッシュコンクリートのレオロジー・コンクリートの弾性とクリープ，最新コンクリート技術選書1巻，山海堂

3）清水昭之，コンクリートの引張クリープ，コンクリート工学，Vol.21，No.6，June 1983，pp.4～13

4）岡島達雄，コンクリートの力学的性質と水分，セメント・コンクリート No.464，pp.18～26，1983

5）吉本　彰，コンクリートの変形と破壊，学献社，1990

資料集

1．直接引張強度の強度発現性状に関する試験

1）直接引張強度試験結果（封緘養生、高温養生、気中養生）

2）割裂引張強度試験結果（封緘養生、高温養生、気中養生）

3）圧縮強度試験結果（封緘養生、高温養生、気中養生）

2．持続引張載荷を受けたコンクリートの直接引張強度試験

1）シリーズⅠ、Ⅱの試験結果

2）強度管理試験結果（割裂引張強度、圧縮強度）

3．直接引張強度試験時のひずみ計測結果

4．乾燥収縮試験結果

直接引張強度試験結果（封緘養生）

材齢	No.	高さ(cm)				幅(cm)			荷重	直接引張強度(kgf/cm^2)		破断位置	バッチ名
		H1	H2	H3	平均値	B1	B2	平均値	(kgf)	測定値	平均値	(cm)	
12h	1	10.04	10.03	10.00	10.02	10.09	10.08	10.09	119	1.18	1.28	10.2	4-2
	2	9.95	9.98	10.00	9.98	10.07	10.05	10.06	139	1.38		14.3	
	3												
18h	1	10.16	10.16	10.15	10.16	10.00	10.00	10.00	597	5.88	5.53	10.9	
	2	10.05	10.06	10.04	10.05	10.05	10.06	10.06	470	4.65		10.7	
	3	10.10	10.12	10.05	10.09	10.02	10.00	10.01	613	6.07		17.0	
1日	1	9.94	9.95	9.93	9.94	10.03	10.06	10.05	963	9.65	10.9	23.4	1
	2	10.02	9.96	9.95	9.98	9.98	9.97	9.98	1190	12.0		9.9	
	3	10.11	10.08	10.05	10.08	10.01	10.00	10.01	1146	11.2		26.4	
2日	1	9.98	9.87	9.96	9.94	10.03	10.03	10.03	1660	16.7	19.2	19.1	
	2	9.96	10.00	10.01	9.99	10.04	10.04	10.04	2140	21.3		12.4	
	3	10.03	10.09	10.07	10.06	10.10	10.09	10.10	1990	19.6		17.4	
3日	1	9.97	9.99	10.00	9.99	10.15	10.15	10.15	2194	21.6	22.2	9.3	
	2	9.95	9.95	9.96	9.95	10.02	10.06	10.04	1982	19.8		11.3	
	3	9.99	10.00	9.98	9.99	10.04	10.04	10.04	2532	25.2		27.1	
4日	1	10.18	10.20	10.14	10.17	10.00	10.02	10.01	2530	24.9	27.0	13.5	3
	2	10.10	10.14	10.18	10.14	10.06	10.07	10.07	3020	29.6		28.9	
	3	10.12	10.16	10.10	10.13	10.10	10.10	10.10	2713	26.5		31.8	
5日	1	9.97	9.96	9.97	9.97	10.05	10.05	10.05	1904	19.0	20.9	10.8	2
	2	9.94	9.94	9.96	9.95	10.03	10.00	10.02	2376	23.8		26.3	
	3	10.00	10.00	10.00	10.00	10.04	10.05	10.05	1992	19.8		10.5	
7日	1	9.98	9.98	9.98	9.98	10.02	10.02	10.02	2535	25.4	23.9	10.0	1
	2	9.86	9.87	9.79	9.84	10.06	10.12	10.09	2376	23.9		18.5	
	3	9.93	9.94	9.94	9.94	10.10	10.05	10.08	2246	22.4		12.1	
14日	1	9.84	9.78	9.77	9.80	10.06	10.02	10.04	2914	29.6	28.4	13.2	
	2	9.93	9.92	9.92	9.92	10.02	10.02	10.02	2619	26.4		30.0	
	3	9.96	9.96	9.96	9.96	10.00	9.98	9.99	2913	29.3		26.0	
14日	4	10.18	10.18	10.18	10.18	10.03	10.03	10.03	3159	31.0	28.8	30.0	7
	5	10.08	10.15	10.12	10.12	10.04	10.06	10.05	2713	26.7		25.4	
	6	10.15	10.18	10.12	10.15	10.05	10.05	10.05	2928	28.7		15.0	
14日	7	10.07	10.09	10.09	10.08	10.18	10.11	10.14	3587	35.1	34.7	15.0	7
	8	10.08	10.10	10.09	10.09	10.03	10.07	10.05	3443	34.0		26.7	
	9	10.03	10.01	10.05	10.03	9.99	10.01	10.00	3526	35.2		31.2	
28日	1	10.01	10.09	10.10	10.07	10.01	10.00	10.00	2298	22.8	22.5	13.2	7
	2	10.17	10.20	10.17	10.18	10.04	10.03	10.04	2555	25.0		9.2	
	3	10.06	10.10	10.02	10.06	10.02	9.98	10.00	1990	19.8		28.7	
28日	4	10.02	10.06	10.07	10.05	10.01	10.01	10.01	3510	34.9	32.0	25.2	
	5	10.08	10.12	10.05	10.08	10.01	9.98	10.00	3289	32.6		24.4	
	6	10.05	10.04	10.02	10.04	10.05	10.03	10.04	2874	28.5		20.9	
29日	1	9.83	9.84	10.05	9.91	10.01	10.01	9.98	2416	24.4	25.3	9.5	1
	2	9.98	10.07	10.00	10.02	10.01	10.01	10.01	2849	28.4		25.0	
	3	9.98	9.93	9.95	9.95	10.01	10.04	10.00	2304	23.1		16.2	

注）破断位置の寸法は、ロードセル側から測定した破断面までの距離２ヶ所の平均値とした。

直接引張強度試験結果（高温養生）

材齢	No.	高さ(cm)				幅(cm)			荷重	引張強度(kgf/cm^2)		破断位置	ﾊﾞｯﾁ名
		H1	H2	H3	平均値	B1	B2	平均値	(kgf)	測定値	平均値	(cm)	
2日	1	10.02	10.05	10.03	10.03	10.12	10.06	10.09	2002	19.8	21.4	25.5	6-2
	2	10.07	10.06	10.00	10.04	10.07	10.05	10.06	2341	23.2		21.7	
	3	10.21	10.22	10.17	10.20	10.16	9.99	10.08	2186	21.3		23.5	
3日	1	10.08	10.10	10.07	10.08	10.08	10.06	10.07	2675	26.4	26.8	23.3	
	2	10.10	10.05	10.03	10.06	10.15	10.16	10.16	2589	25.3		8.6	
	3	10.11	10.15	10.10	10.12	10.06	9.99	10.03	2904	28.6		13.1	
4日	1	10.23	10.14	10.06	10.14	10.00	10.02	10.01	2572	25.3	22.5	22.3	5
	2	10.12	10.19	10.18	10.16	10.02	10.03	10.03	2149	21.1		22.5	
	3	10.00	10.05	10.00	10.02	10.02	10.06	10.04	2130	21.2		10.1	
4日	4	10.06	10.12	10.20	10.13	10.02	10.02	10.02	2648	26.1	26.1	28.4	6-2
	5	10.11	10.12	10.14	10.12	10.12	10.02	10.07	2743	26.9		25.4	
	6	10.09	10.22	10.17	10.16	10.00	9.98	9.99	2563	25.3		11.3	
7日	1	10.12	10.20	10.18	10.17	9.96	9.96	9.96	2930	28.9	25.0	11.9	5
	2	10.16	10.28	10.17	10.20	10.00	10.01	10.01	2358	23.1		20.2	
	3	10.00	10.15	10.20	10.12	9.91	9.95	9.93	2324	23.1		25.0	
7日	4	10.06	10.14	10.07	10.09	10.02	10.05	10.04	2783	27.5	28.7	21.4	6-2
	5	10.05	10.07	10.08	10.07	10.05	10.05	10.05	3061	30.2		12.5	
	6	10.08	10.07	10.05	10.07	10.10	10.00	10.05	2886	28.5		11.2	
14日	1	10.09	10.10	10.16	10.12	10.02	10.04	10.03	2741	27.1	27.2	22.0	8
	2	10.09	10.10	10.03	10.07	10.04	10.04	10.04	2778	27.5		11.0	
	3	10.23	10.27	10.14	10.21	9.95	9.98	9.97	2734	26.9		24.4	
28日	1	10.16	10.16	10.08	10.13	10.05	10.00	10.03	29.7	28.6	30.5	10.6	8
	2	10.13	10.14	10.12	10.13	10.05	10.04	10.05	3162	31.1		16.4	
	3	10.06	10.06	10.05	10.06	10.01	9.97	9.99	3199	31.8		11.8	

注）破断位置の寸法は、ロードセル側から測定した破断面までの距離２ヶ所の平均値とした。

直接引張強度試験結果（気中養生）

材齢	No.	高さ(cm)				幅(cm)			荷重	引張強度(kgf/cm^2)		破断位置	ﾊﾞｯﾁ名
		H1	H2	H3	平均値	B1	B2	平均値	(kgf)	測定値	平均値	(cm)	
2日	1	10.06	10.20	10.13	10.13	10.02	10.02	10.02	1500	14.8	14.5	11.3	6-1
	2	10.18	10.17	10.12	10.16	10.03	9.94	9.99	1428	14.1		26.2	
	3	10.11	10.16	10.13	10.13	10.02	9.96	9.99	1475	14.6		30.9	
3日	1	10.09	10.16	10.09	10.11	10.06	10.03	10.05	1609	15.9	17.4	20.5	
	2	10.14	10.24	10.18	10.19	10.10	10.10	10.10	1859	18.1		30.4	
	3	10.08	10.13	10.14	10.12	10.07	10.04	10.06	1854	18.2		17.0	
4日	1	10.08	10.16	10.10	10.11	10.03	10.02	10.03	1654	16.3	16.7	30.3	5
	2	10.08	10.06	10.06	10.07	10.09	10.04	10.07	1541	15.2		31.0	
	3	10.01	10.02	10.02	10.02	10.04	10.02	10.03	1880	18.7		25.3	
7日	1	10.05	10.05	10.15	10.08	10.07	9.97	10.02	1505	14.9	15.1	24.9	5
	2	10.10	10.14	10.11	10.12	9.97	9.99	9.98	1578	15.8		26.7	
	3	10.09	10.08	10.07	10.08	9.99	9.96	9.98	1473	14.6		11.1	
14日	1	10.10	10.13	10.20	10.14	10.16	10.16	10.16	1978	19.2	18.3	29.6	8
	2	10.07	10.09	10.01	10.06	10.08	10.04	10.06	1675	16.6		29.6	
	3	10.10	10.12	10.13	10.12	10.07	10.07	10.07	1960	19.2		25.3	
28日	1	10.10	10.20	10.08	10.10	10.05	10.03	10.04	2114	20.8	20.9	29.8	8
	2	10.20	10.22	10.17	10.20	10.01	9.99	10.00	2009	19.7		9.7	
	3	10.20	10.20	10.14	10.18	10.11	10.05	10.08	2278	22.2		9.6	

注）破断位置の寸法は、ロードセル側から測定した破断面までの距離２ヶ所の平均値とした。

割裂引張強度試験結果（封緘養生）

材齢	No.	直径(cm)			長さ(cm)			荷重	割裂引張強度(kgf/cm^2)		バッチ名
		D1	D2	平均値	L1	L2	平均値	(tf)	測定値	平均値	
10h	1	15.03	15.01	15.02	21.33	21.25	21.29	0.42	0.84	0.95	4-1
	2	14.94	14.99	14.97	21.24	21.08	21.16	0.49	0.98		
	3	15.02	15.04	15.03	21.48	21.02	21.25	0.52	1.04		
12h	1	15.00	14.99	15.00	22.12	21.80	21.96	0.73	1.41	1.39	4-2
	2	14.95	15.98	15.47	21.74	21.74	21.74	0.68	1.33		
	3	14.95	14.93	14.94	22.11	21.80	21.96	0.74	1.44		
15h	1	15.07	15.04	15.06	21.10	21.08	21.09	1.61	3.22	3.10	
	2	14.97	14.98	14.98	20.93	20.74	20.84	1.41	2.88		
	3	14.97	15.00	14.99	21.17	21.13	21.15	1.59	3.19		
18h	1	15.02	15.01	15.02	21.62	21.31	21.47	2.67	5.27	4.83	
	2	15.01	15.03	15.02	21.15	21.32	21.24	2.42	4.83		
	3	15.02	15.03	15.03	21.26	21.71	21.49	2.23	4.40		
21h	1	14.99	14.99	14.99	21.86	21.90	21.88	3.33	6.46	6.58	
	2	15.02	15.11	15.07	21.12	21.15	21.14	3.35	6.69		
	3	15.03	15.13	15.08	21.44	21.68	21.56	3.37	6.60		
1日	1	15.03	15.07	15.05	21.26	20.93	21.10	4.85	9.73	9.37	1
	2	15.00	14.98	14.99	21.44	21.42	21.43	4.82	9.55		
	3	15.00	15.00	15.00	21.58	21.68	21.63	4.50	8.83		
2日	1	15.00	15.03	15.02	21.32	21.30	21.31	7.60	15.1	16.0	
	2	15.00	15.00	15.00	20.82	20.86	20.84	8.55	17.4		
	3	15.03	15.04	15.04	21.05	23.50	22.28	8.15	15.5		
3日	1	15.00	14.98	14.99	21.50	21.12	21.31	10.4	20.6	20.2	
	2	15.05	15.08	15.07	20.91	20.93	20.92	9.40	19.0		
	3	15.00	14.95	14.98	21.03	21.15	21.09	10.4	21.0		
4日	1	14.98	14.98	14.98	20.92	21.00	20.96	11.5	23.2	22.9	3
	2	14.96	14.95	14.96	21.21	21.20	21.21	11.3	22.6		
	3	14.98	14.97	14.98	20.84	20.96	20.90	11.3	23.0		
5日	1	15.00	14.97	14.99	20.44	20.35	20.40	11.6	24.1	24.8	2
	2	15.04	15.05	15.05	21.45	21.90	21.68	12.6	24.6		
	3	15.00	14.98	14.99	20.66	20.68	20.67	12.6	25.8		
7日	1	14.98	14.97	14.98	21.44	21.17	21.31	13.5	27.0	27.6	1
	2	14.93	14.96	14.95	20.56	20.64	20.60	13.2	27.2		
	3	15.03	15.00	15.02	20.88	20.80	20.84	14.1	28.6		
7日	4	15.00	14.98	14.99	20.81	20.83	20.82	14.4	29.4	27.5	2
	5	15.01	15.04	15.03	20.93	20.71	20.82	13.4	27.2		
	6	15.00	14.99	15.00	20.64	20.74	20.69	12.6	25.8		
14日	1	15.05	14.95	15.00	20.67	20.72	20.70	13.8	28.3	30.9	1
	2	15.00	15.03	15.02	20.36	20.30	20.33	14.9	31.0		
	3	14.99	15.00	15.00	21.42	21.57	21.50	16.9	33.3		
28日	1	15.02	15.06	15.04	20.93	20.94	20.94	15.4	31.1	32.8	2
	2	15.03	15.05	15.04	21.00	21.12	21.06	16.1	32.4		
	3	14.99	14.95	14.97	21.02	20.85	20.94	17.2	34.9		
28日	4	14.98	14.97	14.98	21.05	21.05	21.05	16.1	32.5	33.3	7
	5	15.02	15.03	15.03	20.98	20.99	20.99	17.3	35.0		
	6	14.99	15.05	15.02	20.73	20.86	20.80	15.9	32.3		
28日	7	15.01	15.10	15.06	21.25	21.09	21.17	16.9	33.7	33.5	
	8	15.01	15.01	15.01	21.25	21.12	21.19	16.6	33.3		
	9	15.01	15.05	15.03	20.90	20.96	20.93	16.6	33.6		
29日	1	15.02	15.01	15.02	21.48	21.40	21.44	18.2	36.0	36.4	1
	2	14.99	14.98	14.99	21.41	21.56	21.49	17.8	35.1		
	3	14.98	15.00	14.99	21.20	20.70	20.95	18.8	38.1		

割裂引張強度試験結果（高温養生）

材齢	No.	質量	直径(cm)			長さ(cm)			荷重	割裂引張強度(kgf/cm^2)		バッチ名
		(g)	D1	D2	平均値	L1	L2	平均値	(tf)	測定値	平均値	
2日	1	8947	15.03	15.03	15.03	21.36	20.98	21.17	8.95	17.9	18.7	5
	2	9098	15.02	15.04	15.03	21.72	21.33	21.53	9.85	19.4		
2日	3	8890	14.98	15.02	15.00	21.54	20.94	21.24	12.7	25.3	23.8	6-2
	4	8921	14.99	15.01	15.00	21.00	21.62	21.31	12.0	23.8		
	5	8838	15.01	15.07	15.04	21.49	20.80	21.15	11.1	22.3		
2日	3	8656	14.98	15.00	14.99	20.56	21.10	20.83	9.52	19.4	19.7	8
	4	8708	15.00	15.01	15.01	21.05	21.00	21.03	9.85	19.9		
	5	8785	15.01	15.08	15.05	21.34	20.74	21.04	9.90	19.9		
3日	1	9116	15.02	15.04	15.03	21.44	22.02	21.73	12.7	24.7	24.8	6-2
	2	8886	14.99	15.02	15.01	21.48	21.28	21.38	12.5	24.9		
	3	9004	15.02	15.10	15.06	21.34	21.58	21.46	12.6	24.7		
4日	1	8818	14.99	14.98	14.99	20.90	21.50	21.20	12.2	24.5	24.1	5
	2	9050	15.00	15.02	15.01	21.41	21.90	21.66	11.7	22.9		
	3	9291	15.00	15.00	15.00	21.80	22.19	22.00	12.9	24.9		
4日	4	8911	14.98	15.08	15.03	21.76	20.92	21.34	11.9	23.6	25.2	6-2
	5	8948	14.98	15.02	15.00	21.23	21.25	21.24	13.4	26.7		
5日	1	8877	15.00	15.02	15.01	20.98	21.94	21.46	11.9	23.6	24.9	
	2	9104	15.01	15.02	15.02	21.68	21.84	21.76	12.9	25.1		
	3	8807	15.01	14.99	15.00	20.74	21.46	21.10	12.9	25.9		
7日	1	8654	15.00	15.08	15.04	21.17	20.07	20.62	12.7	26.1	27.0	5
	2	9264	15.02	15.09	15.06	21.69	21.70	21.70	13.3	26.0		
	3	9036	15.00	15.02	15.01	21.28	21.22	21.25	14.5	28.8		
7日	4	9025	15.04	15.08	15.06	21.30	21.64	21.47	12.6	24.7	26.3	6-2
	5	9048	15.01	15.04	15.03	21.50	21.72	21.61	14.2	27.9		
14日	1	8744	14.94	14.99	14.97	20.66	21.30	20.98	14.0	28.4	28.2	
	2	8938	15.02	15.05	15.04	21.46	21.18	21.32	14.0	27.9		
14日	3	8733	15.02	15.04	15.03	20.98	20.86	20.92	12.8	25.8	26.6	8
	4	9021	14.99	15.05	15.02	21.51	22.01	21.76	14.1	27.4		
	5	8674	15.02	15.06	15.04	21.02	20.60	20.81	13.1	26.7		
28日	1	8960	15.02	15.08	15.05	21.18	20.90	21.04	16.3	32.8	33.1	5
	2	8878	15.00	15.00	15.00	21.22	20.86	21.04	16.5	33.3		
28日	3	8788	15.04	15.09	15.07	20.63	21.06	20.85	15.3	31.0	31.7	6-2
	4	9028	15.04	15.08	15.06	21.46	21.52	21.49	16.5	32.4		
28日	5	8638	15.04	15.05	15.05	20.74	20.56	20.65	14.8	30.4	29.7	8
	6	8777	15.02	15.08	15.05	20.96	21.06	21.01	14.4	28.9		
	7	8791	14.99	14.99	14.99	21.03	21.15	21.09	14.9	29.9		

割裂引張強度試験結果（気中養生）

材齢	No.	質量 (g)	直径(cm) D1	直径(cm) D2	直径(cm) 平均値	長さ(cm) L1	長さ(cm) L2	長さ(cm) 平均値	荷重 (tf)	割裂引張強度(kgf/cm^2) 測定値	割裂引張強度(kgf/cm^2) 平均値	ﾊﾟﾂﾄ名
2日	1	8618	15.00	15.02	15.01	20.80	20.79	20.80	6.95	14.2	14.4	5
	2	8727	15.00	14.96	14.98	21.04	21.05	21.05	7.25	14.6		
2日	3	8771	15.00	15.00	15.00	21.50	21.12	21.31	7.88	15.7	15.6	6-1
	4	8735	15.01	15.04	15.03	21.07	21.42	21.25	8.24	16.2		
	5	8720	15.00	14.99	15.00	21.10	21.14	21.12	7.35	14.8		
3日	1	8877	15.02	15.02	15.02	21.50	21.44	21.47	9.06	17.9	18.2	
	2	8754	15.00	14.98	14.99	21.36	21.52	21.44	8.63	17.1		
	3	8658	14.99	15.08	15.04	21.17	20.88	21.03	9.70	19.5		
4日	1	8844	15.02	15.05	15.04	21.04	21.38	21.21	11.40	22.8	20.3	5
	2	8931	15.01	15.06	15.04	21.30	21.54	21.42	9.79	19.3		
	3	8720	14.98	14.98	14.98	21.30	21.23	21.27	9.43	18.8		
4日	4	8807	15.02	15.04	15.03	21.57	21.32	21.45	10.42	20.6	20.8	6-1
	5	8832	14.99	14.99	14.99	21.42	21.73	21.58	10.68	21.0		
5日	1	8744	14.96	14.96	14.96	21.36	21.46	21.41	10.86	21.6	21.9	6-1
	2	8798	15.00	14.96	14.98	21.21	21.76	21.49	10.52	20.8		
	3	8772	15.02	15.04	15.03	21.26	21.32	21.29	11.82	23.3		
7日	1	8803	15.01	15.04	15.03	21.18	21.09	21.14	12.76	25.6	24.7	5
	2	8967	15.00	15.06	15.03	21.60	21.22	21.41	11.62	23.0		
	3	8792	14.98	15.00	14.99	21.96	21.42	21.69	12.78	25.6		
7日	4	8602	14.99	14.99	14.99	21.02	21.21	21.12	12.37	24.9	22.4	6-1
	5	8773	15.02	15.09	15.06	21.17	21.39	21.28	10.01	19.9		
14日	1	8854	14.99	14.97	14.98	21.52	21.64	21.58	13.60	26.8	26.8	
	2	8714	15.08	14.92	15.00	21.33	21.27	21.30	13.43	26.8		
14日	3	8677	15.02	15.06	15.04	21.05	21.22	21.14	13.63	27.3	27.2	8
	4	8663	15.00	15.06	15.03	21.11	21.14	21.13	13.50	27.1		
	5	8670	15.02	15.04	15.03	21.10	21.13	21.12	13.20	26.5		
28日	1	8891	14.99	15.04	15.02	21.52	21.51	21.52	14.67	28.9	30.1	5
	2	8923	15.02	15.08	15.05	21.72	21.49	21.61	15.89	31.2		
28日	3	8605	14.96	14.98	14.97	21.39	21.06	21.23	13.52	27.1	26.0	6-1
	4	8806	14.99	14.99	14.99	21.62	21.51	21.57	12.62	24.9		
28日	5	8399	15.00	15.02	15.01	20.38	20.52	20.45	15.06	31.2	31.2	8
	6	8471	14.99	15.00	15.00	20.64	20.80	20.72	15.16	31.1		
	7	8612	14.97	15.03	15.00	21.43	21.18	21.30	13.30	26.5		

圧縮強度試験結果（封緘養生）

材齢	No.	質量 (g)	直径(cm) D1	直径(cm) D2	直径(cm) 平均値	荷重 (tf)	圧縮強度(kgf/cm^2) 測定値	圧縮強度(kgf/cm^2) 平均値	静弾性係数(*10^5kgf/cm^2) 測定値	静弾性係数(*10^5kgf/cm^2) 平均値	ポアソン比 測定値	ポアソン比 平均値	ﾊﾞｯﾁ名
10h	1	3707	9.93	9.97	9.95	0.43	5.53	6.07					4-1
	2	3760	10.00	9.98	9.99	0.53	6.76						
	3	3729	9.94	9.94	9.94	0.46	5.93						
12h	1	3745	9.92	9.97	9.95	0.96	12.4	11.5	0.26	0.24	0.185	0.136	4-2
	2	3711	9.95	9.97	9.96	0.86	11.0		0.25		0.111		
	3	3744	9.99	9.99	9.99	0.86	11.0		0.20		0.113		
15h	1	3708	9.96	9.97	9.97	1.66	21.3	21.6					
	2	3737	9.95	9.97	9.96	1.58	20.3						
	3	3708	9.97	9.93	9.95	1.81	23.3						
18h	1	3738	9.96	9.98	9.97	2.69	34.5	35.5	0.96	0.85	0.143	0.109	
	2	3729	9.95	9.95	9.95	2.78	35.8		0.76		0.085		
	3	3741	9.98	10.00	9.99	2.84	36.2		0.82		0.099		
21h	1	3732	9.94	9.98	9.96	3.68	47.2	49.1					
	2	3731	9.93	9.95	9.94	4.13	53.2						
	3	3716	9.94	9.96	9.95	3.64	46.8						
1日	1	3678	10.01	9.95	9.98	4.72	60.3	66.9	1.57	1.54	0.162	0.131	1
	2	3714	9.97	9.95	9.96	5.29	67.9		1.35		0.095		
	3	3729	9.97	9.99	9.98	5.68	72.6		1.71		0.136		
1日	4	3749	10.01	10.00	10.01	4.50	57.6	58.6					4-2
	5	3725	9.97	9.98	9.98	4.58	58.5						
	6	3689	9.97	9.98	9.98	4.66	59.6						
2日	1	3712	9.95	9.96	9.96	10.32	133	131	2.35	2.28	0.171	0.142	1
	2	3690	9.97	9.98	9.98	10.35	132		2.19		0.125		
	3	3671	9.94	9.97	9.96	9.99	128		2.29		0.131		
3日	1	3744	9.97	9.98	9.98	14.25	182	176	2.55	2.57	0.132	0.140	
	2	3781	10.04	9.95	10.00	13.75	175		2.71		0.137		
	3	3685	10.03	10.00	10.02	13.42	170		2.44		0.152		
4日	1	3753	10.04	10.01	10.03	18.68	236	239	2.90	2.79	0.152	0.105	3
	2	3725	10.00	9.96	9.98	19.03	243		2.77		0.099		
	3	3733	9.95	9.98	9.97	18.58	238		2.69		0.063		
5日	1	3683	10.10	10.05	10.08	17.86	224	225	2.87	2.84	0.187	0.171	2
	2	3670	10.02	10.02	10.02	17.31	220		2.74		0.167		
	3	3686	10.05	10.05	10.05	18.25	230		2.91		0.158		
7日	1	3739	10.02	10.00	10.01	22.30	283	281	3.38	3.27	0.177	0.164	2
	2	3727	10.00	9.97	9.99	23.61	302		3.34		0.153		
	3	3729	10.01	9.97	9.99	20.18	257		3.08		0.161		
7日	4	3734	9.95	10.08	10.02	22.94	291	273	3.23	3.25	0.182	0.172	
	5	3685	9.98	9.98	9.98	19.54	250		3.10		0.170		
	6	3700	10.02	9.98	10.00	21.89	279		3.41		0.165		
7日	7	3691	10.00	10.00	10.00	20.08	256	255					2
	8	3665	10.00	9.94	9.97	20.06	257						
	9	3686	9.94	9.96	9.95	19.61	252						
7日	10	3745	9.99	9.99	9.99	20.95	267	273					3
	11	3715	9.95	9.99	9.97	21.80	279						
14日	1	3714	10.00	10.04	10.02	24.07	305	299	3.23	3.15	0.184	0.162	1
	2	3668	9.95	10.00	9.98	24.15	309		3.17		0.153		
	3	3615	9.95	9.99	9.97	22.09	283		3.06		0.149		
14日	4	3697	9.94	9.98	9.96	25.08	322	324					7
	5	3725	10.01	10.01	10.01	25.53	324						
	6	3714	9.99	9.97	9.98	25.40	325						
14日	7	3720	9.96	9.98	9.97	26.78	343	348	3.21	3.27	0.181	0.192	
	8	3728	9.98	10.00	9.99	27.26	348		3.33		0.196		
	9	3729	9.98	9.98	9.98	27.72	354		3.27		0.198		
28日	1	3681	9.94	10.00	9.97	26.46	339	334	3.36	3.38	0.146	0.159	2
	2	3655	9.97	9.95	9.96	25.72	330		3.39		0.166		
	3	3669	10.01	9.93	9.97	25.93	332		3.38		0.166		
28日	4	3674	10.00	9.94	9.97	28.32	363	368					3
	5	3728	9.95	10.00	9.98	29.14	373						
28日	6	3716	10.02	9.93	9.98	30.35	388	377	3.29	3.30	0.167	0.165	1
	7	3732	9.94	10.00	9.97	29.68	380		3.30		0.169		
	8	3728	9.99	9.94	9.97	28.26	363		3.30		0.159		
28日	9	3702	9.95	9.97	9.96	27.94	359	370					7
	10	3716	9.92	10.00	9.96	29.93	384						
	11	3708	10.00	9.95	9.98	28.73	367						
28日	12	3766	10.04	9.97	10.01	31.52	401	406					
	13	3766	10.05	9.98	10.02	31.96	405						
	14	3749	9.96	9.97	9.97	32.15	413						
29日	1	3738	9.96	10.04	10.00	29.71	378	365	3.45	3.35	0.190	0.186	1
	2	3738	9.94	10.01	9.98	27.76	356		3.44		0.181		
	3	3676	9.96	10.01	9.99	28.35	362		3.16		0.188		
29日	4	3789	9.97	10.04	10.01	31.89	405	387	3.73	3.50	0.183	0.184	
	5	3763	10.04	9.97	10.01	29.95	381		3.42		0.190		
	6	3712	9.99	9.97	9.98	29.45	376		3.36		0.180		

圧縮強度試験結果（高温養生）

材齢	No.	質量 (g)	直径(cm) D1	直径(cm) D2	直径(cm) 平均値	荷重 (tf)	圧縮強度(kgf/cm^2) 測定値	圧縮強度(kgf/cm^2) 平均値	静弾性係数(×10^5kgf/cm^2) 測定値	静弾性係数(×10^5kgf/cm^2) 平均値	ポアソン比 測定値	ポアソン比 平均値	ﾊﾞｯﾁ名
2日	1	3727	9.96	9.96	9.96	14.95	192						5
	2	3742	9.95	9.94	9.95	14.55	187	190					
2日	3	3732	9.96	9.92	9.94	17.10	220		3.03		0.171		6-2
	4	3761	10.02	9.92	9.97	18.29	234	221	3.05	2.94	0.173	0.171	
	5	3753	9.98	10.03	10.01	16.30	208		2.73		0.169		
2日	6	3709	9.88	10.02	9.95	16.94	218						8
	7	3744	9.97	9.96	9.97	16.78	215	218					
	8	3727	9.93	9.99	9.96	17.16	220						
3日	1	3754	9.96	9.99	9.98	18.19	233		3.05		0.157		6-2
	2	3738	9.98	9.92	9.95	18.33	236	237	2.94	3.00	0.169	0.165	
	3	3765	9.92	10.02	9.97	19.00	243		3.02		0.170		
4日	1	3765	9.98	10.03	10.01	19.50	248		2.99		0.183		5
	2	3762	9.96	10.02	9.99	19.42	248	249	3.11	3.04	0.180	0.177	
	3	3733	10.00	9.92	9.96	19.58	251		3.02		0.167		
4日	4	3773	9.96	10.04	10.00	17.93	228		3.20		0.204		6-2
	5	3749	9.96	10.00	9.98	19.49	249	239	3.12	3.16	0.161	0.183	
5日	1	3727	9.92	9.97	9.95	19.82	255		3.13		0.174		
	2	3724	9.91	9.97	9.94	20.53	265	258	3.06	3.10	0.167	0.163	
	3	3747	9.98	9.94	9.96	19.68	253		3.10		0.148		
7日	1	3751	9.99	9.93	9.96	21.44	275		3.31		0.151		5
	2	3741	9.97	9.94	9.96	20.93	269	273	3.09	3.13	0.144	0.145	
	3	3745	9.97	10.00	9.99	21.40	274		3.00		0.141		
7日	4	3741	9.91	10.00	9.96	20.94	269		3.20		0.153		6-2
	5	3740	9.98	9.94	9.96	20.72	266	268	3.09	3.15	0.162	0.158	
14日	1	3766	9.93	9.98	9.96	23.82	306		3.25		0.176		
	2	3752	9.96	9.92	9.94	21.32	275	291	3.13	3.19	0.192	0.184	
14日	3	3753	9.96	9.94	9.95	24.91	321		3.20		0.169		8
	4	3743	9.93	9.96	9.95	25.07	322	321	3.24	3.24	0.175	0.171	
	5	3729	9.95	9.95	9.95	24.94	321		3.27		0.168		
28日	1	3723	9.98	9.92	9.95	24.81	319						5
	2	3725	9.94	9.98	9.96	24.98	321	320					
28日	3	3754	9.96	9.97	9.97	28.10	361		3.30		0.181		6-2
	4	3677	9.95	9.96	9.96	25.06	322	342	3.28	3.29	0.195	0.188	
28日	5	3735	9.98	9.98	9.98	28.17	360		3.40		0.169		8
	6	3723	10.00	9.98	9.99	27.29	348	354	3.40	3.36	0.175	0.172	
	7	3746	9.96	9.99	9.98	28.03	358		3.29		0.173		

圧縮強度試験結果（気中養生）

材齢	No.	質量 (g)	直径(cm) D1	直径(cm) D2	直径(cm) 平均値	荷重 (tf)	圧縮強度(kgf/cm^2) 測定値	圧縮強度(kgf/cm^2) 平均値	弾性係数(*10^5kgf/cm^2) 測定値	弾性係数(*10^5kgf/cm^2) 平均値	ポアソン比 測定値	ポアソン比 平均値	バッチ名
2日	1	3663	9.94	9.96	9.95	11.05	142	143					5
	2	3670	9.96	9.94	9.95	11.15	144						
2日	3	3620	9.86	9.98	9.92	11.38	147	152	2.34	2.26	0.193	0.198	6-1
	4	3711	9.98	10.02	10.00	12.06	154		2.38		0.205		
	5	3699	9.97	9.94	9.96	11.96	154		2.06		0.195		
3日	1	3646	9.99	9.92	9.96	14.54	187	191	2.55	2.44	0.169	0.165	
	2	3701	10.00	9.92	9.96	15.62	200		2.40		0.136		
	3	3670	10.00	9.94	9.97	14.60	187		2.38		0.189		
4日	1	3647	9.98	9.94	9.96	15.57	200	204	2.43	2.43	0.151	0.154	5
	2	3661	9.98	9.93	9.96	16.75	215		2.32		0.161		
	3	3634	9.86	10.00	9.93	15.28	197		2.55		0.149		
4日	4	3682	9.94	10.00	9.97	17.46	224	216					6-1
	5	3671	10.00	9.97	9.99	16.21	207						
5日	1	3623	10.00	9.96	9.98	16.73	214	225	2.57	2.74	0.175	0.190	6-1
	2	3669	9.94	10.02	9.98	18.02	230		2.90		0.205		
	3	3683	9.96	10.05	10.01	18.07	230		2.75		0.190		
7日	1	3663	9.96	9.96	9.96	19.08	245	242	2.78	2.77	0.137	0.134	5
	2	3653	9.98	10.00	9.99	18.91	241		2.68		0.130		
	3	3673	9.98	10.00	9.99	18.89	241		2.84		0.135		
7日	4	3700	9.96	10.02	9.99	20.48	261	249					6-1
	5	3601	9.92	10.01	9.97	18.43	237						
14日	1	3663	9.98	9.94	9.96	22.87	294	291	2.73	2.69	0.192	0.192	
	2	3665	9.98	9.92	9.95	22.30	287		2.64		0.192		
14日	3	3633	9.94	9.99	9.97	23.01	295	299	2.76	2.81	0.140	0.160	8
	4	3664	9.96	9.95	9.96	23.57	303		2.92		0.199		
	5	3645	9.93	10.00	9.97	23.33	299		2.76		0.140		
28日	1	3672	9.93	10.00	9.97	22.00	282	280					5
	2	3616	9.95	9.95	9.95	21.62	278						
28日	3	3655	9.97	9.95	9.96	23.50	302	280	2.88	2.77	0.182	0.169	6-1
	4	3600	9.96	9.96	9.96	20.13	258		2.42		0.133		
28日	5	3671	10.03	9.96	10.00	23.44	298	280	3.01	2.89	0.209	0.180	8
	6	3677	10.04	9.92	9.98	24.87	318		2.76		0.150		
	7	3634	10.00	9.91	9.96	23.42	301						

シリーズⅠ　持続引張載荷を受けたコンクリートの直接引張強度試験結果

応力導入時期	応力強度比 (%)	持続荷重 (kgf)	No.	高さ(cm) H1	H2	H3	平均値	幅(cm) B1	B2	平均値	荷重 (kgf)	直接引張強度(kgf/cm²) 測定値	平均値	破断位置 (cm)	試験名
12h	40	100	1	10.02	10.02	10.06	10.03	9.96	9.97	9.97	2190	21.9	22.2	26.80	C－1
			2	10.11	10.17	10.10	10.13	9.94	9.98	9.96	2100	20.8		9.30	
			3	10.00	10.14	10.10	10.08	9.96	10.00	9.98	2428	24.1		15.80	
			4	10.18	10.17	10.13	10.16	10.00	10.00	10.00	2453	24.1		10.70	
			5	10.13	10.15	10.13	10.14	10.03	10.02	10.03	2237	22.0		10.10	
			6	10.20	10.28	10.26	10.25	10.02	10.00	10.01	2078	20.3		12.20	
	55	138	1	10.27	10.22	10.21	10.23	10.04	9.99	10.02	1914	18.7	22.3	9.80	C－2
			2	10.13	10.16	10.07	10.12	10.08	10.10	10.09	2797	27.4		29.00	
			3	10.12	10.14	10.14	10.13	9.97	10.00	9.99	1984	19.6		29.40	
			4	10.17	10.18	10.13	10.16	9.99	10.00	10.00	2386	23.5		9.60	
			5	10.02	10.10	10.10	10.07	9.99	10.03	10.01	2461	24.4		22.80	
			6	10.25	10.26	10.10	10.20	10.00	10.00	10.00	2040	20.0		16.50	
	0	0	1	10.09	10.12	10.14	10.12	10.10	10.10	10.10	2331	23.0	22.5	18.30	－
			2	10.24	10.22	10.20	10.22	10.01	10.10	10.06	2301	22.4		9.80	
			3	10.07	10.17	10.16	10.13	10.25	10.20	10.23	2298	22.2		31.40	
	70	173	1	10.07	10.11	10.08	10.09	9.99	9.98	9.99	2001	19.9	21.9	31.00	C－3
			2	10.08	10.10	10.07	10.08	10.00	10.02	10.01	2408	23.9		21.00	
			3	10.00	10.02	10.00	10.01	9.98	9.99	9.99	2061	20.6		10.40	
			4	10.03	10.14	10.13	10.10	10.01	10.06	10.04	2356	23.2		30.10	
			5	10.14	10.17	10.08	10.13	10.01	10.06	10.04	2281	22.4		30.10	
			6	10.08	10.04	10.06	10.06	9.99	10.06	10.03	2156	21.4		11.60	
	85	210	1	10.18	10.16	10.10	10.15	10.04	10.00	10.02	1923	18.9	21.7	12.20	C－4
			2	10.06	10.12	10.10	10.09	10.07	10.04	10.06	2398	23.6		26.00	
			3	10.05	10.10	10.03	10.06	9.99	9.98	9.99	2346	23.3		19.40	
			4	10.14	10.14	10.06	10.11	9.96	10.05	10.01	2312	22.9		11.80	
			5	10.14	10.14	10.20	10.16	10.07	9.96	10.02	2183	21.4		16.20	
			6	10.10	10.10	10.10	10.10	10.00	9.99	10.00	2020	20.2		11.30	
	0	0	1	10.02	10.06	10.08	10.05	10.00	10.00	10.00	2041	20.3	20.1	25.80	－
			2	10.02	10.00	9.98	10.00	10.07	10.08	10.08	2002	19.9		10.00	
			3												
18h	40	302	1	9.92	9.79	9.80	9.84	10.05	10.02	10.04	2223	22.5	24.1	29.30	C－5
			2	9.87	9.88	9.88	9.88	10.00	10.02	10.01	2091	21.1		16.80	
			3	9.88	9.81	9.88	9.86	9.99	10.02	10.01	2679	27.2		23.10	
			4	9.90	9.86	9.84	9.87	10.02	9.98	10.00	2545	25.8		22.00	
			5	9.91	9.83	9.86	9.87	10.00	10.00	10.00	2317	23.5		12.70	
			6	9.92	9.85	9.88	9.88	10.01	10.00	10.01	2405	24.3		28.10	
	55	416	1	9.90	9.90	9.89	9.90	10.00	9.93	9.97	2317	23.5	24.4	20.70	C－6
			2	9.92	9.90	9.96	9.93	9.93	9.94	9.94	2398	24.3		21.10	
			3	9.86	9.75	9.81	9.81	10.00	10.04	10.02	2244	22.8		15.40	
			4	9.89	9.82	9.87	9.86	10.03	10.04	10.04	2680	27.1		21.40	
			5	9.97	9.90	9.87	9.91	10.05	10.04	10.05	2402	24.1		22.00	
			6	9.92	9.84	9.84	9.87	10.00	10.00	10.00	2406	24.4		14.40	
	0	0	1	9.88	9.82	9.84	9.85	10.04	10.00	10.02	2007	20.3	23.3	20.00	－
			2	9.88	9.82	9.91	9.87	10.09	10.05	10.07	2186	22.0		25.10	
			3	9.88	9.83	9.96	9.91	10.03	10.04	10.04	2734	27.5		29.30	
	70	615	1	10.15	10.18	10.16	10.16	10.04	10.01	10.03	2574	25.3	24.3	14.80	C－7
			2	10.15	10.23	10.24	10.21	10.14	10.03	10.09	2472	24.0		13.00	
			3	10.09	10.13	10.14	10.12	9.96	9.98	9.97	2227	22.1		11.40	
			4	10.18	10.17	10.14	10.16	10.04	10.06	10.05	2515	24.6		18.50	
			5	10.25	10.26	10.20	10.24	10.04	10.04	10.04	2508	24.4		25.40	
			6	10.19	10.23	10.21	10.21	10.06	10.06	10.06	2597	25.3		27.20	
	85	746	1	10.12	10.14	10.06	10.11	10.03	10.07	10.05	2200	21.7	26.9	19.40	C－8
			2	10.14	10.07	10.09	10.10	10.05	10.07	10.06	2556	25.2		11.40	
			3	10.25	10.30	10.23	10.26	9.95	9.93	9.94	2741	26.9		11.00	
			4	10.25	10.25	10.25	10.25	10.15	10.15	10.15	3155	30.3		22.60	
			5	10.02	10.03	10.03	10.03	9.98	10.01	10.00	2986	29.8		26.70	
			6	10.15	10.23	10.18	10.19	9.99	10.03	10.01	2824	27.7		18.40	
	0	0	1	10.19	10.13	10.15	10.16	10.02	10.05	10.04	2347	23.1	24.2	10.10	－
			2	10.19	10.20	10.18	10.19	10.00	10.01	10.01	2401	23.6		27.40	
			3	10.20	10.13	10.14	10.16	10.04	10.01	10.03	2631	25.9		19.40	
24h	40	450	1	9.99	10.00	10.02	10.00	10.05	10.04	10.05	2510	25.0	27.5	20.40	C－9
			2	10.15	10.21	10.15	10.17	10.00	9.97	9.93	2898	28.5		26.40	
			3	10.00	10.00	10.00	10.00	9.95	9.90	9.93	2727	27.5		26.20	
			4	9.97	9.35	9.99	9.77	10.00	9.98	9.99	2906	29.8		18.20	
			5	9.95	9.96	10.03	9.98	10.06	10.03	10.05	2619	26.1		30.60	
			6	9.98	9.95	9.98	9.97	10.00	9.95	9.98	2781	28.0		10.10	
	55	619	1	10.03	10.07	10.00	10.03	10.06	10.05	10.06	2345	23.3	28.8	26.00	C－10
			2	10.03	10.05	10.04	10.04	10.01	10.05	10.03	2958	29.4		29.50	
			3	10.11	10.11	10.08	10.10	10.09	10.07	10.08	2538	24.9		21.70	
			4	10.05	10.10	10.07	10.07	10.10	10.03	10.07	3054	30.1		24.70	
			5	10.12	10.13	10.08	10.11	10.04	10.00	10.02	3348	33.0		11.20	
			6	10.07	10.14	10.07	10.09	10.03	10.00	10.02	3212	31.8		10.40	
	0	0	1	9.90	9.85	9.90	9.88	10.06	10.05	10.06	2786	28.1	28.7	21.00	－
			2	9.98	10.07	10.01	10.02	9.93	9.96	9.95	2942	29.5		12.40	
			3	10.00	9.99	10.00	10.00	10.05	10.05	10.05	2865	28.5		14.10	
	70	696	1	10.20	10.12	10.09	10.14	9.99	10.00	10.00	2735	27.0	26.9	10.10	C－11
			2	10.15	10.22	10.24	10.20	10.02	10.05	10.04	2494	24.4		22.20	
			3	10.04	10.16	10.15	10.12	9.97	10.05	10.01	2355	23.2		28.60	
			4	10.05	10.10	10.10	10.08	10.05	10.06	10.06	2980	29.4		30.00	
			5	10.10	10.11	10.15	10.12	10.15	10.08	10.12	2718	26.5		14.50	
			6	10.00	10.06	10.80	10.29	10.05	10.05	10.05	3103	30.7		14.40	
	85	846	1	10.10	10.05	10.10	10.08	10.19	10.12	10.16	2708	26.4	25.8	29.40	C－12
			2	10.11	10.14	10.16	10.14	10.08	10.02	10.05	2904	28.5		20.40	
			3	10.18	10.17	10.21	10.19	10.09	10.09	10.09	2553	24.8		30.60	
			4	10.05	10.07	10.07	10.06	10.00	10.02	10.01	2400	23.8		24.40	
			5	10.12	10.11	10.11	10.11	10.12	10.02	10.07	2404	23.6		27.80	
			6	10.09	10.11	10.08	10.09	10.08	10.00	10.04	2804	27.7		29.20	

注）破断位置の寸法は、ロードセル側から測定した破断面までの距離2ヶ所の平均値とした。

シリーズII　持続引張載荷を受けたコンクリートの直接引張試験強度結果

応力導入時間	応力強度比 (%)	持続荷重 (kgf)	No.	高さ(cm) H1	H2	H3	平均値	幅(cm) B1	B2	平均値	荷重 (kgf)	直接引張強度(kgf/cm^2) 測定値	平均値	破断位置 (cm)	試験名
2日	55	1060	1	10.03	10.05	10.01	10.03	9.99	10.00	10.00	2733	27.2	32.8	13.0	C-101
			2	10.08	10.10	10.06	10.08	10.01	10.04	10.03	3283	32.5		14.9	
			3	10.08	10.15	10.28	10.22	10.06	10.04	10.05	3724	36.4		21.2	
			4	10.07	10.14	10.20	10.17	10.03	10.02	10.03	3806	37.5		17.6	
			5	10.25	10.27	10.10	10.19	10.04	10.05	10.05	3316	32.3		26.2	
			6	10.02	10.12	10.17	10.15	10.03	10.04	10.04	3133	30.9		24.8	
	70	1349	1	10.07	10.11	10.12	10.12	10.04	9.98	10.01	2987	29.5	33.5	29.3	C-102
			2	10.18	10.26	10.21	10.24	10.14	10.15	10.15	3284	31.7		11.4	
			3	10.03	10.07	10.09	10.08	10.02	10.02	10.02	3574	35.5		20.0	
			4	10.21	10.24	10.18	10.21	9.97	9.97	9.97	3687	36.2		30.2	
			5	10.29	10.28	10.18	10.23	10.13	10.12	10.13	3791	36.5		27.0	
			6	10.14	10.09	10.04	10.07	10.08	10.05	10.07	3210	31.6		13.4	
	0	—	1	10.08	10.10	10.11	10.11	10.01	10.00	10.01	3386	33.5	30.2	9.8	—
			2	10.09	10.07	10.05	10.06	10.07	10.08	10.08	2851	28.1		20.7	
			3	10.11	10.16	10.19	10.18	10.00	10.01	10.01	2951	29.0		18.8	
2日	85	1735	1	10.11	10.19	10.14	10.17	9.99	9.98	9.99	3139	31.0	32.3	29.6	C-103
			2	10.15	10.23	10.23	10.23	10.13	10.12	10.13	2981	28.9		26.4	
			3	10.14	10.13	10.06	10.10	10.05	10.04	10.05	3323	32.7		29.0	
			4	10.12	10.12	10.06	10.09	9.98	9.98	9.98	3384	33.6		14.4	
			5	10.16	10.16	10.13	10.15	10.06	10.05	10.06	3366	33.0		28.6	
			6	10.20	10.23	10.18	10.21	10.04	10.02	10.03	3519	34.4		28.8	
	0	—	1	10.22	10.26	10.19	10.23	10.00	9.99	10.00	3201	31.3	29.7	9.4	—
			2	10.22	10.24	10.19	10.22	10.04	10.05	10.05	2998	29.2		21.0	
			3	10.12	10.17	10.14	10.16	10.07	10.05	10.06	2914	28.6		10.6	
4日	55	1302	1	10.15	10.14	10.11	10.12	10.08	10.00	10.04	2976	29.3	27.9	28.5	C-104
			2	10.02	10.06	10.01	10.04	10.09	10.01	10.05	2394	23.7		28.9	
			3	10.02	10.04	9.96	10.00	10.05	10.05	10.05	2803	27.9		24.8	
			4	10.08	10.12	10.12	10.12	10.02	9.98	10.00	2726	27.0		10.6	
			5	10.13	10.16	10.10	10.13	9.96	10.00	9.98	3100	30.7		26.9	
			6	10.07	10.13	10.04	10.09	10.08	10.02	10.05	2919	28.8		29.7	
	70	1656	1	10.08	10.10	10.07	10.09	10.02	9.99	10.01	2701	26.8	30.2	11.6	C-105
			2	10.14	10.19	10.10	10.15	10.01	10.02	10.02	2976	29.3		11.6	
			3	10.04	10.08	10.09	10.09	9.98	9.98	9.98	3035	30.2		25.7	
			4	10.00	10.03	10.02	10.03	10.06	10.06	10.06	3485	34.6		16.9	
			5	10.09	10.14	10.08	10.11	10.02	10.09	10.06	3085	30.4		11.4	
			6	10.05	10.07	10.03	10.05	10.12	10.06	10.09	3002	29.6		11.8	
	0	—	1	10.06	10.10	10.12	10.11	10.00	10.01	10.01	3314	32.8	28.3	28.7	—
			2	10.09	10.28	10.19	10.24	10.17	10.08	10.13	2414	23.4		18.4	
			3	10.11	10.11	10.10	10.11	10.16	10.01	10.09	2916	28.7		31.1	
4日	85	2006	1	10.15	10.13	10.09	10.11	10.10	10.09	10.10	2765	27.1	29.0	18.1	C-106
			2	10.29	10.29	10.12	10.21	10.12	10.06	10.09	2730	26.4		13.2	
			3	10.14	10.19	10.17	10.18	10.04	10.02	10.03	3220	31.6		28.1	
			4	10.06	10.05	10.03	10.04	10.02	9.98	10.00	3157	31.4		27.8	
			5	10.09	10.11	10.07	10.09	10.08	10.05	10.07	3147	31.0		18.6	
			6	10.12	10.18	10.15	10.17	10.07	10.05	10.06	2718	26.6		12.0	
	0	—	1	10.20	10.16	10.06	10.11	10.02	10.04	10.03	3156	31.0	29.3	10.8	—
			2	10.18	10.18	10.13	10.16	10.06	10.05	10.06	2706	26.5		24.0	
			3	10.12	10.23	10.19	10.21	10.10	10.10	10.10	3114	30.3		29.0	
2日	70	1358	1	10.28	10.22	10.07	10.15	10.09	9.98	9.99	3215	31.6	30.2	19.6	C-107
			2	10.08	10.18	10.15	10.17	10.20	9.97	10.09	3068	30.3		27.8	
			3	10.05	10.17	10.24	10.21	10.12	9.95	10.04	3120	30.6		26.8	
			4	10.24	10.22	10.16	10.19	10.06	10.02	10.04	3045	29.7		28.8	
			5	10.15	10.20	10.10	10.15	10.10	10.06	10.08	2906	28.4		13.5	
			6	10.25	10.21	10.12	10.17	10.20	10.15	10.18	3143	30.3		12.6	
	85	1649	1	10.13	10.21	10.26	10.24	10.06	10.03	10.05	2822	27.6	29.4	24.4	C-108
			2	10.14	10.20	10.21	10.21	10.14	10.10	10.12	2932	28.5		27.7	
			3	10.13	10.21	10.06	10.14	10.08	10.10	10.09	2702	26.4		12.4	
			4	10.16	10.12	10.16	10.14	10.06	10.05	10.06	3172	31.1		14.2	
			5	10.14	10.20	10.15	10.18	10.04	10.00	10.02	3095	30.4		13.7	
			6	10.16	10.33	10.30	10.32	10.14	10.06	10.10	3381	32.6		29.0	
	0	—	1	10.11	10.19	10.12	10.16	10.11	10.03	10.07	3101	30.4	32.3	11.7	—
			2	10.18	10.21	10.12	10.17	10.06	10.02	10.04	3501	34.3		11.0	
			3	10.10	10.06	10.15	10.11	10.02	10.04	10.03	3271	32.3		28.4	
2日	85	1289	1	10.38	10.33	10.19	10.30	10.05	10.06	10.14	1808	17.4	20.1	10.1	C-109
			2	10.21	10.24	10.21	10.22	10.16	10.11	10.16	2202	21.2		13.1	
			3	10.25	10.29	10.28	10.27	10.10	10.09	10.15	2033	19.6		13.0	
			4	10.10	10.23	10.20	10.18	10.08	10.10	10.12	2134	20.8		29.6	
			5	10.15	10.23	10.30	10.23	10.03	10.03	10.10	2237	21.8		12.8	
			6	10.20	10.34	10.25	10.26	10.05	10.04	10.12	2017	19.6		19.6	
	0	—	1	10.24	10.25	10.15	10.21	10.11	10.07	10.13	2011	19.5	19.7	20.4	—
			2	10.17	10.31	10.25	10.24	10.11	10.00	10.12	2140	20.9		29.0	
			3	10.14	10.20	10.22	10.19	10.04	10.02	10.08	1910	18.7		30.4	
4日	85	1460	1	10.15	10.18	10.15	10.16	10.02	9.99	10.00	1623	16.0	18.3	10.6	C-110
			2	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	
			3	10.17	10.25	10.19	10.20	10.10	10.06	10.08	1695	16.5		27.8	
			4	10.12	10.20	10.15	10.16	10.10	10.04	10.07	2130	20.8		10.8	
			5	10.19	10.27	10.34	10.27	10.04	10.03	10.04	2089	20.3		30.2	
			6	10.16	10.24	10.15	10.18	10.04	10.04	10.04	1827	17.9		29.6	
	0	—	1	10.14	10.26	10.24	10.21	10.04	10.04	10.02	1410	13.8	16.9	9.6	—
			2	10.12	10.23	10.22	10.19	10.16	10.17	10.16	2007	19.4		10.0	
			3	10.09	10.15	10.15	10.13	10.08	10.04	10.06	1776	17.4		11.7	

注）破断位置の寸法は、ロードセル側から測定した破断面までの距離２ヶ所の平均値とした。

シリーズⅠ　割裂引張強度試験結果（持続引張載荷を受けるコンクリートの強度管理試験）

応力導入時間	応力強度比 (%)	材齢	No.	質量 (g)	直径(cm) D1	直径(cm) D2	直径(cm) 平均値	長さ(cm) L1	長さ(cm) L2	長さ(cm) 平均値	荷重 (tf)	割裂引張強度(kgf/cm²) 測定値	割裂引張強度(kgf/cm²) 平均値	バッチ名
12h	40.55	12h	1	8726	15.00	15.00	15.00	20.71	20.52	20.62	1.16	2.39	2.72	C-1.2
			2	8991	15.00	14.98	14.99	21.36	21.38	21.37	1.38	2.74		
			3	8970	15.02	15.07	15.05	21.37	21.10	21.24	1.52	3.03		
		1日	1	8860	14.99	15.05	15.02	20.93	21.02	20.98	4.92	9.94	10.1	
			2	8995	15.02	15.07	15.05	21.46	21.12	21.29	4.98	9.90		
			3	9118	15.02	15.08	15.05	21.52	21.58	21.55	5.25	10.3		
		2日	1	8923	14.99	15.00	15.00	21.24	20.98	21.11	7.50	15.1	16.4	
			2	9198	15.04	15.06	15.05	21.62	21.67	21.65	7.68	15.0		
			3	8931	14.99	15.98	15.49	21.26	21.26	21.26	9.53	19.1		
		3日	1	9041	14.98	14.98	14.98	21.60	21.10	21.35	10.43	20.8	20.4	
			2	9174	15.00	15.02	15.01	21.72	21.74	21.73	9.69	18.9		
			3	9002	15.00	15.03	15.02	21.43	21.34	21.39	10.89	21.6		
		28日	1	8998	15.02	15.03	15.03	21.31	21.19	21.25	16.55	33.0	31.9	
			2	9012	15.00	15.03	15.02	21.38	21.20	21.29	16.60	33.0		
			3	8885	15.01	15.07	15.04	20.97	21.06	21.02	14.80	29.8		
	70.85	12h	1	8992	15.02	15.03	15.03	21.10	21.18	21.14	1.42	2.85	2.68	C-3.4
			2	8828	15.02	15.00	15.01	20.99	20.82	20.91	1.26	2.56		
			3	8798	14.97	14.99	14.98	20.97	20.94	20.96	1.30	2.64		
		1日	1	9049	15.05	15.02	15.04	21.17	21.36	21.27	4.32	8.60	8.73	
			2	8733	14.96	14.96	14.96	20.67	20.70	20.69	4.18	8.60		
			3	9074	15.01	15.00	15.01	21.35	21.28	21.32	4.51	8.98		
		2日	1	9232	15.00	15.01	15.01	21.70	21.70	21.70	7.69	15.0	16.2	
			2	9114	15.03	14.99	15.01	21.58	21.40	21.49	9.10	18.0		
			3	8888	15.00	14.97	14.99	20.97	20.92	20.95	7.70	15.6		
		3日	1	8936	15.00	15.03	15.02	21.14	21.04	21.09	11.00	22.1	21.1	
			2	9007	15.02	15.1	15.05	21.34	21.01	21.18	10.43	20.8		
			3	8947	15.02	15.0	15.03	20.92	21.24	21.08	10.16	20.4		
		28日	1	9041	15.02	15.1	15.06	21.30	21.24	21.27	14.94	29.7	32.4	
			2	8975	14.98	15.0	14.98	21.26	21.27	21.27	16.86	33.7		
			3	8837	15.02	15.0	15.03	21.00	20.76	20.88	16.72	33.9		
18h	40.55	18h	1	8822	15.00	15.0	15.00	21.05	21.03	21.04	3.27	6.60	6.52	C-5.6
			2	8851	14.97	14.97	14.97	21.02	21.16	21.09	3.49	7.04		
			3	9079	15.02	15.08	15.05	21.29	21.62	21.46	3.00	5.92		
		1日	1	9008	15.00	14.99	15.00	21.62	21.5	21.55	4.60	9.06	9.60	
			2	8943	15.04	15.08	15.06	21.06	21.1	21.09	4.75	9.53		
			3	8943	14.98	14.98	14.98	21.20	21.1	21.17	5.08	10.2		
		2日	1	8942	15.02	15.10	15.06	21.40	21.2	21.30	9.30	18.5	18.0	
			2	8881	15.00	14.98	14.99	20.40	20.0	20.19	8.20	17.4		
			3	8992	15.02	15.10	15.06	21.40	21.4	21.40	9.15	18.1		
		3日	1	9008	15.01	15.02	15.02	21.31	21.22	21.27	10.78	21.5	21.6	
			2	8902	15.00	15.00	15.00	21.26	21.00	21.13	9.55	19.2		
			3	9048	15.01	15.07	15.04	21.29	21.36	21.33	12.13	24.1		
		28日	1	8998	15.00	15.02	15.01	21.26	21.21	21.24	15.26	30.5	32.5	
			2	9110	15.02	15.08	15.05	21.69	21.46	21.58	16.37	32.1		
			3	8716	15.00	15.06	15.03	20.49	20.79	20.64	17.85	34.9		
	70.85	18h	2	9161	15.02	15.04	15.03	21.62	21.33	21.48	3.60	7.10	7.40	C-7.8
			3	9153	15.07	15.02	15.05	21.64	21.65	21.65	3.94	7.70		
		1日	1	9020	15.00	15.01	15.01	21.37	21.03	21.20	5.18	10.4	10.3	
			2	9046	15.00	14.98	14.99	21.14	21.40	21.27	5.30	10.6		
			3	9036	14.98	14.97	14.98	21.42	21.35	21.39	4.96	9.86		
		2日	1	9017	15.00	15.05	15.03	21.22	21.38	21.30	8.17	16.2	18.2	
			2	8924	15.00	15.20	15.10	21.00	20.80	20.90	9.50	19.3		
			3	9053	14.98	14.99	14.99	21.50	21.30	21.40	9.64	19.1		
		3日	1	9169	14.98	15.00	14.99	21.47	21.43	21.45	10.48	20.7	21.9	
			2	9386	15.01	15.10	15.06	22.07	21.96	22.02	11.97	23.0		
			3	9084	15.01	15.05	15.03	21.32	21.23	21.28	11.10	22.1		
		28日	1	9040	15.04	15.07	15.06	21.21	21.08	21.15	15.77	31.5	33.6	
			2	9132	14.98	14.99	14.99	21.59	21.64	21.62	17.58	34.6		
			3	9028	15.00	15.02	15.01	21.11	21.31	21.21	17.39	34.8		
24h	40.55	1日	1		15.00	15.00	15.00	21.40	21.38	21.39	5.05	10.0	9.71	C-9.10
			2		14.98	14.98	14.98	21.33	21.32	21.33	4.95	9.86		
			3		15.00	15.03	15.02	21.63	21.48	21.56	4.70	9.24		
		2日	1	8886	14.98	14.96	14.97	21.69	21.79	21.74	10.40	20.3	18.6	
			2	8994	15.00	15.00	15.00	21.36	21.70	21.53	8.60	17.0		
			3	8754	14.94	14.96	14.95	21.00	21.10	21.05	9.20	18.6		
		3日	1	9150	15.02	15.02	15.02	21.89	21.82	21.86	1.40	22.1	21.6	
			2	9052	15.03	15.04	15.04	21.69	21.51	21.60	10.95	21.5		
			3	8973	15.00	15.00	15.00	21.45	21.60	21.53	10.75	21.2		
		28日	1	8903	15.03	14.99	15.01	21.36	21.69	21.53	16.25	32.0	33.6	
			2	8921	14.99	14.97	14.98	21.42	21.38	21.40	16.84	33.4		
			3	8917	14.98	14.98	14.98	21.50	21.41	21.46	17.69	35.4		
	70.85	1日	1		15.02	15.00	15.01	21.69	21.73	21.71	4.45	8.69	8.57	C-11.12
			2		15.03	14.97	15.00	21.50	21.52	21.51	4.15	8.18		
			3		14.97	15.03	15.00	21.55	21.58	21.57	4.50	8.85		
		2日	1		15.00	15.00	15.00	20.86	20.99	20.93	7.05	14.3	15.5	
			2		15.00	15.02	15.01	21.12	21.00	21.06	7.80	15.7		
			3		14.98	14.96	14.97	21.43	21.50	21.47	8.30	16.4		
		3日	1		14.99	14.98	14.99	21.10	21.00	21.05	9.65	19.5	20.5	
			2		15.00	15.06	15.03	21.60	21.96	21.78	10.40	20.7		
			3		15.00	14.98	14.99	20.66	20.80	20.73	10.40	21.3		
		28日	1	8777	15.00	15.03	15.02	20.67	21.94	21.31	16.80	34.2	34.2	
			2	8797	14.97	14.96	14.97	20.91	21.16	21.04	17.85	36.1		
			3	8843	15.05	15.03	15.04	20.86	20.85	20.86	15.90	32.3		

シリーズII　割裂引張強度試験結果（持続引張載荷を受けるコンクリートの強度管理試験）

応力導入時期	応力強度比(%)	材齢	No.	質量(g)	直径(cm) D1	直径(cm) D2	直径(cm) 平均値	長さ(cm) L1	長さ(cm) L2	長さ(cm) 平均値	荷重(tf)	割裂引張強度(kgf/cm^2) 測定値	割裂引張強度(kgf/cm^2) 平均値	バッチ名
2日	55,70 (封緘)	1日	1	8380	15.00	15.00	15.00	20.02	19.93	19.98	4.71	10.0	9.80	C-101,102
			2	8486	14.99	15.04	15.02	20.23	20.28	20.26	4.36	9.13		
			3	8466	14.96	14.95	14.96	20.30	20.52	20.41	4.92	10.3		
		2日	1	8549	15.03	15.06	15.05	20.28	20.34	20.31	7.81	16.3	16.9	
			2	8560	15.01	15.07	15.04	20.30	20.53	20.42	7.68	15.9		
			3	8648	14.99	15.04	15.02	20.64	20.60	20.62	8.94	18.4		
		7日	1	8499	14.99	14.97	14.98	20.22	20.28	20.25	13.15	27.6	26.4	
			2	8595	15.03	15.03	15.03	20.52	20.43	20.48	13.46	27.8		
			3	8766	15.01	15.08	15.05	20.84	20.94	20.89	11.80	23.9		
		28日	1	8998	15.02	15.03	15.02	21.31	21.19	21.25	16.55	33.0	31.9	
			2	9012	15.00	15.03	15.02	21.38	21.20	21.29	16.60	33.0		
			3	8885	15.01	15.70	15.04	20.97	21.06	21.02	14.80	29.8		
2日	85 (封緘)	1日	1	9337	15.09	15.04	15.07	21.00	22.01	21.51	4.88	9.59	9.98	C-103,109
			2	8877	15.02	15.10	15.06	21.37	20.07	20.72	5.50	11.2		
			3	8778	14.98	15.02	15.00	21.20	22.04	21.62	4.65	9.13		
		2日	1	9221	15.00	15.08	15.04	22.01	21.96	21.99	8.90	17.1	17.9	
			2	9199	14.99	15.00	15.00	22.00	21.95	21.73	9.20	17.8		
			3	9005	15.02	15.06	15.04	21.50	21.48	21.07	9.55	18.8		
		7日	1	8641	15.00	14.99	15.00	20.60	20.71	21.54	12.34	25.3	26.0	
			2	9396	15.04	15.12	15.08	22.48	22.37	21.91	13.24	24.9		
			3	8854	14.98	14.99	14.99	21.42	21.38	21.72	13.97	27.7		
		28日	1	9159	15.00	15.05	15.02	21.72	22.34	21.25	17.96	34.6	32.2	
			2	8758	15.02	14.98	15.02	21.14	21.08	21.29	15.92	32.0		
			3	9016	15.03	14.99	15.04	21.58	21.78	21.02	15.40	30.1		
4日	55,70 (封緘)	1日	1	8645	14.99	15.04	15.02	20.74	20.99	20.87	4.43	9.00	9.25	C-104,105
			2	8734	15.01	15.05	15.03	20.92	21.09	21.01	4.55	9.18		
			3	8882	15.00	15.02	15.01	21.34	21.38	21.36	4.82	9.57		
		2日	1	8819	15.01	15.08	15.05	21.24	21.12	21.18	11.62	23.2	23.2	
			2	8723	15.00	15.02	15.01	21.04	21.06	21.05	11.76	23.7		
			3	8671	14.99	14.98	14.99	21.04	21.10	21.07	11.30	22.8		
		7日	1	8924	15.03	15.07	15.05	21.25	21.61	21.43	12.79	25.2	27.0	
			2	8801	15.03	15.05	15.04	21.02	21.15	21.09	13.64	27.4		
			3	8939	15.01	15.03	15.02	21.48	21.42	21.45	14.41	28.5		
		28日	1	8748	14.99	15.03	15.01	21.05	21.04	21.05	15.41	31.1	30.8	
			2	8715	14.99	15.10	15.05	21.10	21.02	21.06	16.54	33.2		
			3	8568	14.98	14.98	14.98	20.84	20.94	20.89	13.84	28.2		
4日	85 (封緘)	1日	1	8730	15.01	15.03	15.02	21.00	20.94	20.97	4.80	9.70	9.51	C-106,110
			2	8784	15.00	15.01	15.01	21.28	21.20	21.24	4.74	9.47		
			3	8934	15.01	15.05	15.03	21.42	21.39	21.41	4.73	9.36		
		2日	1	8890	15.02	15.06	15.04	21.18	21.29	21.24	11.30	22.5	23.6	
			2	8655	14.99	15.03	15.01	20.75	20.77	20.76	12.45	25.4		
			3	8926	15.01	15.05	15.03	21.51	21.22	21.37	11.50	22.8		
		7日	1	8957	15.08	15.07	15.08	21.25	21.56	21.41	14.22	28.1	28.6	
			2	9051	15.02	15.08	15.05	21.54	21.80	21.67	14.66	28.6		
			3	8829	15.00	14.98	14.99	21.01	21.35	21.18	14.53	29.1		
		28日	1	8669	15.04	15.09	15.07	20.55	20.94	20.75	14.54	29.6	31.0	
			2	8849	14.98	15.04	15.01	21.37	21.15	21.26	16.02	32.0		
			3	8831	15.08	15.02	15.05	21.24	21.07	21.16	15.76	31.5		
2日	70,85 (高温)	1日	1	8768	15.02	15.11	15.07	20.66	21.50	21.08	7.2	14.5	14.7	C-107,108
			2	8821	15.00	15.07	15.04	21.34	21.12	21.23	7.6	15.1		
			3	8924	15.09	15.05	15.07	21.48	21.36	21.42	7.3	14.4		
		2日	1	8673	15.03	15.08	15.06	20.84	20.92	20.88	9.6	19.4	19.4	
			2	8624	15.02	15.05	15.04	20.90	20.74	20.82	9.3	19.0		
			3	8705	15.01	15.03	15.02	21.04	21.08	21.06	9.8	19.7		
		7日	1	8602	14.98	15.00	14.99	21.13	20.65	20.89	11.9	24.1	25.3	
			2	8621	15.00	15.03	15.02	20.60	20.96	20.78	12.7	25.8		
			3	8864	15.02	15.18	15.10	20.88	21.74	21.31	13.2	26.1		
		28日	1	8862	15.02	15.10	15.06	21.47	21.31	21.39	13.58	26.8	28.7	
			2	8755	15.00	15.04	15.02	21.15	20.87	21.01	15.38	31.0		
			3	8718	15.04	15.04	15.04	21.10	20.97	21.04	14.07	28.3		
2日	85 (気中)	1日	1	8776	15.03	15.01	15.02	21.06	21.34	21.20	8.00	16.0	16.3	C-103,109
			2	8881	15.00	14.98	14.99	21.58	21.64	21.61	8.25	16.2		
			3	8609	14.99	15.04	15.02	20.98	20.87	20.92	8.30	16.8		
		7日	1	9066	15.02	15.02	15.02	22.16	22.24	22.20	11.87	22.7	23.7	
			2	8817	14.98	14.96	14.97	21.80	21.77	21.78	12.15	23.7		
			3	8784	15.00	15.04	15.02	21.43	21.55	21.49	12.52	24.7		
		28日	1	8759	15.01	15.03	15.02	21.02	20.94	20.98	12.95	26.2	26.7	
			2	8695	15.05	15.00	15.03	21.40	21.39	21.40	12.56	24.9		
			3	8705	15.02	15.07	15.05	21.34	21.23	21.29	14.54	28.9		
4日	85 (気中)	1日	1	8764	15.02	15.03	15.02	21.22	21.60	21.41	10.19	20.2	21.2	C-106,110
			2	8756	15.00	15.02	15.01	21.56	21.55	21.56	11.45	22.5		
			3	8715	14.99	15.08	15.04	21.38	21.26	21.32	10.56	21.0		
		7日	1	8956	15.03	15.04	15.04	21.72	22.06	21.89	12.2	23.6	22.6	
			2	8841	15.03	15.03	15.03	21.83	21.72	21.78	11.2	21.8		
			3	8857	14.98	14.97	14.98	21.99	22.04	22.02	11.7	22.5		
		28日	1	8804	15.00	15.00	15.00	21.77	21.59	21.68	14.3	28.0	28.0	
			2	8416	15.08	15.00	15.04	21.66	21.62	21.64	13.9	27.1		
			3	8406	15.02	14.98	15.00	20.84	20.64	20.74	14.1	28.8		

シリーズⅠ　圧縮強度試験結果（持続引張載荷を受けるコンクリートの強度管理試験）

応力導入時期	応力強度比(%)	材齢	No.	質量(g)	直径(cm) D1	直径(cm) D2	直径(cm) 平均値	荷重(tf)	圧縮強度(kgf/cm^2) 測定値	圧縮強度(kgf/cm^2) 平均値	バッチ名
12h	40, 55	3日	1	3762	9.98	10.02	10.00	16.1	205	200	C-1, 2
			2	3664	9.94	10.04	9.99	15.5	198		
			3	3720	9.93	9.98	9.96	15.3	196		
		28日	1	3748	10.05	9.95	10.00	28.8	367	361	
			2	3722	9.93	10.01	9.97	28.2	361		
			3	3736	9.92	9.98	9.95	27.6	355		
	70, 85	3日	1	3744	9.98	9.94	9.96	17.2	221	214	C-3, 4
			2	3783	9.98	9.95	9.97	16.2	208		
			3	3774	9.96	10.02	9.99	16.7	212		
		28日	1	3774	9.94	10.05	10.00	32.7	416	396	
			2	3763	9.96	9.97	9.97	29.6	380		
			3	3806	9.96	10.05	10.01	30.9	393		
18h	40, 55	3日	1	3724	9.95	9.97	9.96	17.3	222	221	C-5, 6
			2	3729	9.99	9.91	9.95	17.1	220		
			3	3772	10.06	9.91	9.99	17.2	220		
		28日	1	3753	9.96	10.02	9.99	28.6	365	371	
			2	3748	9.94	10.02	9.98	29.0	371		
			3	3718	9.94	9.93	9.94	29.3	378		
	70, 85	3日	1	3711	9.95	9.99	9.97	16.5	211	207	C-7, 8
			2	3751	10.03	10.00	10.02	16.0	203		
			3	3737	9.95	9.95	9.95	16.0	206		
		28日	1	3763	9.96	10.04	10.00	27.5	350	354	
			2	3726	9.98	9.92	9.95	26.8	345		
			3	3718	9.98	9.94	9.96	28.5	366		
24h	40, 55	3日	1	3668	9.91	9.91	9.91	17.9	232	211	C-9, 10
			2	3671	9.98	10.00	9.99	15.1	193		
			3	3645	9.90	9.92	9.91	16.1	208		
		29日	1	3701	9.99	10.02	10.01	30.3	385	381	
			2	3678	10.00	10.00	10.00	30.8	390		
			3	3614	9.95	9.95	9.95	28.6	367		
	70, 85	29日	1	3734	9.96	10.02	9.99	29.3	374	369	C-11, 12
			2	3730	10.05	9.93	9.99	29.2	373		
			3	3757	10.00	9.99	10.00	28.2	359		

シリーズII　圧縮強度試験結果（持続引張載荷を受けるコンクリートの強度管理試験）

応力導入時期	応力強度比 (%)	材齢	No.	質量 (g)	直径(cm) D1	直径(cm) D2	直径(cm) 平均値	荷重 (tf)	圧縮強度(kgf/cm^2) 測定値	圧縮強度(kgf/cm^2) 平均値	バッチ名
2日	55,70 (封緘)	1日	1	3733	10.06	9.97	10.02	6.75	85.6	83.9	C-101,102
			2	3718	9.97	10.04	10.01	6.67	84.9		
			3	3740	9.99	10.07	10.03	6.41	81.1		
		2日	1	3714	9.99	9.93	9.96	12.1	155	156	
			2	3730	10.01	9.92	9.97	12.1	155		
			3	3718	9.96	9.97	9.97	12.4	159		
		7日	1	3722	10.04	9.95	10.00	22.3	284	289	
			2	3729	9.99	9.94	9.97	23.2	298		
			3	3728	9.97	9.96	9.97	22.2	285		
		28日	1	3721	9.95	10.01	9.98	31.6	404	385	
			2	3759	9.95	10.05	10.00	29.2	372		
			3	3592	9.98	9.96	9.97	29.5	378		
2日	85 (封緘)	1日	1	3729	10.00	9.99	10.00	6.80	86.6	82.8	C-103,109
			2	3718	9.94	10.01	9.98	6.44	82.3		
			3	3714	9.96	9.96	9.96	6.19	79.4		
		2日	1	3730	10.03	9.95	9.99	12.8	163	173	
			2	3725	9.97	9.99	9.98	13.2	169		
			3	3688	10.04	9.90	9.97	14.6	187		
		7日	1	3715	9.99	9.94	9.97	22.7	291	286	
			2	3727	9.96	9.95	9.96	21.5	276		
			3	3725	9.97	9.93	9.95	22.7	292		
		28日	1	3764	10.00	9.99	10.00	30.3	386	382	
			2	3736	9.95	9.97	9.96	29.6	380		
			3	3718	9.95	9.95	9.95	29.6	381		
4日	55,70 (封緘)	1日	1	3723	9.98	9.95	9.97	5.31	68.2	69.4	C-104,105
			2	3732	9.98	10.00	9.99	5.52	70.4		
			3	3756	9.96	10.05	10.01	5.47	69.6		
		2日	1	3721	10.01	9.92	9.97	17.1	219	223	
			2	3737	9.97	9.95	9.96	17.5	225		
			3	3729	9.97	9.95	9.96	17.5	225		
		7日	1	3729	9.96	9.97	9.97	21.1	270	288	
			2	3722	10.02	9.90	9.96	23.7	304		
			3	3759	10.05	9.96	10.01	22.8	290		
		28日	1	3741	9.96	10.04	10.00	30.3	386	376	
			2	3726	9.96	10.02	9.99	28.4	362		
			3	3714	9.92	9.99	9.96	29.6	380		
4日	85 (封緘)	1日	1	3703	9.98	9.97	9.98	6.13	78.4	78.2	C-106,110
			2	3698	9.98	9.92	9.95	5.85	75.2		
			3	3723	10.00	10.00	10.00	6.35	80.9		
		2日	1	3709	9.94	10.00	9.97	19.3	247	243	
			2	3692	9.92	9.98	9.95	18.5	238		
			3	3713	9.96	9.96	9.96	19.0	244		
		7日	1	3737	10.05	9.98	10.02	22.0	279	283	
			2	3713	9.95	9.95	9.95	21.8	280		
			3	3702	9.94	9.98	9.96	22.7	291		
		28日	1	3725	9.96	9.96	9.96	30.0	385	388	
			2	3718	9.95	9.96	9.96	30.1	386		
			3	3696	9.95	9.99	9.97	30.7	393		
2日	70,85 (高温)	1日	1	3717	10.02	10.02	10.02	13.0	165	163	C-107,108
			2	3689	9.91	9.96	9.94	12.8	165		
			3	3676	9.93	9.91	9.92	12.4	160		
		2日	1	3699	9.92	9.96	9.94	17.8	229	225	
			2	3672	9.96	9.90	9.93	17.6	227		
			3	3716	10.03	10.01	10.02	17.3	219		
		7日	1	3683	9.98	9.98	9.98	21.5	275	273	
			2	3700	9.92	10.00	9.96	21.2	272		
			3	3690	9.97	9.96	9.97	21.1	271		
		28日	1	3680	9.90	9.95	9.92	26.9	348	337	
			2	3690	9.90	9.93	9.92	24.9	322		
			3	3668	9.87	9.98	9.92	26.4	342		
2日	85 (気中)	1日	1	3638	9.96	10.00	9.98	12.0	153	152	C-103,109
			2	3667	9.98	9.94	9.96	11.8	151		
			3	3669	10.02	9.95	9.99	12.0	153		
		7日	1	3656	9.94	10.04	9.99	19.7	252	247	
			2	3645	9.95	9.94	9.95	18.8	242		
			3	3643	9.94	9.96	9.95	19.2	247		
		28日	1	3624	9.94	9.96	9.95	22.7	292	293	
			2	3627	9.95	9.95	9.95	23.2	298		
			3	3613	9.95	9.97	9.96	22.4	288		
4日	85 (気中)	1日	1	3643	9.94	9.96	9.95	16.5	212	218	C-106,110
			2	3640	9.98	9.95	9.97	17.4	223		
			3	3669	9.96	10.02	9.99	17.2	219		
		7日	1	3619	9.97	10.00	9.99	19.4	248	246	
			2	3621	9.91	10.04	9.98	18.6	238		
			3	3624	9.98	9.98	9.98	19.6	251		
		28日	1	3614	9.95	9.95	9.95	21.9	282	287	
			2	3631	10.00	9.99	10.00	22.3	284		
			3	3619	10.02	9.94	9.98	23.1	295		

直接引張強度試験結果（封緘養生：12h-1～2-1）

材齢No.	荷重	引張応力	引張ひずみ (μ)						横ひずみ (μ)	
(ﾊﾟｯﾁ名)	(kgf)	(kgf/cm²)	1	2	3	5	6	7	4	8
	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	18	0.18	8	7	7	12	10	7	2	2
12h-1	42	0.42	14	15	12	22	19	17	2	2
	60	0.59	19	20	17	32	29	26	1	0
(4-2)	81	0.80	25	25	22	40	38	34	0	0
	98	0.97	35	34	29	51	47	45	0	0
	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	25	0.25	9	9	7	4	3	5	0	0
12h-2	39	0.39	14	13	11	6	6	8	0	0
	60	0.60	19	20	18	13	12	14	0	0
(4-2)	79	0.79	24	24	23	16	16	17	-2	0
	100	1.00	29	30	28	26	25	26	-3	-1
	119	1.19	36	35	34	42	41	44	-5	-4
	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	-1
	23	0.23	0	0	0	0	1	1	-1	-2
	42	0.41	1	0	1	1	2	2	-2	0
	60	0.59	2	0	1	2	2	3	-2	-1
	84	0.83	3	0	4	6	3	6	-2	-3
	100	0.98	3	0	4	7	4	7	-3	-2
	119	1.17	5	1	5	10	6	9	-3	-2
	142	1.40	7	2	6	11	8	11	-4	-3
	161	1.58	7	4	8	12	10	13	-4	-3
	182	1.79	8	5	8	15	12	14	-4	-3
	201	1.98	10	7	10	17	14	17	-4	-2
	224	2.20	11	8	11	19	17	20	-5	-3
18h-1	243	2.39	12	9	13	22	18	20	-5	-3
	261	2.57	14	11	14	23	19	22	-5	-3
(4-2)	280	2.76	15	12	15	25	20	24	-5	-2
	301	2.96	17	15	17	27	26	26	-5	-3
	320	3.15	18	15	20	30	26	27	-6	-4
	343	3.38	19	17	20	32	29	30	-6	-4
	362	3.56	20	18	21	35	31	32	-6	-4
	383	3.77	21	19	21	38	33	35	-6	-5
	399	3.93	22	20	24	40	35	38	-6	-4
	420	4.13	25	22	24	42	38	40	-7	-5
	444	4.37	25	22	25	44	40	41	-7	-5
	460	4.53	26	23	27	45	40	42	-8	-8
	481	4.73	28	25	28	49	42	44	-8	-7
	498	4.90	30	25	28	52	44	46	-8	-8
	521	5.13	30	28	30	56	48	50	-9	-7
	544	5.35	31	28	31	60	51	54	-9	-8
	565	5.56	33	30	33	63	53	55	-8	-8
	582	5.73	34	32	34	68	55	58	-9	-8
	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	18	0.18	2	0	0	1	3	0	0	0
	39	0.39	3	3	3	5	8	4	2	0
	58	0.57	5	4	4	8	9	6	3	0
	79	0.78	6	6	5	9	9	7	2	0
	100	0.99	8	7	6	11	11	8	2	0
	119	1.18	9	9	8	13	13	9	2	0
	142	1.40	11	11	9	14	14	9	2	0
	161	1.59	11	11	10	15	15	10	1	-1
18h-2	182	1.80	13	13	11	17	16	12	0	0
	201	1.99	15	12	11	19	17	13	0	-2
(4-2)	222	2.20	16	15	13	21	19	16	0	-3
	240	2.37	17	16	12	20	20	16	0	-4
	264	2.61	19	17	14	23	21	19	0	-3
	280	2.77	20	19	17	24	22	20	0	-4
	301	2.98	22	20	18	28	26	21	0	-4
	320	3.17	25	22	21	32	30	25	1	-2
	341	3.37	30	27	24	36	34	30	2	0
	360	3.56	34	31	28	40	37	32	4	0
	381	3.77	39	33	30	41	40	36	4	0
	402	3.98	40	35	31	43	40	36	3	0
	420	4.15	42	35	34	44	41	37	1	-2
	442	4.37	45	38	34	47	44	39	1	-2
	460	4.55	47	37	35	48	46	40	0	-4
	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	23	0.23	1	2	4	0	1	2	1	27
	39	0.39	0	0	0	1	1	1	-1	0
	60	0.59	0	0	1	2	0	2	-1	-2
	81	0.80	1	2	1	6	3	5	0	-1
	98	0.97	2	3	3	7	4	6	-1	-1
	121	1.20	5	5	6	10	8	10	0	-1
	140	1.39	6	7	7	11	11	12	0	0
	161	1.59	7	8	9	12	11	14	0	-1
	180	1.78	8	9	8	15	13	15	0	-1
	201	1.99	8	10	10	17	14	17	0	-2
18h-3	222	2.20	10	12	10	19	16	18	-1	-2
	243	2.41	10	12	12	22	17	19	-2	-2
(4-2)	259	2.56	11	13	11	23	18	20	-2	-4
	280	2.77	12	13	14	25	20	22	-1	-4
	301	2.98	14	16	14	27	21	23	-3	-4
	320	3.17	15	17	16	30	22	25	-1	-5
	341	3.38	17	18	18	32	25	27	-1	-4
	360	3.56	19	20	19	35	26	28	-2	-5
	383	3.79	20	23	20	38	27	31	-1	-5
	404	4.00	20	23	21	40	29	33	-2	-6
	420	4.16	21	23	21	42	29	34	-4	-8
	439	4.35	30	37	34	44	29	33	-3	-2
	460	4.55	32	40	36	45	31	35	-2	-2
	484	4.79	35	43	38	49	34	37	-2	-2
	502	4.97	38	47	40	52	35	39	-2	-2
	521	5.16	38	47	40	56	36	40	-4	-4
	542	5.37	40	48	40	60	37	40	-6	-5
	561	5.55	40	50	42	63	37	43	-6	-7
	580	5.74	43	53	44	68	39	45	-6	-7

材齢No.	荷重	引張応力	引張ひずみ (μ)						横ひずみ (μ)	
(ﾊﾟｯﾁ名)	(kgf)	(kgf/cm²)	1	2	3	5	6	7	4	8
	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	56	0.56	13	12	17	12	9	11	5	8
	100	1.00	19	18	21	17	15	19	7	12
	140	1.40	21	20	24	16	15	17	9	12
	201	2.01	26	27	30	21	20	22	10	15
	243	2.43	31	30	34	24	23	26	12	16
	299	2.99	35	35	38	28	27	30	11	17
	341	3.41	37	38	40	30	30	31	12	16
1-1	402	4.02	40	42	44	33	34	35	12	17
	444	4.44	44	43	44	34	35	35	11	14
(1)	500	5.01	46	46	43	38	38	38	10	13
	544	5.45	51	50	52	41	41	41	9	14
	603	6.04	55	54	58	45	46	46	10	13
	659	6.60	57	56	59	46	47	47	7	11
	699	7.00	59	58	63	48	50	49	7	11
	743	7.44	63	63	67	52	54	53	9	12
	799	8.00	68	68	73	56	58	58	6	12
	841	8.42	71	67	77	58	60	60	7	11
	900	9.01	76	75	81	60	63	61	5	9
	937	9.38	80	80	86	63	66	64	6	9
	963	9.64	83	85	90	67	71	68	6	10
	0	0.00	0	0	0	0	0	1	0	0
	98	0.98	7	17	22	3	20	19	20	16
	152	1.53	10	20	26	5	26	23	25	15
	198	1.99	11	21	28	8	28	24	23	15
	247	2.48	15	23	31	9	30	27	23	15
	301	3.02	17	24	32	11	32	29	23	14
	348	3.49	18	26	34	13	35	30	21	14
	402	4.04	18	28	35	13	36	31	19	11
	449	4.51	17	29	36	13	37	33	18	10
1-2	500	5.02	17	30	36	13	38	33	14	9
	551	5.53	20	32	38	17	40	36	14	8
(1)	603	6.05	25	35	41	21	44	38	16	10
	647	6.50	29	37	44	25	47	41	15	10
	701	7.04	32	40	47	29	49	45	15	10
	748	7.51	36	42	50	33	53	47	16	9
	802	8.05	39	45	53	37	56	49	15	9
	848	8.51	41	48	56	41	59	52	17	8
	898	9.02	45	53	60	47	63	56	16	10
	951	9.55	49	55	65	50	70	60	18	11
	1001	10.05	51	58	68	54	72	63	19	11
	1059	10.63	55	61	73	59	78	68	20	11
	1103	11.07	56	65	76	62	82	72	19	12
	1155	11.60	60	69	81	69	87	76	18	10
	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	0.29	5	3	0	3	4	5	0	0
	109	1.06	5	2	0	3	6	6	3	3
	152	1.48	10	8	6	5	8	9	2	3
	201	1.96	12	10	8	7	10	11	0	2
	247	2.41	12	9	8	8	11	11	-1	0
	301	2.94	12	9	10	7	10	10	-1	-2
	355	3.47	15	13	13	10	12	12	-2	-1
	399	3.90	17	15	14	13	16	16	-2	-2
1-3	449	4.38	20	20	18	17	18	20	-4	-2
	505	4.93	20	20	20	18	20	23	-5	-4
(1)	556	5.43	22	23	22	20	21	24	-7	-5
	603	5.89	24	25	22	20	21	26	-9	-8
	650	6.35	23	25	22	20	23	28	-7	-6
	701	6.85	28	30	27	27	29	34	-8	-8
	746	7.28	31	34	32	28	30	35	-8	-7
	804	7.85	34	38	35	34	34	40	-8	-6
	851	8.31	38	40	39	37	38	45	-9	-7
	902	8.81	40	44	40	40	40	49	-8	-6
	949	9.27	45	49	47	43	45	55	-8	-8
	1003	9.79	48	52	51	46	47	58	-11	-9
	1052	10.27	49	56	54	49	49	61	-12	-10
	1101	10.75	54	59	59	53	52	66		
	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	100	1.00	1	2	2	3	3	3	0	1
	208	2.09	5	6	6	3	8	6	0	0
	301	3.02	10	9	9	11	11	11	0	0
	402	4.03	14	13	14	15	15	14	0	0
	505	5.07	18	17	19	20	20	19	0	-2
2-1	605	6.07	21	21	22	22	23	22	0	-1
	699	7.01	24	22	26	27	26	25	-1	-3
(1)	802	8.04	29	27	31	30	31	30	0	-2
	900	9.03	33	31	36	37	37	35	0	-1
	1005	10.08	38	34	39	39	40	38	-1	-2
	1106	11.09	40	38	42	44	44	42	-2	-3
	1211	12.15	45	41	47	47	48	46	-2	-3
	1305	13.09	49	46	52	51	51	50	-3	-4
	1396	14.00	52	49	57	56	55	53	-4	-5
	1613	16.18	64	59	68	64	62	61	-4	-4
	1653	16.58	68	63	71	66	64	62	-4	-6

直接引張強度試験結果（封緘養生：2-2～4-2）

材齢-No.	荷重	引張応力	引張ひずみ (μ)						横ひずみ (μ)	
(ﾊﾟｯﾁ名)	(kgf)	(kgf/cm^2)	1	2	3	5	6	7	4	8
	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	135	1.35	0	1	3	0	0	0	0	-3
	201	2.00	3	4	7	3	2	1	0	-3
	301	3.00	8	7	8	7	6	5	0	-3
	406	4.05	12	11	14	13	10	10	-2	-3
	502	5.01	16	14	17	16	14	14	-3	-4
	608	6.06	20	17	20	20	18	19	-3	-3
	703	7.01	23	21	25	24	21	21	-3	-3
2-2	802	8.00	28	24	29	28	25	27	-4	-4
	900	8.97	32	30	34	32	28	32	-5	-5
(1)	1005	10.02	36	33	39	37	32	35	-6	-5
	1101	10.98	40	37	41	39	34	39	-7	-6
	1206	12.02	44	40	46	43	39	43	-7	-8
	1295	12.91	48	44	49	47	42	48	-8	-8
	1403	13.99	51	45	53	51	46	52	-9	-8
	1503	14.99	58	52	58	56	50	57	-8	-9
	1611	16.06	60	57	63	59	54	61	-10	-9
	1704	16.99	65	59	66	63	59	65	-11	-11
	1810	18.05	71	64	71	69	63	73	-12	-12
	1908	19.02	76	69	75	74	65	78	-13	-12
	2011	20.05	80	72	81	79	69	82	-15	-13
	2107	21.01	95	77	91	82	74	90	-14	-14
	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	100	0.98	2	1	0	0	0	0	-6	-5
	194	1.91	6	5	5	1	1	1	-7	-5
	304	2.99	11	9	9	5	4	5	-6	-6
	399	3.93	15	13	11	8	8	9	-8	-5
	502	4.94	19	19	17	13	12	14	-7	-4
	601	5.92	22	22	20	17	16	17	-8	-6
2-3	703	6.92	27	25	25	20	20	20	-8	-6
	809	7.96	31	30	28	24	22	24	-8	-7
(1)	909	8.95	35	34	33	27	25	28	-10	-6
	1008	9.92	38	37	37	31	28	32	-11	-8
	1108	10.90	41	41	41	36	32	36	-11	-8
	1197	11.78	45	45	45	39	34	39	-11	-9
	1312	12.91	49	49	50	42	39	43	-12	-9
	1410	13.88	53	53	55	45	41	48	-14	-11
	1508	14.84	59	58	59	49	44	50	-15	-11
	1599	15.74	62	61	64	53	48	55	-16	-12
	1704	16.77	66	66	69	56	50	59	-15	-13
	1810	17.81	71	71	75	59	54	62	-15	-14
	1903	18.73	76	76	79	62	57	66	-17	-15
	0	0.00	0	0	0	0	-1	0	0	0
	102	1.01	-5	-5	-5	-1	-3	-3	-5	-9
	205	2.02	-3	-4	-3	1	-1	-2	-7	-12
	311	3.07	0	0	0	2	0	0	-8	-12
	402	3.96	2	0	2	7	3	3	-9	-13
	502	4.95	5	4	5	10	7	7	-9	-14
	601	5.93	10	8	10	15	12	10	-9	-14
	708	6.98	14	11	15	18	15	14	-10	-15
	804	7.93	17	15	18	20	19	17	-11	-16
3-1	902	8.90	21	18	21	24	22	20	-11	-16
	1005	9.91	24	21	25	27	25	24	-12	-18
(1)	1122	11.07	28	26	30	32	30	27	-12	-19
	1202	11.85	31	27	32	35	33	31	-13	-18
	1302	12.84	35	32	36	39	37	33	-13	-19
	1403	13.84	37	35	40	40	40	38	-15	-19
	1503	14.82	41	38	42	45	43	39	-16	-20
	1604	15.82	44	40	47	49	46	43	-16	-21
	1716	16.92	49	45	51	55	52	48	-17	-22
	1814	17.89	54	50	57	59	57	52	-16	-22
	1924	18.97	58	52	60	64	59	57	-18	-23
	2016	19.88	61	56	64	67	66	59	-18	-24
	2107	20.78	66	60	69	72	71	63	-18	-24
	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	107	1.07	3	5	3	3	3	2	0	0
	203	2.03	5	5	4	5	5	5	0	-1
	301	3.01	9	8	6	8	8	9	0	-2
	409	4.09	13	11	10	11	12	13	-1	-3
	502	5.03	15	13	13	15	15	15	-3	-3
	596	5.97	18	15	15	16	16	18	-5	-5
	708	7.09	21	20	19	20	20	22	-4	-5
3-2	804	8.05	24	21	20	23	24	25	-5	-6
	905	9.06	28	24	25	26	28	29	-5	-7
(1)	1008	10.09	33	28	28	30	31	33	-5	-8
	1106	11.07	37	32	31	34	34	37	-6	-8
	1216	12.17	40	35	35	38	37	40	-7	-8
	1309	13.10	45	38	39	41	42	45	-7	-9
	1424	14.25	50	41	43	46	46	50	-8	-10
	1522	15.24	53	46	46	49	51	54	-7	-10
	1606	16.08	57	50	49	52	54	57	-7	-11
	1712	17.14	60	52	52	56	58	60	-8	-13
	1807	18.09	64	55	56	58	60	64	-9	-12
	1906	19.08	69	59	59	63	65	69	-11	-15
	2016	20.18			64					
	2107	21.09			69					

材齢-No.	荷重	引張応力	引張ひずみ (μ)						横ひずみ (μ)	
(ﾊﾟｯﾁ名)	(kgf)	(kgf/cm^2)	1	2	3	5	6	7	4	8
	0	0.00	0	0	0	-2	0	0	0	0
	107	1.07	0	0	0	-6	0	0	-2	-4
	201	2.00	3	3	3	-3	1	1	-3	-4
	304	3.03	7	7	8	0	4	5	-3	-4
	406	4.05	12	11	11	2	6	7	-4	-5
	505	5.03	15	15	16	6	9	9	-5	-6
	612	6.10	19	19	19	9	13	13	-7	-6
	710	7.08	23	23	24	13	15	17	-7	-6
	806	8.04	27	26	28	16	19	20	-7	-7
	905	9.02	30	31	30	18	20	21	-9	-9
	1008	10.05	34	35	34	20	24	25	-11	-10
3-3	1143	11.40	38	40	45	27	28	30	-10	-9
	1204	12.00	43	44	43	29	30	33	-10	-9
(1)	1316	13.12	47	50	49	34	35	39	-11	-10
	1412	14.08	51	54	53	38	38	41	-11	-10
	1513	15.08	56	58	57	40	41	44	-12	-11
	1590	15.85	59	62	60	44	44	48	-12	-12
	1721	17.16	63	67	65	49	48	52	-13	-11
	1807	18.02	67	71	71	52	51	55	-13	-12
	1920	19.14	72	75	77	56	54	58	-15	-13
	2009	20.03	75	79	81	59	57	59	-16	-14
	2107	21.01	79	83	87	60	60	62	-15	-15
	2200	21.93	82	88	96	64	62	64	-17	-16
	2308	23.01	87	94	104	68	65	67	-18	-16
	2406	23.99	91	99	114	71	69	68	-19	-17
	2530	25.22	98	109	152	74	73	66	-19	-19
	0	0.00	0	0	0	0	0	-1	0	0
	100	0.98	2	3	1	2	1	1	0	0
	203	1.99	5	7	7	3	4	2	-1	0
	301	2.96	7	10	9	8	9	6	-2	0
	404	3.97	10	12	12	9	13	8	-4	-1
	500	4.91	13	16	16	12	16	11	-4	-2
	605	5.94	17	20	19	17	20	16	-3	-2
	706	6.94	20	22	22	20	22	20	-3	-1
	799	7.85	23	27	26	22	26	23	-2	0
	902	8.86	27	31	32	27	32	27	-2	0
	1008	9.90	31	34	35	31	35	31	-1	-1
4-1	1108	10.88	35	38	39	34	39	33	-3	-1
	1206	11.85	36	40	41	37	42	39	-5	-2
(3)	1298	12.75	39	43	45	40	46	42	-6	-3
	1407	13.82	41	46	48	44	50	48	-4	-2
	1503	14.76	44	50	51	48	53	51	-6	-3
	1604	15.76	48	53	54	50	57	53	-7	-5
	1697	16.67	50	56	58	53	59	56	-7	-5
	1803	17.71	55	58	59	57	64	61	-10	-6
	1901	18.67	58	60	63	59	66	65	-8	-8
	1992	19.57	60	64	66	64	70	70	-10	-6
	2002	19.67	61	64	67	64	71	71	-10	-7
	2107	20.70	65	68	71	66	75	73	-10	-8
	2203	21.64	71	72	75	70	79	79	-10	-8
	2296	22.55	74	74	78	75	82	83	-11	-8
	2394	23.52	80	79	82	77	86	85	-13	-11
	2502	24.58	84	83	88	79	89	90	-13	-12
	2	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0
	105	1.03	4	3	6	6	2	5	0	0
	203	1.99	7	7	9	10	7	8	0	0
	308	3.02	9	9	11	13	9	12	-1	0
	404	3.96	12	12	13	15	11	14	-1	0
	500	4.90	15	15	17	18	15	15	-2	-2
	603	5.91	18	18	20	20	17	18	-2	-3
	703	6.88	20	20	23	20	20	20	-3	-5
4-2	802	7.85	24	24	27	25	23	24	-3	-4
	902	8.83	27	29	32	29	25	27	-4	-4
(3)	998	9.77	31	31	34	34	28	29	-4	-3
	1099	10.76	35	36	38	35	30	33	-6	-6
	1199	11.74	37	40	40	39	34	37	-5	-5
	1298	12.71	40	42	42	41	36	39	-6	-7
	1407	13.78	43	46	46	45	41	45	-6	-6
	1513	14.82	45	47	49	48	45	48	-8	-8
	1599	15.66	47	48	52	52	47	50	-8	-9
	1697	16.62	52	52	57	55	52	53	-9	-8
	1803	17.66	54	54	58	58	53	56	-11	-10
	1901	18.62	57	57	61	61	56	59		

直接引張強度試験結果（封緘養生：4-3～7-3）

材齢-No. (ﾊﾟｯﾁ名)	荷重 (kgf)	引張応力 (kgf/cm^2)	引張ひずみ (μ) 1	2	3	5	6	7	横ひずみ (μ) 4	8
	0	0.00	0	0	0	0	-1	0	0	-1
	102	1.00	0	0	1	0	-1	-1	-5	-5
	198	1.94	5	5	7	2	2	2	-5	-2
	301	2.94	9	8	9	4	5	5	-6	-3
	406	3.97	13	12	12	9	8	8	-6	-3
	505	4.94	17	15	16	11	11	10	-8	-5
	601	5.87	20	19	19	13	13	14	-8	-5
	715	6.99	24	23	22	17	17	17	-8	-5
	804	7.86	28	26	26	19	19	19	-10	-5
	912	8.91	32	30	32	22	22	23	-10	-6
	1003	9.80	35	32	35	24	24	26	-11	-7
	1103	10.78	38	37	39	26	28	29	-12	-7
4-3	1199	11.72	40	39	41	29	30	31	-12	-9
	1298	12.69	44	42	45	33	34	35	-12	-9
(3)	1407	13.75	45	44	48	36	38	38	-17	-9
	1508	14.74	51	50	51	41	40	40	-16	-10
	1606	15.70	54	54	54	44	42	43	-18	-9
	1700	16.62	57	56	58	45	45	47	-18	-10
	1805	17.64	61	60	59	51	50	50	-18	-11
	1929	18.85	65	64	63	54	53	55	-19	-11
	2011	19.66	68	66	66	57	55	55	-20	-11
	2100	20.53	70	69	67	59	59	59	-20	-11
	2200	21.50	75	74	71	63	62	62	-21	-9
	2301	22.49	80	79	75	67	68	67	-21	-9
	2401	23.47	82	82	78	70	71	69	-22	-10
	2507	24.50	88	88	82	75	77	75	-22	-9
	2603	25.44	91	95	88	83	82	79	-25	-8
	2703	26.42	93	99		99	93	88	-25	-5
	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	109	1.09	3	2	0	0	0	1	5	0
	201	2.01	4	4	1	0	4	2	0	-2
	301	3.00	8	10	3	3	8	7	0	-4
	397	3.96	11	11	6	6	13	11	-2	-6
	502	5.01	15	16	12	13	16	16	0	-5
	601	6.00	18	20	15	18	20	20	0	-6
	696	6.95	19	20	16	20	21	21	-2	-10
5-1	799	7.97	22	22	19	22	26	25	-5	-10
	902	9.00	28	28	23	30	32	31	-2	-5
(2)	1003	10.01	31	33	29	35	37	38	0	-5
	1103	11.01	35	36	32	38	40	40	-1	-7
	1202	12.00	40	40	37	43	46	47	0	-6
	1300	12.97	44	45	41	49	51	53	0	-3
	1400	13.97	48	49	45	55	56	59	2	-3
	1503	15.00	51	54	49	59	61	62	1	-3
	1602	15.99	55	58	53	63	67	68	1	-2
	1700	16.97	57	59	55	64	68	71	0	-6
	1805	18.01	58	63	59	83	74	75	0	-9
	1901	18.97	60	69	62	0	0	4	-2	5
	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	107	1.07	0	0	0	1	0	4	0	-3
	203	2.04	4	4	3	3	0	3	-1	-1
	299	3.00	7	7	4	4	2	6	-1	-3
	402	4.03	12	10	9	9	6	9	-1	-3
	500	5.02	14	14	13	11	9	13	-2	-2
	601	6.03	19	18	16	15	13	17	-1	-4
	701	7.03	22	20	20	19	16	20	-2	-4
	804	8.06	23	23	23	21	20	22	-4	-5
5-2	838	9.01	27	28	26	24	22	25	-3	-4
	1010	10.13	30	32	31	28	25	28	-4	-6
(2)	1113	11.16	34	34	33	30	29	32	-5	-6
	1204	12.08	36	40	36	35	32	35	-5	-6
	1305	13.09	39	40	40	36	36	38	-6	-6
	1405	14.09	42	45	43	40	39	40	-7	-7
	1506	15.11	45	48	47	43	41	43	-6	-9
	1604	16.09	48	52	51	46	44	47	-9	-9
	1707	17.12	53	55	53	49	48	50	-11	-11
	1805	18.10	56	58	57	52	50	54	-12	-11
	1903	19.09	59	62	60	57	55	57	-11	-12
	2002	20.08	64	67	64	59	58	61	-12	-12
	2093	20.99	64	68	67	61	60	63	-15	-14
	2210	22.17	71	74	72	67	66	68	-14	-14
	2303	23.10	76	78	77	71	71	72	-15	-15
	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	105	1.04	0	1	0	0	0	1	-4	-1
	205	2.04	7	7	6	5	4	8	-1	0
	301	3.00	10	9	9	10	7	11	0	0
	406	4.04	13	13	13	13	11	14	-1	0
	502	5.00	18	16	16	17	15	20	-1	0
	610	6.07	19	19	19	20	19	21	-1	0
	703	7.00	22	21	22	22	20	25	-1	0
5-3	809	8.05	25	24	24	26	24	28	-3	-2
	905	9.00	30	27	27	29	28	31	-3	-1
(2)	1005	10.00	32	30	31	33	31	35	-4	-1
	1110	11.04	35	32	34	37	34	38	-5	-3
	1202	11.96	36	33	34	39	36	40	-7	-5
	1309	13.02	40	37	38	43	40	44	-7	-5
	1410	14.03	44	40	41	48	43	48	-8	-6
	1510	15.02	47	41	43	51	46	51	-9	-6
	1620	16.12	52	46	47	56	50	54	-10	-7
	1712	17.03	54	49	50	59	54	58	-10	-8
	1800	17.91	59	51	55	62	58	61	-9	-7
	1903	18.94	65	55	59	65	60	65	-11	-9

材齢-No. (ﾊﾟｯﾁ名)	荷重 (kgf)	引張応力 (kgf/cm^2)	引張ひずみ (μ) 1	2	3	5	6	7	横ひずみ (μ) 4	8
	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	107	1.07	3	3	5	3	0	2	1	0
	198	1.98	3	4	5	5	3	5	0	-1
	301	3.01	8	9	9	9	7	9	0	-1
	402	4.02	12	13	13	12	11	11	0	-2
	505	5.05	16	16	15	16	12	14	-1	-2
	601	6.01	19	19	18	17	16	17	-2	-3
	811	8.11	27	26	26	22	21	24	-3	-5
	909	9.09	30	30	28	26	24	26	-3	-6
	1012	10.12	34	33	32	28	28	30	-3	-6
	1108	11.08	39	38	36	30	30	33	-5	-7
7-1	1211	12.11	41	40	33	33	33	36	-6	-7
	1300	13.00	44	43	41	37	36	39	-7	-8
(1)	1405	14.05	48	48	46	40	40	42	-7	-8
	1506	15.06	53	51	50	41	41	44	-9	-9
	1606	16.06	56	56	55	45	45	48	-9	-9
	1704	17.04	60	59	59	47	48	51	-10	-11
	1807	18.07	63	63	61	51	51	54	-10	-12
	1910	19.10	67	67	64	53	53	57	-12	-13
	2004	20.04	72	72	69	56	57	60	-12	-13
	2111	21.11	78	78	73	59	59	63	-15	-13
	2214	22.14	82	84	78	62	62	66	-14	-14
	2313	23.13	86	92	85	63	64	69	-17	-15
	2401	24.01	93	106	93	66	66	72	-11	-15
	2502	25.02	117	123	100	65	68	75	-11	-17
	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	102	1.03	0	0	3	3	1	0	0	0
	222	2.24	6	5	6	6	3	5	0	-2
	299	3.01	9	4	5	7	6	7	-1	-3
	406	4.09	9	8	9	10	9	10	-1	-3
	505	5.09	12	11	12	15	13	14	-2	-4
	608	6.12	15	14	14	18	16	18	-3	-5
	708	7.13	17	16	16	20	19	20	-4	-6
	809	8.15	20	20	20	22	21	24	-5	-7
	912	9.19	23	22	23	26	25	26	-5	-8
7-2	1005	10.12	25	25	26	32	28	29	-6	-9
	1092	11.00	29	27	27	32	31	32	-5	-9
(1)	1209	12.18	33	31	31	37	36	36	-7	-11
	1309	13.18	37	35	34	40	39	39	-8	-12
	1410	14.20	40	38	38	43	42	43	-9	-12
	1503	15.14	43	41	40	46	46	47	-8	-13
	1611	16.23	49	44	44	52	50	50	-10	-13
	1723	17.35	53	49	48	56	54	54	-10	-14
	1817	18.30	58	53	50	59	59	58	-10	-15
	1906	19.20	62	56	53	62	60	61	-11	-15
	2004	20.18	65	59	58	65	63	65	-12	-16
	2111	21.26	70	63	60	70	67	67	-12	-16
	2214	22.30	75	67	64	73	73	71	-12	-17
	2301	23.18	79	75	68	76	74	74	-12	-17
	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	-1
	107	1.07	0	0	0	0	0	0	-2	-3
	205	2.05	1	2	1	2	1	3	-1	-2
	304	3.04	3	4	4	4	3	3	-2	-5
	409	4.09	8	8	8	8	6	8	-3	-6
	505	5.05	11	11	10	9	9	11	-4	-7
	608	6.07	15	14	14	13	12	14	-5	-9
	706	7.05	17	15	16	16	14	18	-6	-9
	806	8.05	20	19	19	19	16	20	-6	-9
7-3	905	9.04	23	21	21	21	19	23	-7	-10
	1005	10.04	27	23	25	26	22	27	-8	-11
(1)	1106	11.05	32	29	29	28	27	31	-7	-11
	1206	12.05	35	32	33	33	30	35	-8	-12
	1305	13.04	40	37	37	37	34	40	-9	-11
	1403	14.02	43	39	40	40	37	42	-9	-12
	1501	15.00	47	42	43	43	40	47	-9	-12
	1606	16.04	53	47	46	48	43	50	-10	-15
	1712	17.10	58	53	52	50	45	54	-10	-15
	1810	18.08	62	58	57	56	49	58	-11	-16
	1906	19.04	67	60	59	60	51	62	-13	-17
	2009	20.07	72	65	63	67	54	64	-12	-17
	2109	21.07	76	71	69	72	57	68	-12	-19
	2205	22.03	81	76	74	78	59	71	-12	-20

直接引張強度試験結果（封緘養生：14-1～28-3）

材齢-No.	荷重	引張応力	引張ひずみ (μ)						横ひずみ (μ)	
(ﾊﾟｯﾁ名)	(kgf)	(kgf/cm^2)	1	2	3	5	6	7	4	8
	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	100	1.02	5	7	7	5	5	4	1	3
	205	2.08	11	13	12	10	11	11	3	5
	313	3.18	14	16	15	13	15	14	2	5
	406	4.13	17	19	17	15	17	16	3	4
	500	5.08	20	22	20	18	20	20	2	4
	601	6.11	25	25	23	21	23	22	2	4
	699	7.10	28	28	26	23	25	25	1	4
	806	8.19	33	32	29	26	29	28	1	4
	902	9.17	36	34	32	28	31	31	1	3
	1001	10.17	39	37	35	29	33	33	0	1
	1103	11.21	42	40	39	33	37	37	0	0
	1204	12.24	45	42	41	36	38	39	0	0
14-1	1302	13.23	48	45	44	38	40	42	-1	0
	1405	14.28	52	48	47	40	42	44	-2	0
(1)	1510	15.35	56	51	50	43	46	48	-3	-1
	1604	16.30	59	54	54	45	50	51	-3	-1
	1707	17.35	61	57	57	47	52	53	-5	-2
	1796	18.25	64	59	59	51	55	57	-5	-2
	1906	19.37	68	63	63	55	59	59	-7	-3
	2004	20.37	72	66	66	57	60	62	-7	-3
	2104	21.38	76	69	70	59	63	65	-8	-4
	2207	22.43	80	73	74	63	67	69	-8	-4
	2306	23.44	84	76	77	65	69	72	-9	-4
	2406	24.45	88	79	79	68	73	75	-10	-5
	2504	25.45	93	84	84	72	77	79	-10	-5
	2607	26.50	98	87	87	75	79	82	-12	-7
	2703	27.47	100	89	89	77	82	85	-12	-7
	2804	28.50	105	94	93	80	86	90	-12	-7
	2907	29.55	112	100	100	86	92	96	-15	-9
	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	100	1.01	4	4	4	4	5	3	0	3
	203	2.04	7	5	7	8	11	7	0	5
	306	3.08	9	7	10	10	15	10	0	5
14-2	409	4.11	11	9	12	12	17	12	0	4
	505	5.08	13	11	13	15	20	15	-1	4
(1)	591	5.95	15	13	16	16	23	16	-3	4
	703	7.07	17	15	19	19	25	19	-4	4
	809	8.14	20	18	21	21	29	21	-4	4
	905	9.10	21	20	23	24	31	24	-4	3
	998	10.04	24	22	27	27	33	27		
	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	109	1.10	2	1	1	1	0	2	0	-1
	205	2.06	5	5	4	4	0	5	0	-1
	308	3.10	9	8	7	7	2	8	0	-2
	399	4.01	12	11	10	10	5	11	0	-3
	505	5.08	15	14	13	13	6	14	0	-4
	601	6.04	19	18	16	16	10	18	-1	-3
	701	7.05	20	20	19	20	13	20	-1	-3
	804	8.08	24	22	22	22	16	23	-2	-4
	905	9.10	28	26	24	25	19	27	-2	-5
	1003	10.08	30	28	28	28	21	29	-4	-6
	1108	11.14	34	32	31	32	26	34	-5	-7
	1209	12.15	37	35	34	35	27	37	-5	-7
14-3	1309	13.16	40	39	38	39	31	40	-5	-7
	1398	14.05	44	41	41	40	34	42	-6	-7
(1)	1508	15.16	47	44	44	43	38	45	-7	-8
	1618	16.26	52	47	47	45	40	48	-7	-9
	1707	17.16	54	50	50	48	43	51	-8	-10
	1807	18.16	57	53	54	51	46	54	-9	-11
	1943	19.53	60	56	57	55	49	57	-9	-11
	1999	20.09	63	59	59	57	52	59	-9	-12
	2104	21.15	66	60	61	59	53	62	-10	-13
	2191	22.02	68	64	64	61	57	65	-11	-13
	2313	23.25	72	67	68	64	59	68	-11	-13
	2411	24.23	75	70	71	68	63	71	-13	-14
	2511	25.24	81	77	77	74	69	77	-13	-14
	2614	26.27	86	80	81	78	72	80	-13	-15
	2705	27.19	88	84	85	80	75	83	-14	-15
	2804	28.18	92	88	89	83	80	87	-15	-15
	2911	29.26	98	97	97	90	86	93	-13	-15

材齢-No.	荷重	引張応力	引張ひずみ (μ)	
(ﾊﾟｯﾁ名)	(kgf)	(kgf/cm^2)	2	6
	0	0.00	0	0
	222	2.20	5	8
	308	3.06	5	9
	409	4.06	8	12
	507	5.03	10	15
	610	6.06	13	18
	713	7.08	13	20
	811	8.05	17	25
	909	9.03	18	26
28-1	1015	10.08	20	30
	1115	11.07	24	33
(7)	1202	11.94	27	36
	1316	13.07	30	40
	1407	13.97	32	42
	1510	15.00	35	46
	1597	15.86	37	47
	1709	16.97	40	51
	1810	17.97	45	56
	1908	18.95	47	59
	2011	19.97	50	61
	2114	20.99	53	65
	2231	22.15	57	68
	0	0.00	0	0
	203	1.99	5	7
	306	2.99	8	8
	409	4.00	12	12
	512	5.01	15	13
	594	5.81	17	15
	708	6.93	20	16
	806	7.89	23	18
	902	8.83	27	21
	1012	9.90	30	23
28-2	1103	10.79	33	25
	1206	11.80	35	28
(7)	1300	12.72	39	30
	1417	13.86	42	30
	1503	14.71	46	34
	1611	15.76	51	37
	1709	16.72	55	39
	1819	17.80	60	42
	1908	18.67	65	44
	2004	19.61	70	46
	2109	20.63	76	47
	2200	21.52	83	49
	2303	22.53	91	51
	2406	23.54	97	53
	2502	24.48	108	56
	0	0.00	0	0
	201	2.00	0	4
	304	3.02	2	6
	409	4.07	5	9
	502	4.99	8	12
	603	5.99	12	15
	703	6.99	15	19
28-3	799	7.94	18	21
	900	8.95	20	23
(7)	1008	10.02	22	27
	1101	10.94	26	29
	1220	12.13	29	32
	1307	12.99	32	35
	1410	14.02	35	38
	1506	14.97	37	41
	1611	16.01	39	45
	1704	16.94	42	46
	1821	18.10	44	48
	1908	18.97	46	52

直接引張強度試験結果（封緘養生：29-1～29-3）

目盛No.	荷重	引張応力	引張ひずみ (μ)						横ひずみ (μ)	
(ﾊﾟｯﾁ名)	(kgf)	(kgf/cm^2)	1	2	3	5	6	7	4	8
	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	121	1.22	6	4	4	0	2	4	0	0
	198	2.00	7	5	4	1	3	4	-1	-1
	301	3.03	11	8	8	4	7	7	-1	-1
	404	4.07	13	12	11	7	9	9	-2	-2
	505	5.09	18	16	15	10	13	13	-2	-2
	603	6.08	21	20	19	14	17	18	-2	-2
	701	7.07	24	22	21	17	19	20	-3	-1
	806	8.13	27	26	24	20	22	23	-4	-3
	905	9.12	30	29	28	22	25	26	-4	-4
29-1	1003	10.11	34	33	31	26	28	29	-5	-4
	1110	11.19	38	37	36	29	32	34	-4	-4
(1)	1206	12.16	42	40	40	34	36	39	-4	-3
	1305	13.16	46	44	43	37	39	41	-5	-2
	1407	14.18	48	46	46	38	40	43	-6	-5
	1508	15.20	51	48	48	40	42	45	-8	-5
	1604	16.17	54	51	51	43	44	48	-9	-6
	1712	17.26	58	54	55	45	47	51	-10	-6
	1805	18.20	60	57	57	47	51	55	-10	-7
	1908	19.23	65	59	60	49	54	59	-11	-8
	2006	20.22	69	63	64	51	57	62	-12	-9
	2104	21.21	73	67	71	55	59	65	-13	-9
	2205	22.23	76	71	74	57	62	68	-15	-10
	2310	23.29	79	74	79	60	65	72	-15	-10
	2401	24.20	84	79	82	63	69	76	-16	-11
	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	168	1.67	0	0	0	0	1	1	-4	-3
	240	2.39	4	3	4	2	3	5	-3	-2
	261	2.60	5	5	5	4	4	6	-3	-3
	301	3.00	2	2	1	0	1	4	-6	-6
	404	4.03	5	4	6	5	6	7	-6	-7
	474	4.73	7	7	8	8	8	10	-6	-7
	603	6.01	11	12	13	13	14	15	-7	-7
	706	7.04	16	16	17	17	18	19	-6	-8
	811	8.09	20	20	20	20	21	23	-7	-8
	902	8.99	22	21	23	23	24	26	-8	-8
	1001	9.98	27	27	28	29	29	32	-7	-6
29-2	1115	11.12	30	30	31	33	33	36	-7	-6
	1202	11.98	34	33	34	37	37	39	-6	-5
(1)	1307	13.03	38	37	38	40	40	41	-6	-6
	1405	14.01	40	39	40	43	43	45	-7	-6
	1506	15.01	44	42	44	47	46	49	-7	-6
	1609	16.04	46	45	45	50	49	51	-7	-7
	1716	17.11	49	48	49	54	52	50	-9	-8
	1814	18.09	52	51	53	57	56	53	-8	-7
	1903	18.97	54	54	56	60	59	56	-9	-8
	2006	20.00	57	56	59	61	61	59	-9	-8
	2116	21.10	59	59	62	66	65	60	-10	-8
	2212	22.05	62	62	65	69	68	63	-10	-9
	2310	23.03	64	65	68	72	73	68	-11	-9
	2418	24.11	67	67	70	77	79	74	-11	-8
	2514	25.06	72	71	72	80	84	79	-11	-8
	2621	26.13	75	73	75	84	90	84	-12	-9
	2710	27.02	79	81	80	87	91	54	-13	-9
	2808	28.00	82	86	80	91	96	118	-14	-11
	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	191	1.91	0	4	3	1	1	4	-4	-2
	306	3.07	1	8	6	3	2	8	-6	-3
	416	4.17	4	11	10	6	4	10	-7	-5
	514	5.15	7	14	14	9	8	12	-7	-5
	612	6.13	11	17	17	12	10	15	-8	-6
	713	7.14	13	20	20	15	12	18	-9	-7
	811	8.13	16	23	23	19	16	21	-9	-6
29-3	902	9.04	19	25	26	20	19	24	-10	-8
	1012	10.14	22	30	31	24	22	27	-10	-8
(1)	1115	11.17	25	33	35	27	25	30	-12	-8
	1213	12.15	28	36	38	31	28	34	-11	-9
	1307	13.10	31	39	41	34	31	37	-11	-10
	1405	14.08	35	42	46	38	35	40	-12	-10
	1508	15.11	39	46	50	42	39	44	-12	-8
	1625	16.28	41	49	54	45	42	47	-12	-9
	1709	17.12	44	51	57	49	45	51	-13	-11
	1812	18.16	45	53	59	53	48	53	-14	-12
	1906	19.10	48	55	62	55	51	56	-16	-13
	2002	20.06	51	59	69	59	56	59	-16	-13
	2109	21.13	54	62	74	62	60	62	-17	-14
	2207	22.11	57	66	79	66	65	66	-18	-15

直接引張強度試験結果（高温養生：2-1～4-3）

材齢No.	荷重	引張応力	引張ひずみ (μ)	
(ﾊﾞｯﾁ名)	(kgf)	(kgf/cm^2)	2	6
2-1 (6-2)	0	0.00	0	0
	252	2.49	3	3
	304	3.00	5	4
	404	3.99	7	6
	500	4.94	9	8
	603	5.96	11	10
	703	6.95	13	12
	804	7.94	15	16
	905	8.94	17	18
	1005	9.93	19	20
	1103	10.90	21	22
	1209	11.95	24	24
	1309	12.93	28	26
	1403	13.86	30	28
	1510	14.92	32	30
	1606	15.87	34	32
	1702	16.82	38	34
	1805	17.84	40	37
	1903	18.80	42	41
2-2 (6-2)	0	0.00	0	0
	201	1.99	2	5
	304	3.01	4	6
	409	4.05	6	7
	507	5.02	9	10
	603	5.97	10	11
	708	7.01	12	12
	809	8.01	15	16
	907	8.98	19	18
	1008	9.98	20	20
	1108	10.97	25	25
	1202	11.90	29	29
	1302	12.89	32	32
	1403	13.89	35	34
	1506	14.91	40	38
	1609	15.93	42	40
	1700	16.83	45	44
	1803	17.85	49	48
	1903	18.84	52	52
	2006	19.86	56	56
	2104	20.83	60	59
	2205	21.83	63	68
	2306	22.83	66	74
2-3 (6-2)	0	0.00	0	0
	210	2.04	1	5
	301	2.93	6	8
	406	3.95	10	12
	505	4.91	11	16
	605	5.88	13	19
	703	6.84	15	23
	804	7.82	19	28
	905	8.80	21	32
	1005	9.77	26	36
	1103	10.73	28	39
	1204	11.71	30	42
	1307	12.71	34	45
	1403	13.65	36	48
	1506	14.65	40	54
	1604	15.60	40	59
	1702	16.55	43	62
	1798	17.49	44	67
	1908	18.56	48	72
	2006	19.51	52	77
	2100	20.42	59	82

材齢No.	荷重	引張応力	引張ひずみ (μ)	
(ﾊﾞｯﾁ名)	(kgf)	(kgf/cm^2)	2	6
3-1 (6-2)	0	0.00	0	0
	226	2.23	4	4
	308	3.03	6	7
	404	3.98	7	8
	498	4.91	9	11
	603	5.94	12	14
	713	7.02	16	19
	811	7.99	19	20
	956	9.42	22	25
	1003	9.88	23	27
	1108	10.92	25	29
	1209	11.91	32	36
	1309	12.90	37	40
	1419	13.98	40	43
	1501	14.79	43	46
	1604	15.80	47	49
	1704	16.79	51	53
	1803	17.76	52	56
	1903	18.75	54	58
	2004	19.74	59	62
	2102	20.71	62	67
	2205	21.72	65	70
	2306	22.72	69	73
	2408	23.72	75	76
	2500	24.63	79	80
	2603	25.64	83	83
3-2 (6-2)	0	0.00	0	0
	292	2.86	4	4
	406	3.97	6	5
	505	4.94	8	7
	608	5.95	10	9
	706	6.91	13	11
	806	7.89	17	14
	905	8.85	19	18
	1003	9.86	22	19
	1106	10.82	24	22
	1211	11.85	28	24
	1309	12.81	32	27
	1410	13.80	36	31
	1508	14.75	38	34
	1611	15.76	43	38
	1714	16.77	45	41
	1812	17.73	47	42
	1908	18.67	50	45
	2009	19.65	54	48
	2109	20.63	58	52
	2203	21.55	62	56
	2306	22.56	64	59
	2404	23.52	65	60
	2507	24.53	70	63
3-3 (6-2)	0	0.00	0	0
	231	2.28	4	5
	308	3.04	6	7
	406	4.00	8	9
	507	5.00	11	12
	610	6.02	13	15
	706	6.96	16	17
	802	7.91	18	19
	914	9.01	20	22
	1005	9.91	24	25
	1103	10.88	26	28
	1213	11.96	29	31
	1300	12.82	33	34
	1407	13.88	35	36
	1503	14.82	38	40
	1604	15.82	41	42
	1707	16.83	43	44
	1805	17.80	46	48
	1931	19.04	50	51
	2004	19.76	52	54
	2104	20.75	57	58
	2205	21.75	61	62
	2303	22.71	65	67
	2408	23.75	69	72
	2502	24.67	73	75
	2605	25.69	77	79
	2703	26.66	82	84
	2804	27.65	91	90
	2902	28.62	96	96

材齢No.	荷重	引張応力	引張ひずみ (μ)						横ひずみ (μ)	
(ﾊﾞｯﾁ名)	(kgf)	(kgf/cm^2)	1	2	3	5	6	7	4	8
4-1 (5)	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	203	2.00	4	5	4	4	5	4	-1	0
	301	2.97	7	8	8	7	8	7	-1	0
	402	3.96	10	11	10	10	10	10	-2	0
	505	4.98	12	14	12	13	13	13	-3	-1
	605	5.96	15	16	15	15	15	15	-4	-2
	708	6.98	18	20	19	18	18	18	-5	-2
	799	7.87	20	21	21	20	20	20	-6	-4
	902	8.89	23	25	24	23	22	23	-6	-4
	1005	9.90	26	27	27	27	26	27	-7	-5
	1108	10.92	29	32	31	29	29	29	-7	-6
	1206	11.88	33	35	36	34	32	32	-7	-6
	1302	12.83	37	38	39	36	35	36	-8	-7
	1396	13.75	40	40	40	39	37	39	-9	-7
	1506	14.84	43	43	46	43	41	42	-9	-8
	1602	15.78	47	45	51	46	43	44	-10	-9
	1707	16.82	50	48	55	50	47	47	-11	-10
	1805	17.78	55	51	59	54	51	52	-11	-10
	1906	18.78	59	55	64	58	56	55	-11	-10
	2002	19.72	62	58	69	62	59	59	-12	-10
	2104	20.73	67	60	73	66	62	62	-12	-10
	2203	21.70	70	65	78	72	68	67	-13	-11
	2299	22.65	74	70	82	78	74	71	-12	-11
	2406	23.70	79	73	88	86	79	77	-12	-11
	2504	24.67	84	76	92	98	88	83	-13	-11
4-2 (5)	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	215	2.11	0	0	0	0	0	0	-10	-8
	306	3.01	0	0	0	2	-1	-1	-11	-9
	395	3.88	1	0	2	4	0	0	-14	-10
	507	4.98	4	2	4	6	2	2	-15	-11
	603	5.92	7	6	9	8	4	4	-16	-13
	706	6.93	10	9	12	11	8	7	-17	-12
	804	7.90	14	13	16	13	10	9	-18	-14
	902	8.86	16	16	19	16	12	11	-19	-13
	1005	9.87	20	0	21	19	15	13	-20	-15
	1106	10.86	24	22	26	21	19	16	-20	-16
	1206	11.85	27	25	29	24	20	19	-20	-18
	1295	12.72	30	30	33	26	22	20	-21	-19
	1403	13.78	34	64	38	29	25	24	-22	-19
	1510	14.83	39	40	43	32	29	27	-22	-19
	1613	15.84	41	76	46	35	32	29	-23	-19
	1702	16.72	44	48	50	37	34	31	-25	-20
	1803	17.71	49	55	57	40	38	33	-25	-20
	1899	18.65	53	61	60	42	40	37	-27	-20
	2004	19.69	56	68	66	46	43	38	-28	-20
	2095	20.58	67	90	75	52	48	40	-29	-21
4-3 (5)	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	203	2.02	5	0	3	14	9	4	0	2
	297	2.95	9	3	6	17	11	6	-1	2
	395	3.93	11	5	9	19	14	8	-1	0
	505	5.02	14	9	12	21	17	11	-1	0
	615	6.11	17	13	15	24	20	14	-2	0
	710	7.06	20	16	18	27	22	17	-2	-1
	804	7.99	22	19	20	29	26	19	-4	-1
	912	9.07	26	22	25	34	29	22	-4	-3
	1010	10.04	29	25	27	36	33	25	-4	-2
	1103	10.96	32	27	29	40	37	28	-6	-2
	1202	11.95	34	31	32	40	37	28	-7	-5
	1298	12.90	38	35	36	42	40	31	-7	-5
	1403	13.95	40	39	39	45	44	34	-7	-6
	1508	14.99	44	42	42	49	47	38	-8	-6
	1606	15.96	47	46	45	52	52	40	-8	-7
	1700	16.90	50	49	48	56	55	43	-8	-8
	1805	17.94	54	54	53	59	60	47	-9	-9
	1903	18.92	59	59	57	63	63	50	-8	-10
	2002	19.90	62	62	59	65	68	53	-11	-12
	2102	20.89	67	67	62	71	73	57	-11	-14

直接引張強度試験結果（高温養生：4-4～14-3）

材齢-No.	荷重	引張応力	引張ひずみ (μ)		材齢-No.	荷重	引張応力	引張ひずみ (μ)						横ひずみ (μ)		材齢-No.	荷重	引張応力	引張ひずみ (μ)	
(ﾍﾞｰｽ名)	(kgf)	(kgf/cm^2)	2	6	(ﾍﾞｰｽ名)	(kgf)	(kgf/cm^2)	1	2	3	5	6	7	4	8	(ﾍﾞｰｽ名)	(kgf)	(kgf/cm^2)	2	6
	0	0.00	0	0		0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0.00	0	0
	238	2.34	4	4		271	2.68	8	6	7	8	7	8	0	0		301	2.98	7	6
	301	2.97	5	5		406	4.01	11	9	11	12	11	12	0	0		409	4.05	10	9
	409	4.03	8	8		502	4.96	14	11	13	15	14	15	0	0		507	5.01	13	13
	485	4.79	10	10		605	5.97	16	14	15	18	17	17	-1	0		610	6.03	16	16
	612	6.03	16	17		703	6.94	19	16	18	20	20	20	-1	0		713	7.05	20	20
	720	7.09	19	19		818	8.08	20	19	20	24	23	23	-2	-1		809	8.00	22	22
	802	7.90	20	20		905	8.93	22	20	23	27	26	25	-2	-1		907	8.97	24	25
	907	8.94	23	22		1005	9.92	25	23	26	31	30	29	-2	-1		1005	9.94	28	27
	1008	9.93	25	24		1106	10.92	29	26	30	34	33	32	-2	-1		1113	11.01	31	30
	1108	10.92	26	26		1202	11.87	30	27	32	36	36	34	-2	-2		1211	11.98	34	34
4-4	1209	11.91	28	29		1305	12.88	33	30	35	40	40	37	-2	-2		1309	12.95	38	37
	1307	12.88	32	32	7-1	1410	13.92	37	34	39	43	42	40	-2	-3	14-1	1421	14.06	41	40
(6-2)	1403	13.82	34	35		1513	14.94	40	36	41	47	45	43	-3	-3		1517	15.00	44	43
	1506	14.84	38	38	(5)	1613	15.92	42	39	44	50	49	46	-3	-4	(8)	1604	15.87	47	44
	1609	15.85	41	41		1702	16.80	43	40	45	53	51	50	-4	-6		1709	16.90	51	48
	1707	16.82	45	44		1805	17.82	46	42	48	57	54	53	-5	-5		1812	17.92	56	51
	1805	17.78	49	49		1917	18.93	49	46	51	59	59	56	-5	-6		1906	18.85	58	54
	1903	18.75	52	53		2011	19.85	52	49	55	63	61	59	-6	-7		2004	19.82	62	57
	2006	19.76	54	55		2104	20.77	55	52	57	66	64	61	-6	-8		2102	20.79	61	55
	2100	20.69	57	58		2207	21.79	57	54	60	70	68	65	-6	-8		2205	21.81	66	59
	2196	21.63	60	60		2336	23.06	60	58	64	75	73	70	-7	-9		2317	22.92	70	63
	2306	22.72	63	65		2406	23.75	62	60	67	79	75	74	-6	-9		2413	23.87	75	65
	2404	23.68	67	71		2502	24.70	66	65	70	82	80	78	-7	-9		2509	24.82	80	66
	2504	24.67	73	76		2603	25.70	70	68	75	87	85	81	-6	-9		2612	25.84	87	68
	2603	25.64	78	80		2703	26.68	76	70	76	90	89	85	-9	-12		2715	26.85	101	69
	0	0.00	0	0		2801	27.65	81	73	79	97	94	89	-10	-13		0	0.00	0	0
	250	2.45	3	3		2907	28.70	85	74	83	125	103	96	-10	-15		320	3.17	7	6
	306	3.00	5	4		0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0		402	3.98	8	7
	402	3.94	6	5		205	2.01	5	4	6	6	6	5	0	0		502	4.97	12	10
	507	4.98	9	8		299	2.93	7	6	9	8	8	7	0	0		612	6.05	16	15
	605	5.94	11	9		406	3.98	10	7	11	10	9	10	-1	-1		710	7.02	19	17
	708	6.95	14	11		505	4.95	12	10	14	13	11	12	-2	-1		806	7.97	23	22
	806	7.91	18	13		603	5.91	15	12	16	16	14	16	-3	-2		900	8.90	27	23
	902	8.85	21	16		701	6.87	18	15	20	19	17	19	-3	-3		1003	9.92	30	25
	1008	9.89	25	19		809	7.93	21	20	23	23	20	22	-2	-3		1110	10.98	35	32
	1106	10.85	28	21		902	8.84	24	22	25	26	22	25	-2	-4		1218	12.05	40	37
	1202	11.79	31	24		1003	9.83	26	24	28	29	25	28	-4	-5	14-2	1305	12.91	42	40
4-5	1302	12.78	36	27	7-2	1110	10.88	29	28	31	33	29	31	-5	-5		1421	14.06	46	44
	1403	13.77	39	30		1220	11.96	33	32	35	37	33	35	-5	-5	(8)	1536	15.19	51	48
(6-2)	1503	14.75	41	33	(5)	1314	12.88	37	35	39	40	36	39	-5	-6		1604	15.87	54	49
	1604	15.74	43	35		1400	13.73	39	36	41	43	38	41	-6	-7		1707	16.88	56	52
	1702	16.70	47	38		1510	14.80	41	39	44	46	41	45	-6	-7		1807	17.87	60	54
	1805	17.71	50	42		1606	15.75	44	41	47	50	44	49	-7	-8		1906	18.85	63	56
	1910	18.74	54	45		1704	16.71	47	44	50	53	46	51	-8	-8		2004	19.82	66	60
	2004	19.66	57	47		1803	17.68	50	47	54	57	50	56	-8	-9		2111	20.88	69	64
	2104	20.65	59	51		1910	18.73	53	50	58	60	54	59	-9	-9		2219	21.95	72	68
	2207	21.66	63	55		2018	19.78	56	53	59	62	57	62	-10	-10		2310	22.85	74	71
	2303	22.60	67	58		2104	20.63	58	55	63	67	63	67	-11	-13		2415	23.89	80	75
	2408	23.63	71	62		2203	21.60	59	56	65	71	69	70	-12	-12		2507	24.80	85	80
	2504	24.57	75	65		2308	22.63	62	58	69	74	74	74	-14	-12		2603	25.75	86	86
	2605	25.56	80	71		0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0		2710	26.80	88	96
	2705	26.54	85	79		121	1.20	3	2	1	1	2	2	-2	0		0	0.00	0	0
	0	0.00	0	0		208	2.07	5	4	4	4	4	4	-3	0		355	3.49	4	4
	301	2.97	2	5		306	3.05	8	7	7	6	7	7	-4	-1		411	4.04	6	7
	409	4.03	3	6		416	4.14	11	9	9	9	10	9	-4	-1		507	4.99	9	9
	500	4.93	5	7		507	5.05	13	13	12	11	11	11	-5	-3		605	5.95	12	13
	605	5.96	7	11		610	6.07	16	15	15	13	13	14	-6	-3		706	6.94	16	17
	701	6.91	9	13		701	6.98	19	18	17	17	17	17	-6	-4		804	7.91	19	19
	806	7.94	11	16		809	8.05	21	20	20	20	21	20	-6	-4		907	8.92	22	23
	907	8.94	14	20		930	9.25	26	24	22	23	24	22	-6	-5		1012	9.95	26	27
	1015	10.00	18	22	7-3	1015	10.10	29	26	25	26	27	25	-7	-5		1110	10.92	29	30
	1103	10.87	20	25		1110	11.05	32	30	28	30	30	29	-6	-5	14-3	1204	11.84	31	32
4-6	1209	11.91	22	29	(5)	1206	12.00	35	33	32	33	33	32	-7	-6		1314	12.92	34	35
	1307	12.88	25	33		1314	13.08	40	37	35	37	37	35	-6	-6	(8)	1405	13.82	39	40
(6-2)	1407	13.86	28	38		1405	13.98	44	40	38	41	40	38	-6	-7		1506	14.81	41	43
	1506	14.84	33	43		1506	14.99	46	42	40	44	42	40	-7	-8		1606	15.79	44	44
	1609	15.85	37	47		1606	15.98	50	46	44	48	46	45	-8	-9		1704	16.76	47	47
	1704	16.79	39	50		1702	16.94	53	51	48	52	50	49	-8	-10		1807	17.77	51	51
	1805	17.78	42	56		1807	17.98	57	54	51	56	53	53	-8	-12		1906	18.74	55	54
	1903	18.75	47	62		1903	18.94	61	58	54	59	57	58	-9	-13		2009	19.76	56	56
	2002	19.72	51	65		2002	19.92		60	58	64	51	62	-10	-14		2109	20.74	59	60
	2100	20.69	53	69		2100	20.90	70	64	60	69	66	68	-10	-15		2207	21.70	64	63
	2203	21.70	56	73		2203	21.92		71	70	73	73	76	-10	-15		2303	22.65	66	66
	2308	22.74	61	82		2303	22.92	82	76	75	78	80	88	-9	-17		2406	23.68	67	68
	2404	23.69	63	88													2502	24.60	72	73
	2504	24.67	67	99													2610	25.67	75	79
																	2705	26.60	80	83

直接引張強度試験結果
(高温養生：28-1～28-3)

材齢-No. (ﾍﾞｯﾄ名)	荷重 (kgf)	引張応力 (kgf/cm²)	引張ひずみ (μ) 2	引張ひずみ (μ) 6
	0	0.00	0	0
	183	1.86	5	2
	306	3.01	9	6
	413	4.07	13	11
	509	5.01	17	13
	608	5.99	19	16
	715	7.04	22	19
	811	7.99	25	22
	912	8.98	29	24
	1010	9.95	32	27
	1106	10.90	35	31
	1209	11.91	38	34
28-1	1316	12.97	40	37
	1403	13.82	44	40
(8)	1508	14.86	47	44
	1609	15.85	50	47
	1702	16.77	53	50
	1805	17.78	56	52
	1908	18.80	58	56
	2004	19.74	62	59
	2107	20.76	65	62
	2207	21.74	68	66
	2299	22.65	71	69
	2408	23.72	74	72
	2502	24.65	79	76
	2603	25.64	80	78
	2703	26.63	84	82
	2804	27.62	87	88
	2900	28.57	88	94
	0	0.00	0	0
	224	2.20	6	7
	299	2.94	10	13
	409	4.02	15	18
	507	4.98	20	22
	603	5.93	23	25
	708	6.96	27	29
	804	7.91	30	32
	907	8.92	34	36
	1001	9.84	38	39
	1101	10.83	39	43
	1199	11.79	42	44
	1305	12.83	44	47
28-2	1403	13.79	47	51
	1508	14.83	50	54
(8)	1604	15.77	54	58
	1704	16.75	58	61
	1805	17.75	61	65
	1906	18.74	64	66
	2004	19.70	67	70
	2107	20.72	70	74
	2203	21.66	74	77
	2301	22.62	78	80
	2401	23.61	82	84
	2500	24.58	85	87
	2607	25.63	88	90
	2701	26.56	92	94
	2815	27.68	97	98
	2902	28.53	101	102
	3000	29.50	106	108
	3101	30.49	114	111
	0	0.00	0	0
	189	1.88	1	6
	306	3.04	7	14
	409	4.07	9	17
	519	5.16	13	22
	708	7.04	17	26
	809	8.05	19	28
	914	9.09	22	32
	1008	10.03	24	35
28-3	1103	10.98	28	38
	1209	12.03	31	41
(8)	1309	13.02	33	44
	1393	13.86	36	46
	1503	14.96	39	49
	1604	15.96	42	53
	1700	16.92	44	55
	1798	17.89	47	59
	1903	18.94	50	64
	2004	19.94	54	67
	2100	20.90	56	68
	2205	21.94	60	72
	2306	22.95	64	76

直接引張強度試験結果
(標準水中養生：14-1～14-3)

材齢-No. (ﾍﾞｯﾄ名)	荷重 (kgf)	引張応力 (kgf/cm²)	引張ひずみ (μ) 2	引張ひずみ (μ) 6
	0	0.00	0	0
	308	3.01	8	6
	406	3.97	9	8
	505	4.94	11	10
	612	5.99	14	12
	706	6.91	17	14
	813	7.95	20	18
	914	8.94	21	20
	1005	9.83	24	22
	1115	10.91	26	25
	1216	11.90	30	27
	1309	12.81	32	31
	1421	13.90	36	33
	1513	14.80	38	37
14-1	1609	15.74	40	40
	1709	16.72	42	41
(7)	1791	17.52	43	43
	1910	18.69	48	48
	2006	19.63	51	51
	2104	20.58	53	53
	2214	21.66	57	56
	2308	22.58	59	58
	2408	23.56	61	59
	2521	24.66	64	61
	2612	25.55	66	63
	2705	26.46	69	66
	2815	27.54	73	70
	2307	28.44	76	73
	3005	29.40	78	76
	3112	30.45	81	79
	3218	31.48	84	81
	3311	32.39	90	86
	3400	33.26	93	89
	3503	34.27	99	92
	0	0.00	0	0
	217	2.14	4	2
	402	3.96	8	8
	500	4.93	10	9
	605	5.97	13	13
	710	7.00	15	16
	806	7.95	18	18
	914	9.01	21	21
	1005	9.91	23	24
	1124	11.08	26	27
	1206	11.89	28	29
	1305	12.87	30	32
	1461	14.41	33	36
	1517	14.96	35	37
14-2	1613	15.91	37	39
	1712	16.88	40	41
(7)	1807	17.82	41	43
	1922	18.95	44	46
	2013	19.85	47	50
	2111	20.82	50	53
	2219	21.88	52	56
	2303	22.71	55	58
	2406	23.73	57	60
	2511	24.76	59	64
	2605	25.69	62	67
	2710	26.72	68	74
	2811	27.72	71	78
	2918	28.78	74	80
	3012	29.70	77	84
	3115	30.72	79	88
	3211	31.67	81	91
	3314	32.68	80	98
	3402	33.55	79	110
	0	0.00	0	0
	306	3.05	1	0
	413	4.12	3	1
	514	5.12	4	3
	640	6.38	6	6
	708	7.06	8	8
	813	8.11	10	10
	919	9.16	12	13
	1017	10.14	15	16
	1113	11.10	18	18
	1206	12.02	20	20
	1316	13.12	22	23
	1417	14.13	25	25
14-3	1510	15.05	27	28
	1609	16.04	30	31
(7)	1714	17.09	33	34
	1835	18.30	37	40
	1924	19.18	40	42
	2009	20.03	41	44
	2107	21.01	44	48
	2200	21.93	47	50
	2306	22.99	49	54
	2504	24.97	53	59
	2603	25.95	57	61
	2708	27.00	60	66
	2813	28.05	64	70
	2907	28.98	66	73
	3005	29.96	68	75
	3110	31.01	72	79
	3208	31.98	73	80
	3307	32.97	77	83
	3409	33.99	81	88
	3501	34.91	83	90

直接引張強度試験結果（気中養生：2-1～14-3）

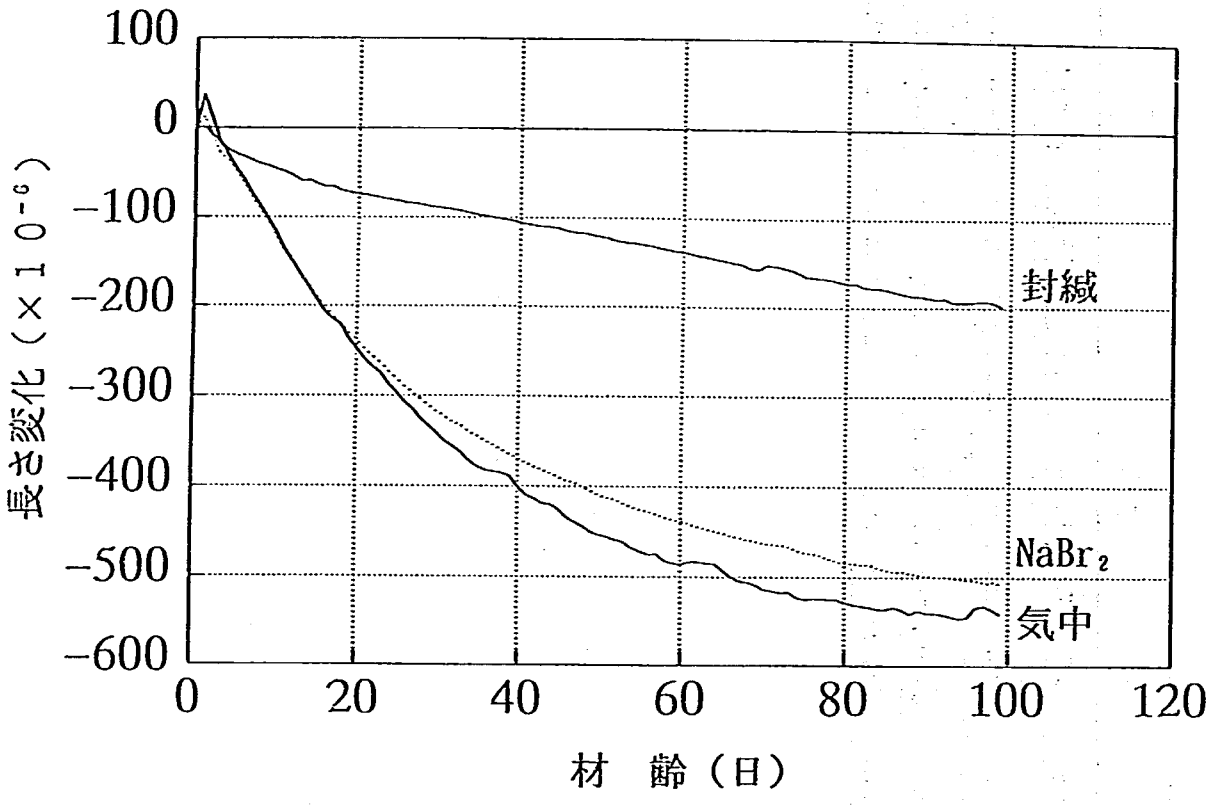
材齢-No. (ﾊﾞｯﾁ名)	荷重 (kgf)	引張応力 (kgf/cm^2)	引張ひずみ (μ) 2	引張ひずみ (μ) 6
2-1 (6-1)	0	0.00	0	0
	280	2.76	5	5
	409	4.03	8	8
	505	4.93	10	11
	605	5.96	14	14
	703	6.93	17	16
	806	7.94	19	18
	909	8.96	24	22
	1001	9.86	29	26
	1106	10.90	34	31
	1206	11.88	40	36
	1300	12.81	44	40
	1405	13.84	50	42
2-2 (6-1)	0	0.00	0	0
	205	2.02	3	3
	304	3.00	5	5
	406	4.00	7	7
	505	4.98	9	10
	605	5.97	11	12
	710	7.00	13	14
	804	7.93	15	17
	909	8.96	18	20
	1005	9.91	20	23
	1108	10.93	24	28
	1204	11.87	30	36
	1305	12.87	40	46
	1400	13.81	57	62
2-3 (6-1)	0	0.00	0	0
	201	1.99	3	4
	306	3.02	6	6
	404	3.99	8	9
	509	5.03	12	12
	603	5.96	16	17
	706	6.98	22	23
	809	7.99	27	28
	907	8.96	31	33
	1008	9.96	36	37
	1108	10.95	43	43
	1204	11.90	48	49
	1307	12.92	55	54
	1405	13.88	59	60
3-1 (6-1)	0	0.00	0	0
	217	2.14	6	7
	308	3.03	9	9
	402	3.96	13	14
	505	4.98	18	19
	608	5.99	21	21
	706	6.96	27	26
	804	7.92	31	30
	905	8.92	37	35
	1008	9.93	42	40
	1113	10.97	47	44
	1237	12.19	53	49
	1305	12.86	57	54
	1403	13.82	62	61
	1508	14.86	68	69
	1602	15.78	85	93
3-2 (6-1)	0	0.00	0	0
	210	2.04	0	1
	306	2.97	0	-1
	413	4.01	3	-2
	502	4.88	5	0
	608	5.91	8	4
	710	6.90	11	6
	809	7.86	14	10
	909	8.83	19	16
	1008	9.79	21	22
	1106	10.75	25	28
	1206	11.72	29	34
	1302	12.65	34	42
	1405	13.65	40	48
	1436	14.54	44	52
	1602	15.57	51	62
	1702	16.54	59	70
	1805	17.54	63	76
3-3 (6-1)	0	0.00	0	0
	229	2.25	6	6
	301	2.96	10	9
	404	3.98	14	14
	498	4.90	18	18
	605	5.95	23	22
	703	6.92	27	26
	806	7.93	33	30
	902	8.88	37	35
	1005	9.89	43	39
	1115	10.97	51	42
	1204	11.85	56	45
	1302	12.81	60	48
	1405	13.83	66	51
	1506	14.82	72	55
	1606	15.81	80	58
	1702	16.75	88	62
	1803	17.75	99	67

材齢-No. (ﾊﾞｯﾁ名)	荷重 (kgf)	引張応力 (kgf/cm^2)	引張ひずみ (μ) 1	2	3	5	6	7	横ひずみ (μ) 4	8
4-1 (5)	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	203	2.00	10	7	10	9	8	9	3	2
	306	3.02	12	11	14	13	11	12	2	0
	404	3.99	16	14	18	17	14	15	2	0
	505	4.99	20	18	21	21	19	20	1	0
	603	5.95	23	21	24	26	22	24	1	0
	706	6.97	26	25	28	32	27	28	0	0
	806	7.96	30	29	33	37	31	32	0	0
	905	8.93	33	31	39	42	36	37	0	-1
	1001	9.88	36	34	42	48	40	40	-2	-3
	1106	10.92	40	37	48	55	45	45	-3	-5
	1211	11.95	41	39	51	61	58	51	-4	-7
	1300	12.83	45	41	55	68	66	56	-5	-9
	1407	13.89	50	45	60	76	79	63	-5	-9
	1508	14.89	53	47	64	80	86	69	-5	-10
	1599	15.78	56	48	66	88	95	77	-7	-10
4-2 (5)	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	203	2.00	15	3	6	14	3	4	-2	-6
	304	3.00	20	9	10	17	7	8	-2	-6
	406	4.01	22	13	14	20	10	12	-3	-8
	514	5.07	25	17	19	23	13	15	-3	-8
	608	6.00	28	20	22	26	16	19	-4	-10
	710	7.01	32	24	27	29	20	22	-5	-11
	806	7.96	34	29	32	32	22	26	-5	-12
	902	8.90	38	34	35	35	26	30	-7	-15
	1008	9.95	45	40	40	36	29	35	-6	-16
	1106	10.92	51	43	48	40	35	41	-6	-15
	1199	11.84	54	54	53	43	38	44	-7	-17
	1307	12.90	59	60	57	48	40	48	-7	-18
	1407	13.89	62	67	51	55	45	54	-7	-19
	1503	14.84	65	76	64	68	49	59	-6	-19
4-3 (5)	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	203	2.02	1	4	4	-1	0	0	-6	-4
	318	3.16	6	9	7	1	4	4	-7	-4
	402	4.00	8	13	10	1	4	5	-8	-5
	505	5.02	13	16	15	5	6	8	-8	-6
	603	6.00	18	20	18	8	10	11	-9	-6
	706	7.02	22	25	22	10	13	14	-9	-7
	804	8.00	26	30	26	13	16	16	-9	-7
	905	9.00	31	35	31	16	18	19	-9	-8
	1003	9.98	36	40	34	17	20	21	-10	-8
	1106	11.00	40	43	38	19	23	23	-11	-10
	1218	12.12	45	48	42	21	26	26	-12	-10
	1300	12.94	50	55	47	22	28	28	-13	-11
	1403	13.96	58	59	52	24	31	30	-15	-13
	1508	15.00	66	65	59	26	34	33	-16	-13
	1606	15.98	77	70	66	27	37	35	-18	-13
	1704	16.96	91	72	79	29	40	38	-18	-14
	1805	17.96	114	68	101	25	47	37	-18	-15
7-1 (5)	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	210	2.08	6	7	5	4	5	4	0	0
	308	3.05	9	9	8	6	8	7	0	0
	404	4.00	12	13	11	9	10	9	0	-1
	509	5.04	17	17	17	13	14	12	-1	-2
	605	5.99	20	20	20	16	17	14	-2	-2
	720	7.13	25	24	24	19	20	17	-2	-3
	806	7.98	28	27	28	20	22	19	-4	-4
	905	8.96	35	32	34	24	25	22	-4	-5
	1005	9.95	40	35	40	28	29	26	-5	-5
	1108	10.97	46	37	44	32	34	30	-5	-5
	1199	11.87	53	40	49	36	40	35	-6	-6
	1300	12.87	59	44	54	41	43	40	-7	-6
	1400	13.86	69	49	59	44	52	48	-10	-11
	1503	14.88	81	53	85	48	60	56	-15	-17
7-2 (5)	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	196	1.94	3	4	6	4	6	6	-2	-4
	308	3.05	6	8	9	7	10	10	-3	-6
	413	4.09	10	11	13	10	12	13	-4	-7
	509	5.04	13	14	17	14	15	15	-4	-7
	603	5.97	16	18	20	16	17	18	-5	-9
	727	7.20	20	21	24	20	20	21	-6	-9
	804	7.96	22	25	28	23	22	24	-6	-10
	900	8.91	26	27	32	29	26	28	-7	-11
	1005	9.95	30	31	38	35	30	32	-8	-12
	1106	10.95	37	36	50	40	33	33	-9	-12
	1202	11.90	41	38	56	44	36	35	-10	-13
	1305	12.92	49	39	87	53	40	33	-10	-14
	1405	13.31	55	40	110	60	43	31	-12	-16
	1506	14.91	59	42	158	68	47	25	-14	-17
7-3 (5)	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
	137	1.24	3	3	3	3	2	1	-6	-4
	203	1.84	5	4	4	5	3	3	-7	-4
	301	2.72	7	7	7	8	6	5	-8	-5
	402	3.64	11	9	9	11	9	7	-8	-6
	502	4.54	14	12	13	15	12	10	-9	-6
	605	5.47	19	15	16	18	15	13	-9	-7
	703	6.36	23	19	20	22	19	16	-9	-7
	806	7.29	27	20	22	26	21	18	-9	-8
	907	8.20	32	23	26	31	25	20	-10	-8
	1001	9.05	37	27	30	35	29	23	-11	-10
	1113	10.07	41	30	33	41	35	27	-12	-10
	1195	10.81	52	33	39	52	40	30	-13	-11
	1316	11.90	59	37	43	67	45	30	-15	-13
	1410	12.75	61	39	48	99	52	32	-16	-13

材齢-No. (ﾊﾞｯﾁ名)	荷重 (kgf)	引張応力 (kgf/cm^2)	引張ひずみ (μ) 2	引張ひずみ (μ) 6
14-1 (8)	0	0.00	0	0
	194	1.88	2	2
	304	2.95	7	7
	411	3.99	9	8
	514	4.99	12	11
	605	5.87	14	14
	710	6.89	21	18
	804	7.80	22	21
	902	8.76	26	22
	1005	9.76	29	25
	1099	10.67	31	28
	1206	11.71	36	32
	1305	12.67	38	35
	1433	13.91	44	41
	1506	14.62	45	43
	1609	15.62	49	50
	1704	16.54	53	55
	1812	17.59	57	60
	1906	18.50	62	68
14-2 (8)	0	0.00	0	0
	191	1.89	4	6
	306	3.02	6	10
	402	3.97	8	14
	509	5.03	12	18
	615	6.08	14	22
	710	7.02	17	25
	806	7.96	19	29
	905	8.94	22	33
	1017	10.05	24	39
	1117	11.04	27	42
	1220	12.05	29	45
	1300	12.85	29	49
	1419	14.02	33	54
	1501	14.83	38	58
	1616	15.97	43	65
14-3 (8)	0	0.00	0	0
	222	2.18	1	0
	308	3.02	3	1
	402	3.94	6	2
	500	4.91	9	5
	605	5.94	11	8
	708	6.95	15	10
	820	8.05	18	12
	902	8.85	21	14
	1019	10.00	25	16
	1108	10.87	29	20
	1206	11.83	34	24
	1302	12.78	40	28
	1407	13.81	45	32
	1508	14.80	50	35
	1604	15.74	57	37
	1709	16.77	63	40
	1805	17.71	70	44
	1908	18.72	82	48

直接引張強度試験結果
(気中養生：28-1～28-3)

材齢No. (ﾍﾞｯﾁ)	荷重 (kgf)	引張応力 (kgf/cm^2)	引張ひずみ (μ) 2	6
	0	0.00	0	0
	194	1.91	6	3
	301	2.97	10	6
	409	4.03	14	8
	512	5.05	17	11
	612	6.04	21	17
	725	7.15	24	20
	806	7.95	27	23
28-1	902	8.90	31	25
	1005	9.91	34	28
(8)	1101	10.85	37	30
	1206	11.89	41	34
	1305	12.87	45	38
	1419	13.99	48	43
	1508	14.87	51	46
	1606	15.84	58	52
	1702	16.78	61	56
	1805	17.80	66	59
	1906	18.80	69	63
	2002	19.74	73	66
	2102	20.73	79	70
	0	0.00	0	0
	222	2.18	5	4
	304	2.98	8	6
	418	4.10	11	9
	507	4.97	15	11
	605	5.93	18	14
	708	6.94	21	16
	809	7.93	24	19
28-2	914	8.96	28	22
	1005	9.85	31	23
(8)	1101	10.79	35	26
	1202	11.78	38	28
	1305	12.79	42	30
	1405	13.77	50	34
	1503	14.74	55	37
	1606	15.75	60	40
	1702	16.69	63	42
	1805	17.70	67	45
	1901	18.64	72	48
	2004	19.65	76	50
	0	0.00	0	0
	184	1.79	3	3
	308	3.00	9	8
	406	3.96	12	10
	512	4.99	15	12
	617	6.01	19	14
	715	6.97	22	18
	816	7.95	24	21
28-3	916	8.93	28	22
	1005	9.79	32	25
(8)	1106	10.78	35	28
	1211	11.80	39	32
	1302	12.69	44	35
	1400	13.64	46	38
	1503	14.65	49	40
	1604	15.63	55	45
	1700	16.57	58	49
	1807	17.61	62	52
	1899	18.51	66	55
	2004	19.53	71	58
	2104	20.50	78	61
	2205	21.49	85	63



付図－1　乾燥収縮試験結果

第２部　コンクリートの引張強度の寸法効果に関する検討

第２部　コンクリートの引張強度の寸法効果に関する検討

1　まえがき …… 61
2　概要 …… 62
3　直接引張試験 …… 63
3．1　試験概要 …… 63
3．2　直接引張試験方法 …… 63
3．2．1　供試体の形状および載荷方法 …… 63
3．2．2　用いたコンクリートの配合 …… 64
3．2．3　その他の試験項目 …… 64
3．3　試験結果 …… 64
3．3．1　直接引張強度 …… 64
3．3．2　直接引張強度のばらつきと試験時の偏心の影響 …… 66
3．3．3　コンクリートの直接引張強度と断面寸法の関係 …… 68
3．3．4　切欠きの敏感性に関する検討 …… 69
3．4　まとめ …… 72
4　直接引張強度の寸法効果とその破壊力学的考察 …… 73
4．1　引張破壊現象と破壊力学の適用 …… 73
4．2　コンクリートの引張強度の解析方法 …… 73
4．3　解析により得られた引張強度と実測値の対比 …… 74
4．4　切欠きのある供試体の寸法効果 …… 76
4．5　切欠き付き供試体のひずみの測定結果 …… 77
4．6　寸法効果の予測 …… 79
4．7　まとめ・問題点 …… 81
5　あとがき …… 82

付属資料（データ集） …… 85

1．まえがき

マスコンクリートの温度応力によるひび割れの危険性を正しく評価するためには、コンクリートに発生している引張応力を適切に把握するとともに、コンクリートの引張強度も正確に求めておく必要がある。コンクリートに用いる材料が同一であっても、コンクリートの温度履歴、持続荷重の作用、断面寸法（寸法効果）などにより引張強度が異なる可能性がある。特に、コンクリート強度が断面寸法によって変化する寸法効果については、マスコンクリートのひび割れ判定ばかりではなく、大型コンクリート構造物の強度にも関連する重要かつ基礎的な問題でありながら、定量的な結論が確立されていない状況にある。この理由として、

1）引張強度の寸法効果について調査を行う場合、コンクリートの引張強度そのものを直接求めることが困難なこと、特にコンクリートの引張強度に関する寸法効果を議論するためには、破断面に発生する引張応力分布が、単純な方が好ましく、このためには割裂強度試験より、直接引張試験によらなければならないこと

2）ところが直接引張試験の試験方法（基準）が確立していないこと

3）寸法効果を論じるには大型供試体の強度試験を実施する必要があるが、大型供試体の試験が容易ではないこと

4）試験結果を理論的に考察するためには、破壊力学あるいは確率論に立脚したコンクリート強度の解析といった高度な解析手法を適用する必要があること

などの、問題がつきまとうためであると考えられる。

ここでは、コンクリートの引張強度に関する寸法効果を確認するための実験を実施するとともに、破壊力学的方法による解析を試みた結果、いくつかの有用な結論を得ることができた。以下にその内容を報告するものである。

2．概要

コンクリートの引張強度を直接求めることは困難であり、通常割裂試験による結果を代用しているのが現状である。ところが、割裂試験は容易に実施できるものの、破断面に発生している引張応力は必ずしも一様ではなく、載荷点付近には圧縮応力も作用し、複雑な応力分布を示すことが知られている。コンクリートの引張強度の寸法効果を直接的に評価するためには、応力分布が複雑となる割裂試験よりも、直接引張試験による方が適切であると考えられる。ところが直接引張試験に基づいてコンクリートの引張強度の寸法効果を論じた研究はあまり多く実施されていないのが現状である。[1)]

ここでは、コンクリートの引張強度の寸法効果を確認するため、供試体寸法を３通りに設定した供試体を用いた直接引張試験を実施した。コンクリートの引張強度に関する寸法効果の捉え方として、２通りの考え方があるものと思われる。ひとつは、コンクリートの強度は一様ではなく、確率的な分布をするとし、供試体寸法が大きくなるほど、領域内に確率変数として分布する引張強度の最小値が小さくなることが寸法効果の原因であるとするものであり、他方は、コンクリートの強度はあくまでも一様に分布するが、わずかな切欠きなどの影響により、引張応力が局所的に大きくなり、これを平均応力で（いわゆるノミナルな値として）表現するために、結果的に寸法効果として現れるとするものである。後者の場合、コンクリートの引張強度そのものは寸法に依存しない。従って、寸法効果を把握するためには、破断面での引張応力分布を適切に評価することにより達成されるものと考えられる。

このように、寸法効果の発生する根拠は両者で全く異なったものであるが、そのいずれが妥当であるかについては、必ずしも統一した見解がないのが現状であろう。ここでは、直接引張試験用供試体として、切欠きを設けず、極力一様な応力分布が発生するようにした場合と、切欠きを設け、応力集中を人工的に導入したものの２通りに設定を行い、寸法効果の生じる原因について、若干の検討を行った。なお、本調査で採用した引張試験方法は、本報告書第１部で実施した直接引張試験が良好な結果を得たことから、同様な方法を採用することとした。

一方、解析については、近年着目を集めている仮想ひび割れモデルを用いた引張強度の計算を実施した。直接引張強度の切欠きの影響の実験結果との対比などを通じて、仮想ひび割れモデルの適用性を確認するとともに、これによりどの程度の寸法効果が見込まれるか、予測を行った。

3．直接引張試験

3．1　試験概要

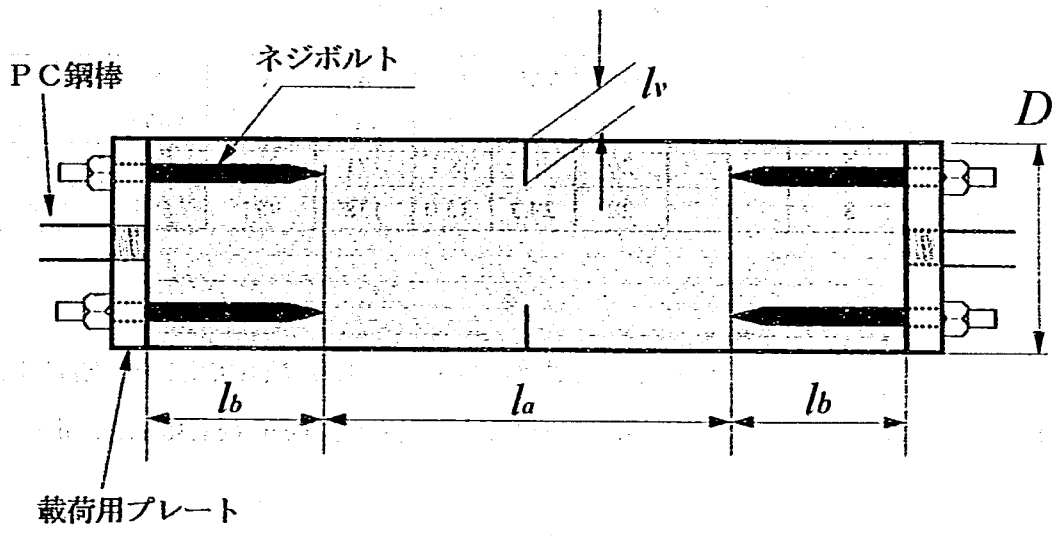
ここでは、角柱供試体を用い、供試体内にねじボルトを埋め込み、このボルトを介してコンクリートに引張応力を伝達する形の引張試験を実施した。特に注目した項目は、直接引張強度の寸法効果、切欠きによる応力集中の影響、コンクリートの配合条件による影響である。

以下に、試験方法について述べる。

3．2　直接引張試験方法

3．2．1　供試体の形状および載荷方法

図－3．1に供試体寸法を示す。こェこで、角柱供試体の断面は、10cm*10cm~30cm*30cmの３種類とした。一部供試体には、切欠きを設けひび割れを誘導した。載荷方法は、載荷プレートにＰＣ鋼棒を取り付け、油圧式万能試験機でこのＰＣ鋼棒を引張ることにより、コンクリートに引張応力を導入した。なお、載荷速度は、応力速度が毎秒4～5kgf/cm²で一定となるように調節し、破断まで一定の応力速度を保った。表－3．1に供試体寸法及び切欠き深さを示す。



図－3．1　供試体形状

表－3．1　供試体内訳

記号	l_a(cm)	l_b(cm)	l_v(cm)	D(cm)	供試体本数
S-0	10	15	0	10	15
S-1	10	15	1	10	5
S-2	10	15	2	10	6
S-3	10	15	3	10	6
M-0	10	15	0	20	12
M-1	10	15	1	20	6
M-2	10	15	2	20	6
L-0	10	25	0	30	15
L-1	10	25	1	30	6
L-3	10	25	2	30	6

3．2．2　用いたコンクリートの配合

コンクリートの配合条件は２種類とした。

なお、用いたコンクリートはレディーミクストコンクリートであり、セメントはA配合については普通ポルトランドセメント、B配合については早強セメントを用いた。コンクリートのバッチ間のばらつきをなくするために、ここでは、A配合およびB配合についてそれぞれ１バッチ（単一）から供試体を作製した。

表－3．2　コンクリートの配合

配合記号	呼び強度	スランプ cm	空気量 %	Gmax mm	W/C %	s/a %	W kg/m³	C kg/m³	S kg/m³	G kg/m³
A配合	21	8	4	20	60.0	48.1	171	285	874	943
B配合	70	8	4	20	29.3	35.0	138	471	605	1,141

3．2．3　その他の試験項目

ここでは、上記の直接引張試験のほかに、圧縮強度試験・割裂引張試験も実施した。割裂引張試験については、寸法効果の存在を確認するために、円柱供試体の直径を10cm,20cm,30cmと設定した。

3．3　試験結果

3．3．1　直接引張強度

表－3．3～表－3．4に直接引張強度の試験結果を示す。なお、切欠きをつけた供試体の直接引張強度は、破断時の供試体の引張力を破断面の面積$D*(D-2l_v)$で除して得られた平均強度を表す。

表－３．３　配合条件Ａの場合の直接引張強度試験結果一覧表

断面寸法	10cm*10cm				20cm*20cm			30cm*30cm		
ノッチ条件	なし	1cm	2cm	3cm	なし	1cm	2cm	なし	1cm	3cm
1	*7.3*	19.5	21.9	*11.9*	16.6	21.7	21.3	21.7	18.2	15.3
2	*12.0*	22.5	24.6	23.1	21.2	24.1	21.7	22.7	18.4	16.5
3	*12.1*	22.6	25.9	23.5	21.3	24.9	22.9	22.9	19.3	18.3
4	20.0	24.1	26.6	24.5	23.2	25.7	23.8	24.0	19.4	19.5
5	20.1	27.8	28.5	28.6	23.2	26.4	24.1	24.2	20.0	19.8
6	22.4		30.4	29.0	23.3	26.9	26.8	24.7	23.0	19.8
7	22.4				24.3			24.7		
8	22.9				24.3			25.5		
9	23.2				25.0			25.7		
１０	23.5				25.9			26.1		
１１	24.1				28.4			26.6		
１２	24.8				28.7			27.1		
１３	24.9							27.2		
１４	27.5							27.4		
１５	27.7							30.6		
平均値	21.0	23.3	26.3	23.4	23.8	25.0	23.4	25.4	19.7	18.2
標準偏差	5.9	3.0	3.0	6.2	3.3	1.9	2.0	2.2	1.7	1.9
変動係数(%)	28.3	13.0	11.3	26.4	13.7	7.6	8.5	8.6	8.8	10.5

注）・引張強度の単位はいずれもkgf/cm^2

・試験結果の値で斜字で示したものは、Grubbsの検定により棄却されたデータを示す。有意水準は５％で設定した。なお、表中の標準偏差及び平均値は検定により棄却されたデータも含んだすべてのデータによる平均値ならびに不偏標準偏差を示す。

３．３．２　直接引張強度のばらつきと試験時の偏心の影響

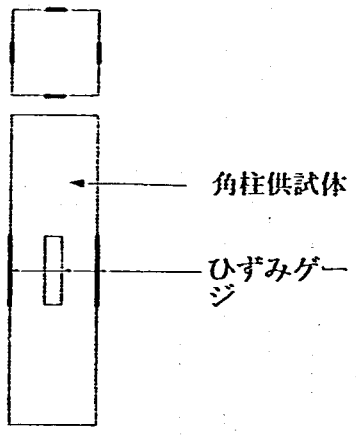
直接引張試験を実施して得られる引張強度は、一般に割裂試験によって得られる引張強度よりもばらつきが大きくなることが知られている。この理由として、

１）試験時に供試体に作用する引張力の偏心

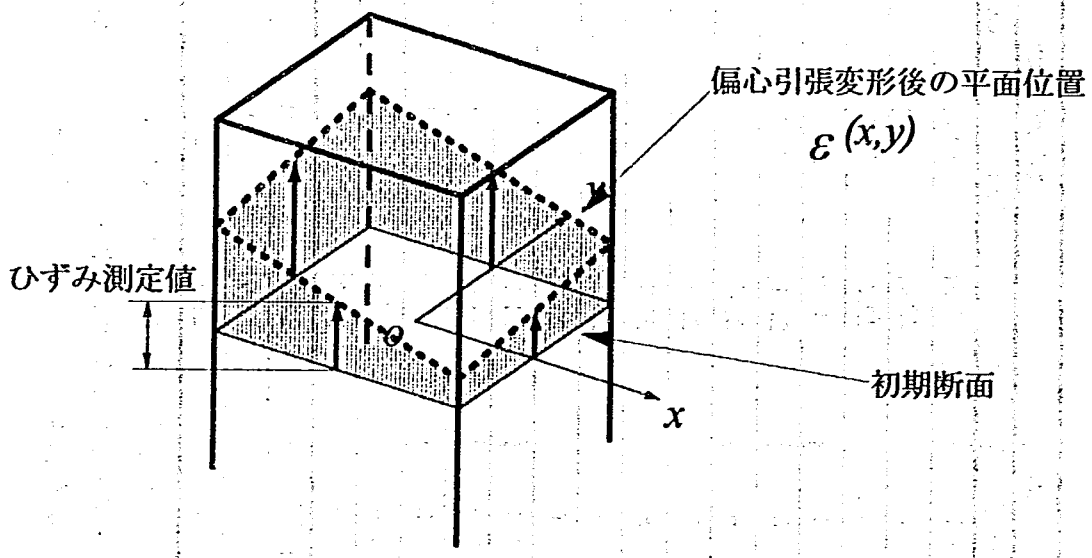
２）供試体内に三次元的に分布する初期欠陥

等が考えられる。ここでは、前者について検討する。

偏心の影響を確認するため、供試体断面寸法が20cm*20cmで切欠きの無い供試体の側面に４枚のゲージを張り、引張力を受けた際の断面の変形後の断面が平面保持されると仮定し、仮定した平面をひずみの測定値から線形回帰により求めた。ゲージを張り付けた供試体は、配合条件ＡのＭシリーズ供試体１２本の内の６本とした。偏心量の大小を数量化するため、ここでは、線形回帰により求められた平面から、軸引張力の合力の作用位置を次式によって推定した。ここで、コンクリートの引張ひずみを$\varepsilon(x,y)$とし、軸引張力をＮとする。$\varepsilon(x,y)$は次式で与えられる。



図－３．３　ひずみｹﾞｰｼﾞ張り付け位置



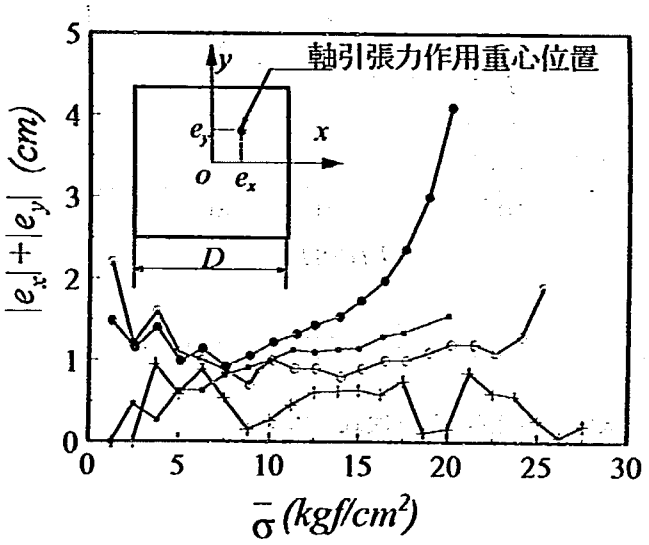
図－３．４　偏心を含んだ引張変形

$$\varepsilon(x,y)=\frac{N}{EA}(1+\frac{e_x x}{r^2}+\frac{e_y y}{r^2})$$

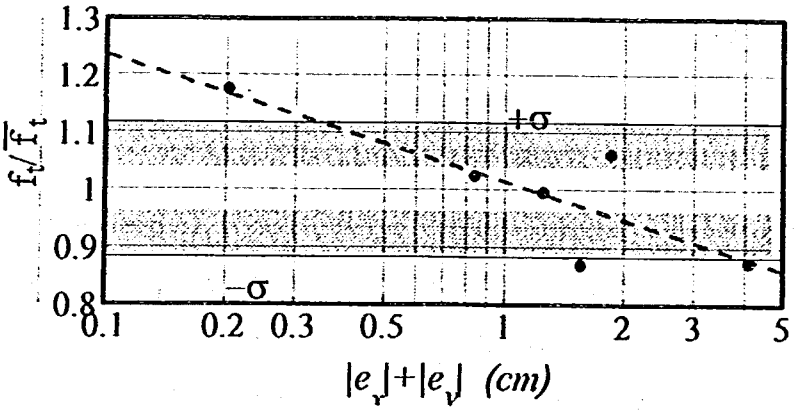
ここで、e_x、e_yは軸引張力の作用位置の原点oからの偏心量である。ただし、rは断面二次半径をあらわす。図－３．５は、角柱供試体の断面に作用する平均引張応力（ $\bar{\sigma}$=N/A ）の増加に伴う、軸引張力作用位置の変化量$|e_x|+|e_y|$を示したものである。この結果から、軸引張力の作用位置の偏心量は、一定ではなく、荷重が増加するにつれて増加するものもあることがわかる。すなわち、軸引張力の偏心量は、直接引張試験開始時の治具類のセットに伴うずれではなく、応力の増加に伴い、局所的に破壊が進展することによって生じる、応力分布の変動によるものと考えられる。

次に偏心量と、引張強度の関係を求めた結果を図－３．６に示す。縦軸には、ひずみゲージを張り付けた６本の供試体の平均引張強度に対する強度比をとった。

この結果から、引張強度比と偏心量の間には相関性が認められ、偏心量が増加するにつれて、強度比は低下する傾向にある。図中には引張強度の平均値から±１σの範囲も示している。以上の検討結果から、直接引張強度と、軸引張力作用位置の偏心量には相関性があり、これにより引張強度の試験結果の１σ相当として、ばらつきが±10%程度生じること、ただし、これは載荷途中で生じる供試体の局所的な破壊の進展によるものであり、供試体の製作誤差やセット時のずれだけが原因ではないと考えられる。



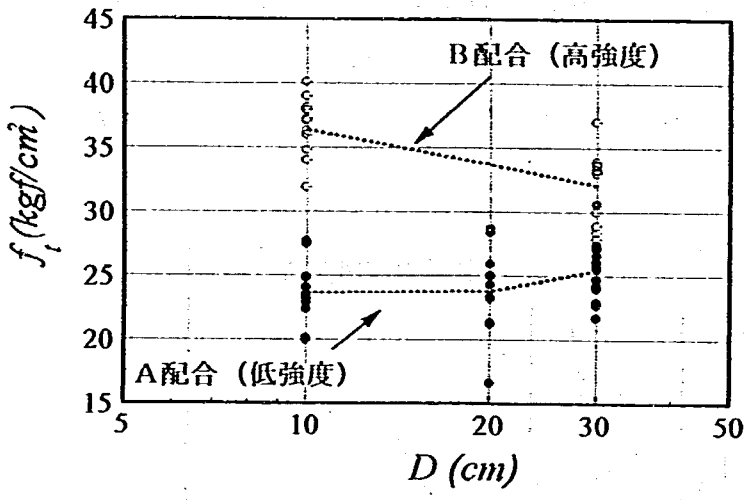
図－３．５　作用応力と偏心量の関係



図－３．６　偏心量と引張強度の関係

３．３．３　コンクリートの直接引張強度と断面寸法の関係

直接引張強度と、供試体の断面寸法の関係を、図－３．７～図－３．８に示す。

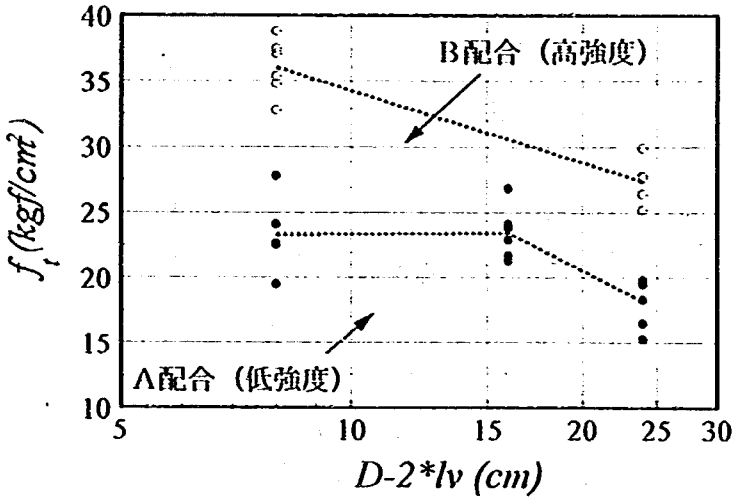


図－３．７　直接引張強度の寸法効果（切欠きなし）

なお、切欠きを導入した供試体の引張強度f_tは次式で求めた。

$$f_t = \frac{P}{D(D-2lv)}$$

図－３．７は、切欠きを設けなかった供試体に関する引張強度の寸法効果を、図－３．８は切欠きを設けた供試体に関する寸法効果を示している。図中の点線は、各ケースの引張強度の平均値を表している。なお、切欠きを設けた供試体の横軸は、D-2*lvをとった。この結果から、切欠きを設けなかった場合、A配合については、供試体寸法によらず、ほぼ一定の引張強度が得られている。B配合については、寸法が増加するにつれてわずかに引張強度が低下している。



図－３．８　直接引張強度の寸法効果（切欠き有り）

これに対し、切欠きを設けて応力集中を人工的に導入した場合では、A配合の場合、*D-2*lv*が18cmまでは引張強度の低下が生じていないが、16cm～24cmの間に明確な引張強度の低下がみられる。

このように、直接引張強度の寸法効果に関して、切欠きがある場合と無い場合では大きく異なっていて、切欠きのある場合の方が寸法効果が顕著となる。

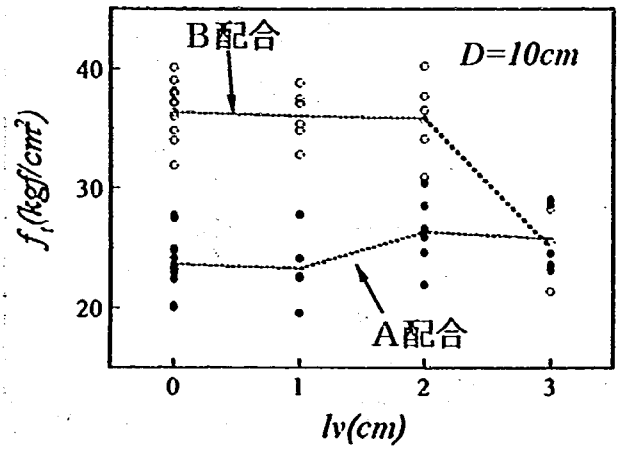
３．３．４　切欠きの敏感性に関する検討

供試体に設けた切欠きの長さによって、見かけの引張強度f_tがどのように変化するかについて検討した。図－３．９～図－３．１１はそれぞれD=10cm,20cm,30cmの場合について、切欠き長さと引張強度の関係を示している。

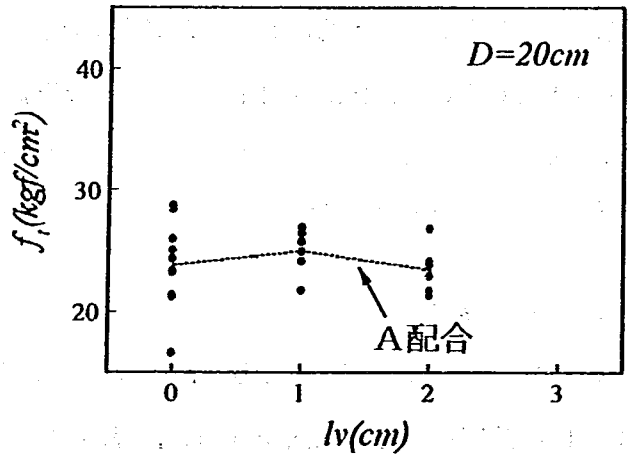
この結果から、D=10cmの場合では、A配合では切欠きの長さによらずほぼ一定の引張強度が得られていて、切欠きに対する敏感性が存在していないことがわかる。これに対し、B配合の場合では、切欠き長さが3cmの場合に切欠きの効果が現れている。

D=20cmの場合、A配合において切欠きの影響はほとんど見受けられない。

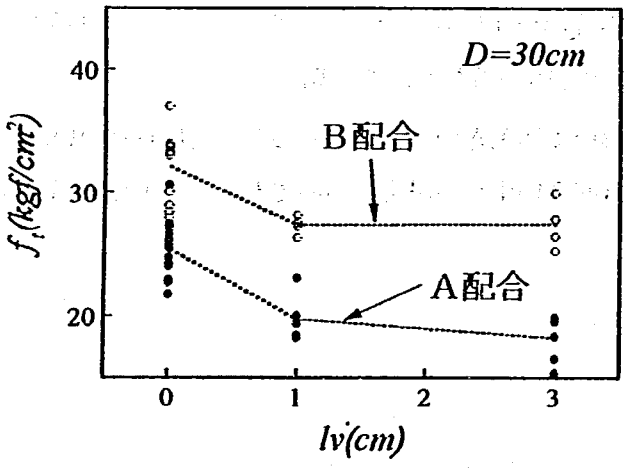
D=30cmの場合、A配合、B配合いずれの場合についても切欠きの効果が現れている。



図－３．９　引張強度に及ぼす切欠きの影響
（D＝１０ｃｍ）



図－３．１０　引張強度に及ぼす切欠きの影響
（D＝２０ｃｍ）



図－３．１１　引張強度に及ぼす切欠きの影響
（D＝３０ｃｍ）

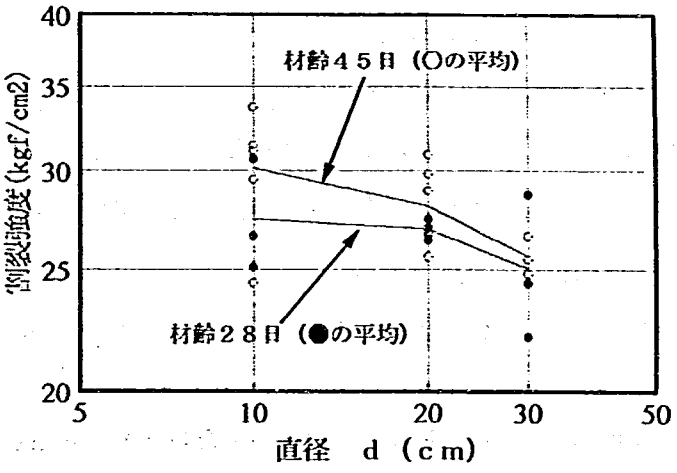
3．3．5　割裂強度ならびに圧縮強度の試験結果

次に、今回使用したコンクリートの圧縮強度、割裂強度の試験結果を表－3．5に示す。

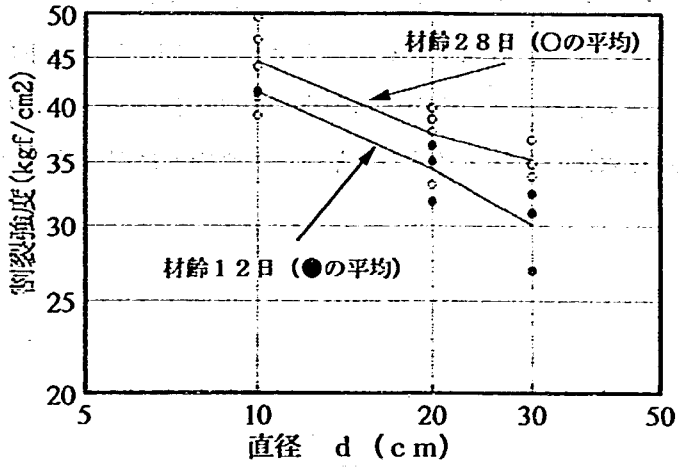
表－3．5 圧縮強度・割裂強度の試験結果

配合	圧縮強度 (kgf/cm²)	割裂強度(kgf/cm²)			試験材齢
		φ10cm	φ20cm	φ30cm	
A	290*1	27.4*1	26.9*1	25.1*1	２８日
	320*1	30.1*2	28.1*2	25.6*1	４５日
B	526*1	41.4*1	34.4*1	30.1*1	１２日
	578*1	44.6*2	37.4*2	35.2*1	２８日

注）上記表中*1を記したものは、３本の供試体の平均値、*2を記したものは、６本の供試体の平均値である。



図－3．１２　割裂強度の寸法効果



図－3．１３　割裂強度の寸法効果（B配合）

割裂強度に関しては両配合とも寸法効果が存在する可能性がある。

図－３．１２および図－３．１３はそれぞれの配合について、割裂用の円柱供試体の直径と割裂強度の関係を示したものである。

割裂強度のばらつきのため必ずしも明確なことは断定できないが、A配合とB配合を比較するとA配合の方が寸法効果が緩やかな傾向がみられる。また、A配合については、円柱供試体の寸法が10cm～20cmまでと20cm～30cmでは、必ずしも同一の強度低下を示すわけではなく、10cm～20cmのほうが緩やかな寸法効果を現している。この傾向はB配合については見受けられない。

３．４　まとめ

以上の実験結果をまとめると、次の通りである。

１）直接引張試験では、引張力作用位置の偏心量と、直接引張強度の試験結果に相関性が認められる。ただし、引張力の偏心は、供試体製作時の誤差、供試体を試験機へのセットしたとき等の、初期時の偏心はわずかであっても、荷重の増加による破壊の進展に伴って増大する。すなわち、偏心は、材料強度の分布に依存するものであり、これを制御することは困難である。

２）偏心量の大きさに応じ、引張強度のばらつきは±10%程度生じうる。

３）今回実施した直接引張強度のばらつきは、多文献の試験結果と比較してほぼ同程度であった。

４）直接引張用供試体に切欠きを導入した場合、切欠きの効果が現れたのは、D=30cmの供試体のみであり、10cm、20cmの供試体では切欠きの効果が認められなかった。

５）直接引張強度の寸法効果は、切欠きのある場合には認められたが、切欠きのない場合は寸法効果は認められなかった。

６）切欠きのある場合の寸法効果は次の通りである。A配合の場合D＝１０ｃｍから２０ｃｍにかけては、ほとんど引張強度の低下がなかったが、D＝２０ｃｍから３０ｃｍにかけて強度低下が認められた。

７）割裂強度には寸法効果が認められるようである。ただし、配合条件によって寸法効果の傾向が異なっている可能性があり、A配合では、直径１０ｃｍから２０ｃｍ間の強度低下は２０ｃｍ～３０ｃｍの間の強度低下に比べて小さくなる。ところが、B配合ではこの傾向が認められず、円柱供試体の直径ｄと割裂強度の関係を両対数軸のグラフで示したところ、直線的に引張強度は低下していた。

4．直接引張強度の寸法効果とその破壊力学的考察

4．1　引張破壊現象と破壊力学的手法の適用

コンクリートに限らず、脆性的な特性を示す材料の強度の寸法効果依存性を議論する場合、しばしば破壊力学的手法が適用されている。コンクリートの分野においても、破壊力学の適用に関する研究は近年急速に展開し、各種強度の寸法効果[2)]、曲げ引張強度と引張強度の関係の解析[3)]など、様々な分野に応用されつつある。ここでは、前章に示した切欠きを有する供試体の引張強度に関する実験結果が、破壊力学の適用によって説明可能かどうか明らかにすることを目的として、解析検討を実施した。

4．2　コンクリートの引張強度の解析方法

破壊力学を大別すると、線形破壊力学と、材料の降伏を認めこれを考慮した非線形破壊力学に分類される。脆性的材料、あるいは局所的に降伏が生じても、降伏領域が部材の寸法に比べ著しく小さい場合は線形破壊力学の適用が可能とされている。コンクリートの場合、引張力による破壊状況は、非常に脆性的であり線形破壊力学が適用可能であるように予想される。しかし実際はフラクチャープロセスゾーン（ＦＰＺ）が形成され、発生したひび割れのひび割れ幅が小さい場合、引張応力を伝達しうることが明らかになりつつある。この観点から考えると線形破壊力学の適用は妥当ではないものと考えられる。したがって、ここでは、線形破壊力学を適用するのではなく、ひび割れ発生後も引張応力の伝達を考慮しうる手法を用いて解析を行うこととした。

ここでは、ＦＰＺを仮想ひび割れモデル（ＦＣＭ）で表現し、これを境界要素法に組み込み、材料線形・境界非線形モデル[4)]として、切欠きを有する供試体の応力解析を行った。境界要素は、３節点２次要素を用いた。なお、境界要素法を用いるに当たって、角点や境界条件の不連続部分など境界条件が非連続的に変化する場合、通常の方法では解析精度が低下する可能性がある。これを避けるために、２重接点要素あるいは不連続要素が提案されている。ここでは、後者の方法を用いた。また、境界要素法の欠点として境界近傍の応力・変位計算精度が低下することが知られているが、ここでは、文献５の方法を用い、これを回避することとした。

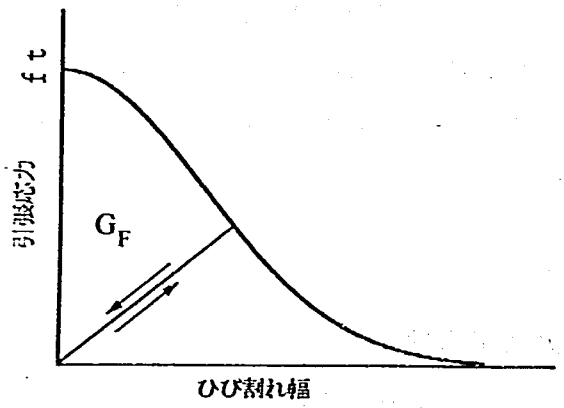
ＦＣＭとしては、一般的に１／３モデルあるいは１／４モデルなどの２直線モデルが用いられることが多い。ただし、ひび割れ幅と引張応力の関係の解析結果をみると、必ずしも上記の関係に適合していないものも見受けられる。ＦＣＭ自体、あくまでも仮想的なものであること、ＦＣＭの構成則同定に関する研究が進行中であり、現在ではこの詳細な関数形を議論するにはなお、データの蓄積が必要であることから、ここではあえて１／３モデルや１／４モデルにこだわらず（４．１）式のものを用いた。

$$\sigma = f_t \exp((-0.5) * (\alpha w)^2) \qquad (4.1式)$$

関数形の概略を図－４．１に示す。

このような仮定の下に、解析を実施した。収束計算はNewton法による反復計算を実施した。

コンクリートのヤング係数はＡＭシリーズ（D=20cm）で切欠きのない供試体のひずみの測定結果をもとに決定した。また、f_tの値は一律25kgf/cm²で一定とした。



図－４．１　ひび割れ軟化曲線

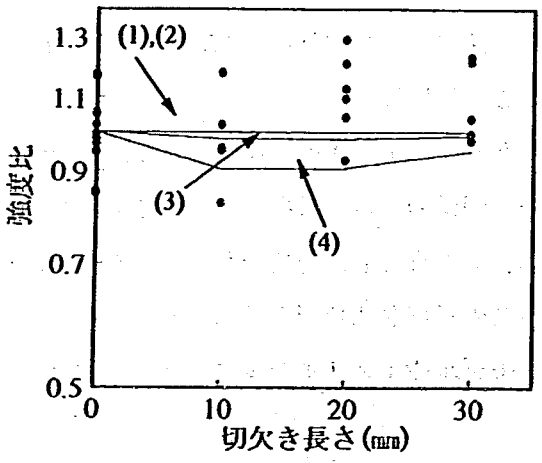
４．３　解析により得られた引張強度と実測値の対比

ここでは、式４．１のパラメータαを500,1000,2000,4000/cmの４通りに設定して解析を実施した。

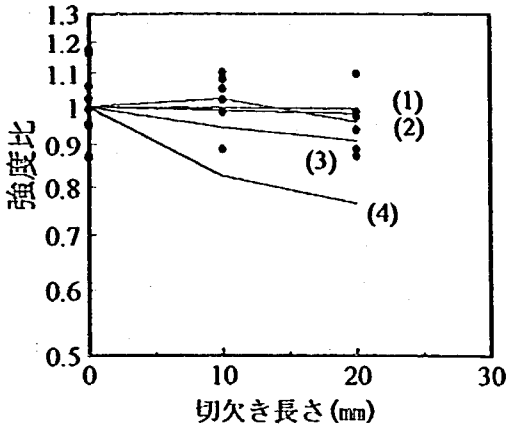
図－４．２～４．４はＡ配合のシリーズについて切欠きの効果について実験結果と解析結果を比較したものである。図中の解析によって得られた４本の曲線は表－４．１に示したαの値に応じて計算されたものである。

表－４．１　図中の解析結果とαの対応表

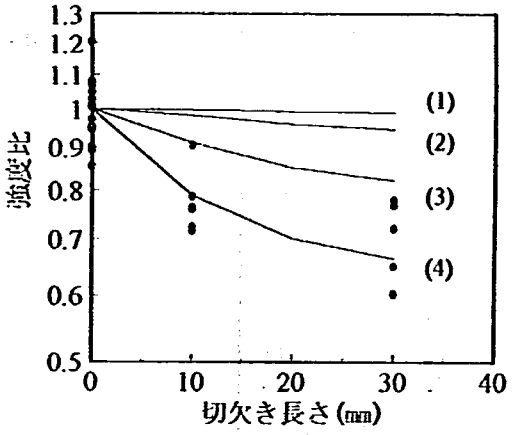
図中の曲線番号	α値(/cm)
(1)	500
(2)	1,000
(3)	2,000
(4)	4,000



図－４．２　切欠きの効果(D=10cm)



図－４．３　切欠きの効果(D=20cm)



図－４．４　切欠きの効果(D=30cm)

なお、図－４．２～４．４の縦軸は切欠きのない供試体で得られた引張強度の平均値で除して無次元化した強度比を表している。

図－４．２の結果から、D=10cmの供試体では、引張強度に対して切欠きの効果はほとんど認められないとの実験結果が得られているが、解析においても同様の結論が得られている。すなわち、供試体の断面寸法がＦＰＺとほぼ同等の大きさしかないため、破断面全体が塑性化したためであると考えられる。

供試体の寸法がD=20cmとなると、解析上はαの値に応じて切欠きによる応力集中の効果が現れ始める。ただし、その効果はわずかであり、引張強度の試験値のばらつきに比較すると影響が小さいため、実験データからは明確な切欠きの効果が判断できない。

D=30cmとなると、切欠きによる応力集中の効果が顕著になり始め、実験結果はα＝2000～4000/cmと仮定して得られた解析結果の範囲に入っている。

以上の結果から、図－４．１に示したひび割れ軟化曲線のパラメータを適切に与えることができれば、切欠きによる応力集中の効果を適切に評価することが可能となる。

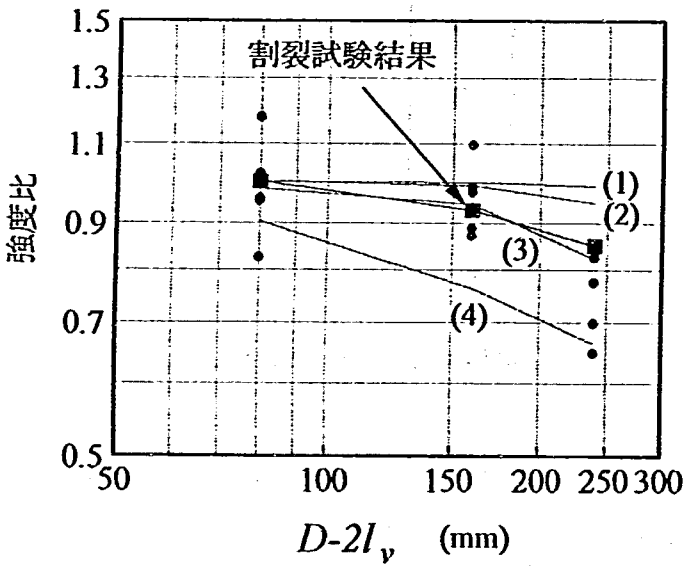
一方、線形破壊力学の知識によると、切欠きのある供試体の切欠き先端での応力拡大係数は式－４．２で表される。

$$K_I = \sigma\sqrt{\pi \cdot l_v}\ F(2l_v/D) \qquad (式－4．2)$$

この結果、破壊規準としてK_Iを用いると、上記式よりおおむね切欠き長さの－１／２乗で低下する。ところが、実験結果から切欠きの効果は寸法によって異なっていて、塑性状態になる場合があることを考慮すると、線形破壊力学パラメータを用いた切欠き効果の評価は不可能であるといえる。

４．４　切欠きのある供試体の寸法効果

次に切欠きのある供試体の寸法効果について、解析結果と実験結果の比較を行う。図－４．５は縦軸に図－４．２～４．４と同様強度比を、横軸に$D-2l_v$をとって寸法効果の影響をみたものである。



図－４．５　寸法効果

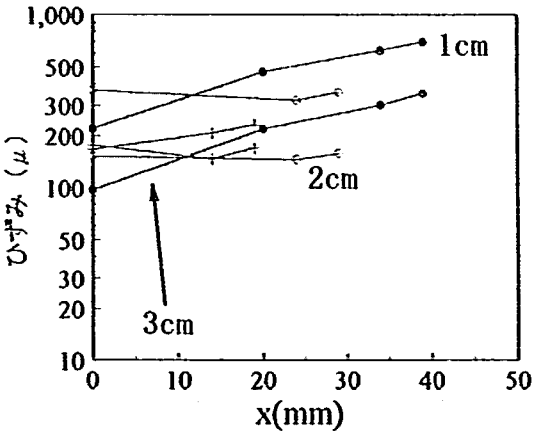
実験結果は解析解の(3)～(4)の付近に入っていることがわかる。$D-2l_v$が80～160mmではひび割れ軟化曲線の形状による解析結果の変動が小さくなっていて、理論的には、寸法効果が現れにくい領域であり、実験結果はこの傾向を裏付けるものとなっていた。

なお、図－４．５には、割裂試験結果において円柱供試体の載荷点から約１ｃｍは圧縮領域であると考え、残りの寸法（すなわち、円柱供試体の直径-2cm）を$D-2l_v$と見なして、供試体数が多い材齢４５日における寸法効果を参考までにあわせてプロットした。割裂供試体に発生する応力状態は、直接引張試験の場合と異なり、複雑な分布状況を示すので、両者を単純に同一の尺度で評価することは、

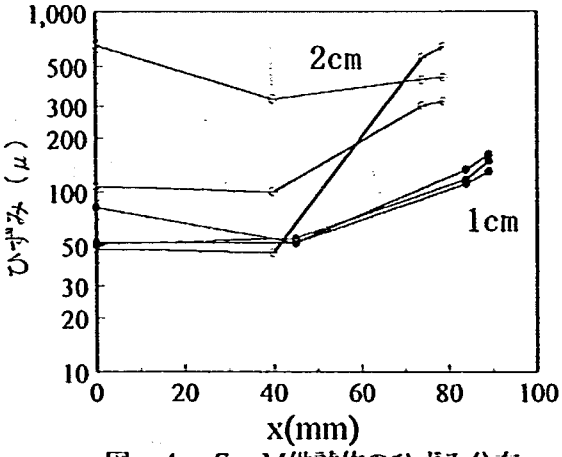
必ずしも妥当ではないが、両者の傾向は非常によく一致しており、割裂供試体についても、ここで行った解析手法の適用の可能性があるものと考えられる。

4．5　切欠き付き供試体のひずみの測定結果

断面欠損率が２０％の切欠き付き供試体の破断時におけるひずみの測定結果を図－４．６～４．８に示す。



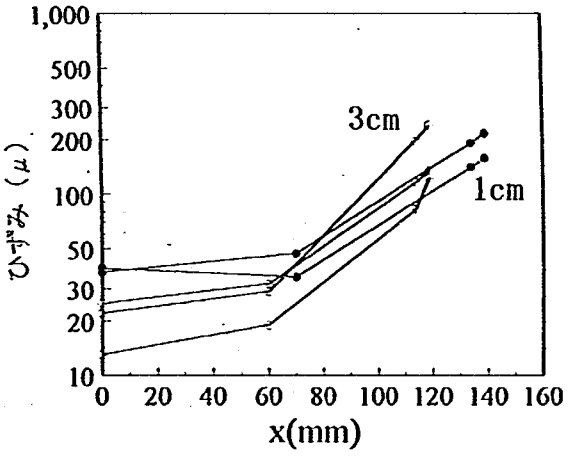
図－４．６　Ｓ供試体ひずみ分布



図－４．７　Ｍ供試体のひずみ分布

ここで図－４．６～４．８の横軸は、供試体断面の中心からの距離を示す。（図－４．９）

また、Ｍ供試体で切欠きのない供試体の、軸方向ひずみと引張応力度の関係を図－４．１０に示す。測定結果によると、応力ひずみ関係の勾配は一定ではないが、破断時まで応力ひずみ関係は単調に増加する関数となっていて、破断時ひずみはおおむね70μ～110μである。

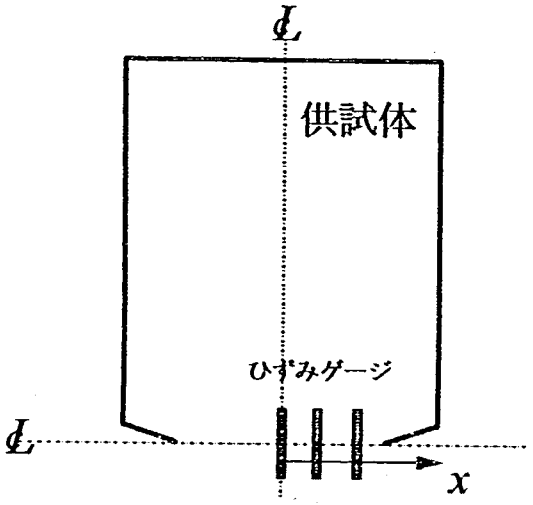


図－４．８　Ｌ供試体のひずみ分布

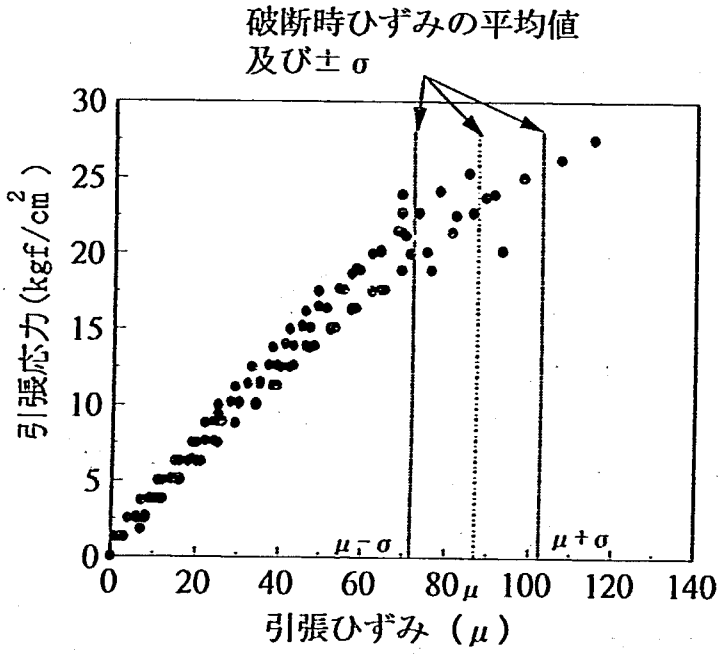
この結果を切欠き付き供試体のひずみの測定値と比較すると、Ｓ供試体では供試体中心付近でも、破断ひずみを越えるひずみが観測されていて、ＦＰＺが破断面全体に広がっていることがわかる。次に、Ｍ供試体で切欠きが1cmの場合は、供試体中央付近では破断時ひずみのよりもわずかに小さい値、切欠きが2cmの場合は破断時ひずみと同等以上、Ｓ供試体では破断時ひずみよりも遥かに小さなひずみで破壊していたことがわかる。

以上の結果から、切欠きをつけたＳ供試体では、ＦＰＺが十分進展しないまま破壊に至ること、従って応力集中が強度低下に影響を及ぼしうること、Ｍ供試体では切欠き寸法に応じて微妙に変化す

ること、Ｓ供試体ではＦＰＺが破断面全般にわたって発生し、応力集中が見かけの強度低下にはほとんど影響を及ぼしていないことが明らかとなった。



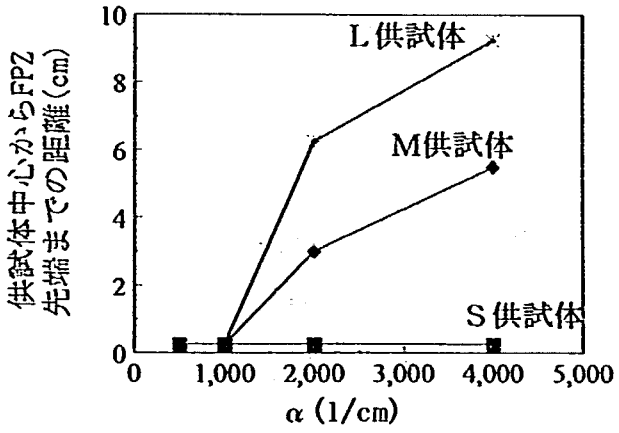
図－４．９　ひずみ測定



図－４．１０　軸方向ひずみの測定結果

破断時におけるＦＰＺの進展状況を、解析的に求めた結果を図－４．１１に示す。ここで、解析結果は簡単のため断面欠損率が２０％の供試体のみを示した。Ｓ供試体では、αの値に関わらずＦＰＺがほぼ断面全体にわたって発生しているのに対し（解析プログラムの都合上、全断面にＦＰＺが発生する直前に計算を終えるため、わずかにＦＰＺが到達していない領域がみられる。ただし、ＦＰＺが到達していない節点の引張応力度はほぼｆｔに到達していて、全断面にＦＰＺが生じているとして実用上差し支えない）、Ｍ供試体の一部、およびＬ供試体の一部では、αの値によって、ＦＰＺに到達

していない領域多く残して、破断に至っていることがわかる。実験結果に適合するαの値は、2000～4000/cmであったこと、破断時の供試体のひずみ測定結果から、L供試体では切欠きのない供試体で得られた破断ひずみよりも小さなひずみが生じた時点で破壊を生じたことを考えると、仮想ひび割れモデルを用いた解析によって、破断時におけるＦＰＺの進展状況がおおむね把握できていることがわかる。



図－４．１１　ＦＰＺの進展状況

４．６　寸法効果の予測

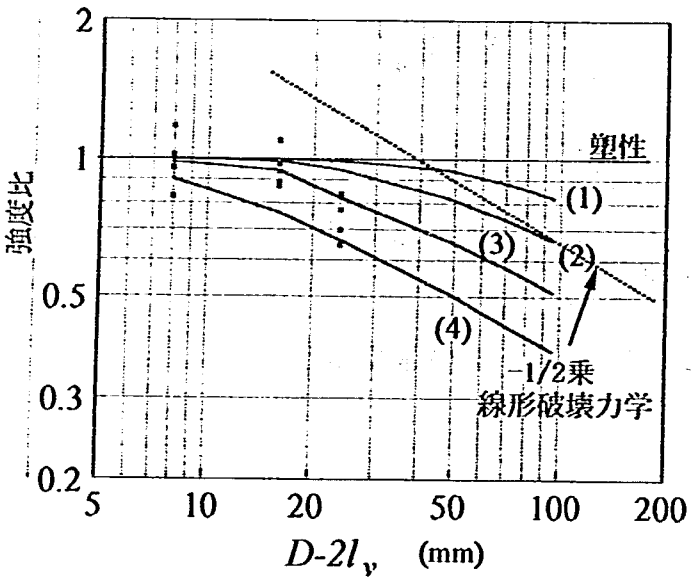
これまでは、主として解析結果と実験結果の比較を通じて、切欠き付き供試体の強度特性を、仮想ひび割れモデルを用いた理論的な扱いが可能かどうか検討を行ってきた。この結果、仮想ひび割れモデルを用いた解析により、切欠きを有する供試体の引張強度特性を表現できることが明らかとなった。

ここでは、さらに大きな部材寸法の場合、寸法効果がどのように現れるか、解析的な検討を行った。図－４．１２に解析結果を示す。切欠きによる断面欠損率は、先ほどと同様２０％で一定としている。参考までに、実験結果も併記している。

この結果から、αの値を500～1000/cmとした場合、30cm程度までの寸法では、寸法効果が明確ではなかったが、１ｍ近くになると、寸法効果が明快になっている。また、α=4000/cmの場合寸法が大きくなるにつれさらに寸法効果が顕著となり、線形破壊力学でいわれる－１／２乗則に漸近する。

この解析結果をもとに考えると、寸法効果を一律に部材寸法のべき乗で表し得ないこと、特に部材寸法が小さい場合寸法効果は、緩やかに現れるといえる。また、ひび割れ軟化曲線の傾きが緩やかな場合、相当部材寸法が大きくなければ寸法効果は現れにくいことが推察される。このため、材料試験による寸法効果の定量化（いわゆるべき乗則での表現）にあたっては、部材寸法の取り方により結果が異なることに注意する必要があるものと考えられる。今回実施した、切欠き付き供試体の実験結果

では、寸法がやや小さかったきらいがある。寸法が小さく、直接引張強度試験のように非常に脆性的にコンクリートが破壊する場合にも、塑性的な破壊が生じていることを実証できたことは評価されるものの、30cm以上の大型供試体（できれば60cm程度以上）の供試体による試験を実施していれば、より一層寸法効果を確実にとらえることが可能であったものと考えられる。ただし、このような大型供試体では、コンクリート中のセメントの水和反応による、供試体温度の上昇にともなう初期ひずみ、内部コンクリートの強度低下など、コンクリートの強度に影響を及ぼす他の要因も複雑に絡んでくるため、適切な試験を行うことが困難になることも予想される。



図－４．１２　寸法効果の解析結果

なお、図－４．１２によると、今回の切欠き付き直接引張試験結果にもっともよく適合するαの値は2000/cm程度と推定される。ここで用いたひび割れ軟化曲線を表す関数を積分することによりG_Fを求めると、ほぼ0.015kgf/cmという値が得られる。これは通常いわれているG_F=0.1kgf/cmに比べるとかなり小さな値となる。今回の実験では、ひび割れ開口変位などを測定して、直接ひび割れ軟化曲線の形状を求めたものではなく、あくまでも引張強度の寸法効果に見合うひび割れ軟化曲線の形状を推定したものであり、G_Fは間接的な値である。しかし、従来の値に比べるとはるかに小さな値となっていることは、G_Fが材料定数としての扱いが不可能である可能性も否定できず、今後さらなる調査が必要となろう。

4．7　まとめ・問題点

以上の検討結果をまとめると次の通りである。

1）境界要素法に仮想ひび割れモデルを組み込んだ解析法により、切欠き付き供試体の引張強度特性（切欠きの効果・寸法効果）を解析できる可能性が示された。応力拡大係数を破壊基準にした方法では、切欠きの効果を正しく表現できない。

2）仮想ひび割れモデルを用いた解析をふまえると、D=10cmの供試体についてはＦＰＺが破断面全般に発生したため、応力集中の効果が明確とはならなかった。

3）引張強度の寸法効果を供試体寸法のべき乗の形で一律に表すことは必ずしも妥当ではない。

4）仮想ひび割れモデルを適用すると、供試体寸法が大きくなるほど、寸法の-1/2乗則に漸近する。漸近し始める寸法は、仮想ひび割れモデルの形状により影響を受ける。

問題点としては、

1）マクロな応力集中を生じない切欠きのない直接引張強度の寸法効果について、検討できなかった。実験結果では寸法効果が認められないとの結果を得た。過去の調査結果においては、寸法効果を明確に認める結果と、あまり認められないとする結果が得られていて、統一した結論が得られていない。この問題を解決するには、実験結果に対する理論的な検討が必要であるが、ここでは十分には検討が行えなかった。

2）ここで実施した、ひび割れ軟化曲線で、比較的よく適合していたものは、α=2000/cmのものであった。この場合のG_Fを求めると０．０１５kgf/cm程度で、曲げ試験により通常求められているG_F(0.1kg/cm)に比べるとかなり小さい値であった。試験方法により、G_Fが異なるとした場合、G_Fの値そのものが、材料定数としての意味を失うことになり、仮想ひび割れモデルを適用するにあたって非常に大きな問題点となりうる。今後、データを蓄積し、この問題に対する結論を得ておく必要がある。

第5章　あとがき

ここで得られた結果をとりまとめると次の通りである。

1）切欠きを有する供試体を用いた引張試験を行ったところ、得られた試験結果には寸法効果が認められた。切欠きの効果はD=10cm, 20cmの供試体ではあまり明確ではなかったが、D=30cmの供試体では明確になっていた。

2）仮想ひび割れモデルを用いた解析を行えば、上記の結果をうまく表現できることが明らかとなった。すなわち、切欠きのある直接引張強度の解析に、仮想ひび割れモデルが適用可能であることが実証できた。また、線形破壊力学の適用は好ましくないことが明確となった。

3）切欠きのある場合の直接引張強度は、供試体寸法のべき乗式で単一的に表現できないことが、実験ならびに解析の結果明らかとなった。このことは、寸法効果則を得るために実験を行った場合、供試体寸法の取り方により結果が変動しうることを示している。

4）切欠きのない角柱供試体の引張試験を実施した結果、実験結果からは寸法効果は認められなかった。これが、試験方法に起因する問題であるのか、直接引張強度特有の実験結果のばらつきがまっさっていたために寸法効果が明確にならなかったものか、理由については必ずしも明確にはできず、今後の検討課題として残された。

5）ただし、ここで用いた仮想ひび割れモデルにおいて実験結果によく適合する場合のG_Fは、従来曲げ試験で得られている値よりもかなり小さいものであった。これが、今回用いたコンクリートの特性であったのか、G_Fも応力状態によって変化する（言い換えると材料定数でない）ものであるのか、今後検討を重ねて明らかにする必要がある。

参考文献

1）上田稔、佐藤正俊、長谷部宣男、奥田宏明：コンクリートの直接引張強度に関する寸法効果の破壊力学的研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.16, No.2, 1994年, pp.69-74.

あるいはV.Kadlecek, Z.Spetla: Effect of size and shape of test specimens on the direct tensile strength of concrete, BULLETIN RILEM No.36, 1967, Sept., pp.175-184.等

2）塩屋俊幸、長谷川俊昭：コンクリート構造物の寸法効果、コンクリート工学、Vol.30, No.8, 1992年, pp.5-15.

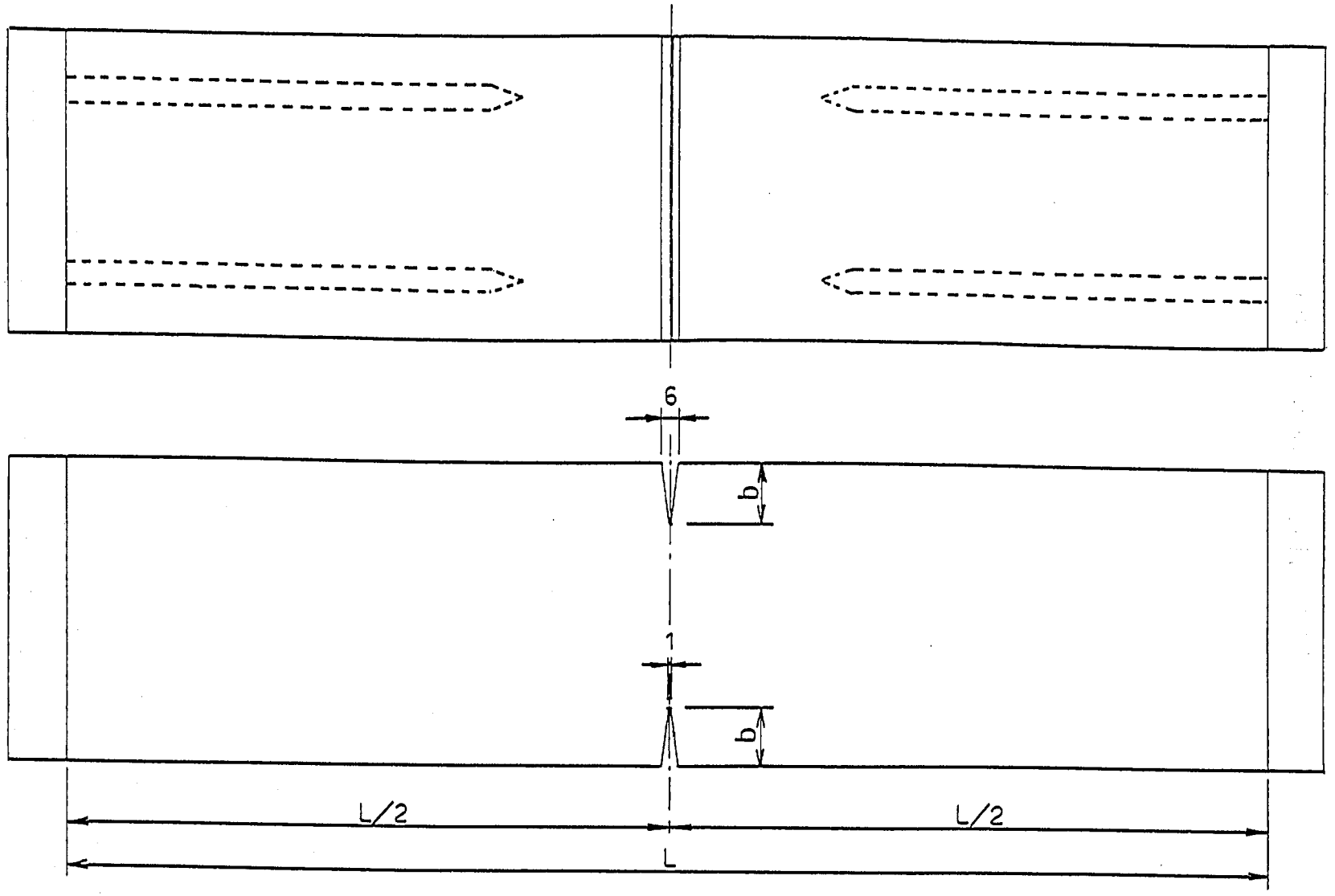
3）内田祐市、六郷恵哲、小柳洽：コンクリートの曲げ強度の寸法効果に関する破壊力学的検討、土木学会論文集、No.442, V-16, 1992.2, pp.101-107.

4）大津政康：コンクリート構造の破壊力学に関するコロキウム、第１部、１９９０年３月、pp.55-59.

5）蔦紀夫、山地成一：周辺積分有限要素法とその応用（第１報）、川崎重工技報第７５号、１９８０年７月、pp.10-18.

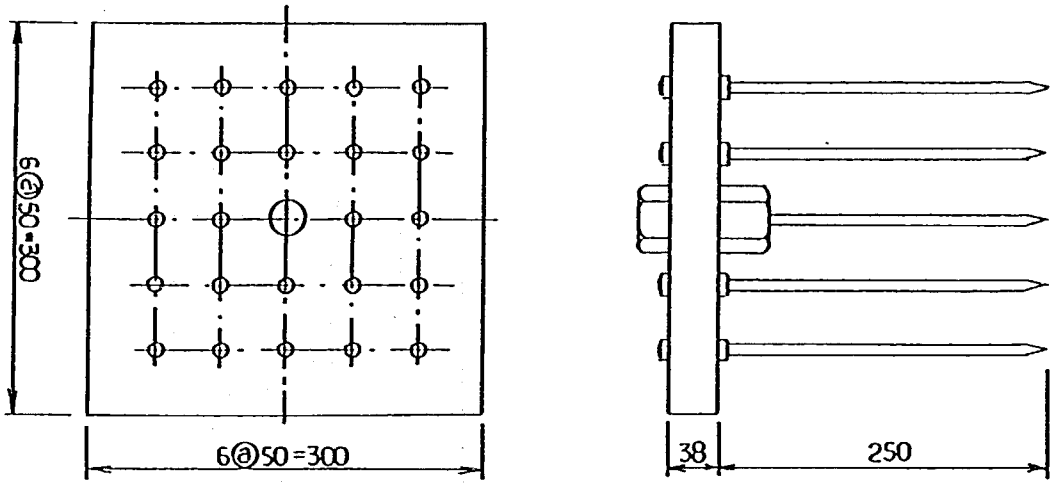
資料集

(供試体加工、載荷方法など)

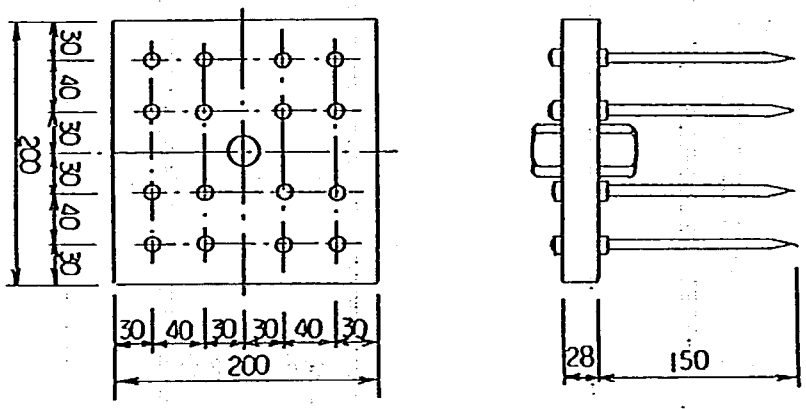


図－1　直接引張用供試体の寸法

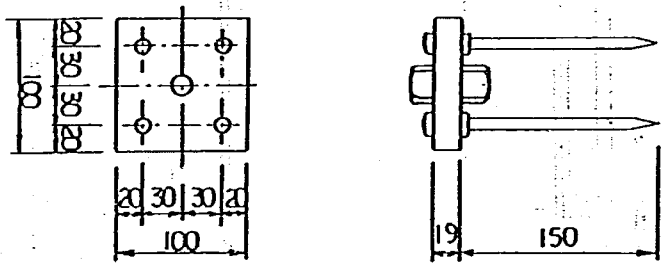
TYPE-AL, TYPE-BL



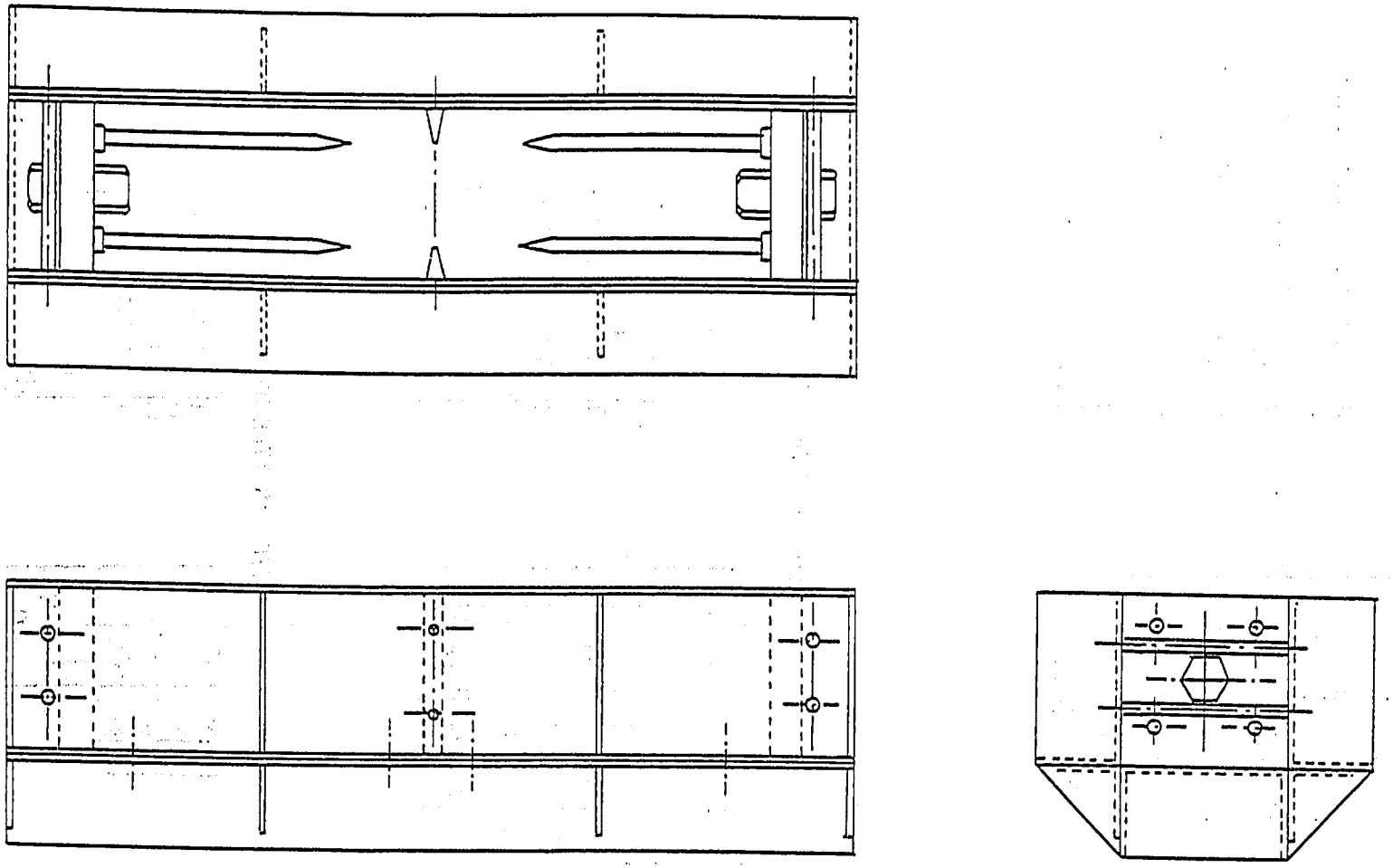
TYPE-AM, TYPE-BM



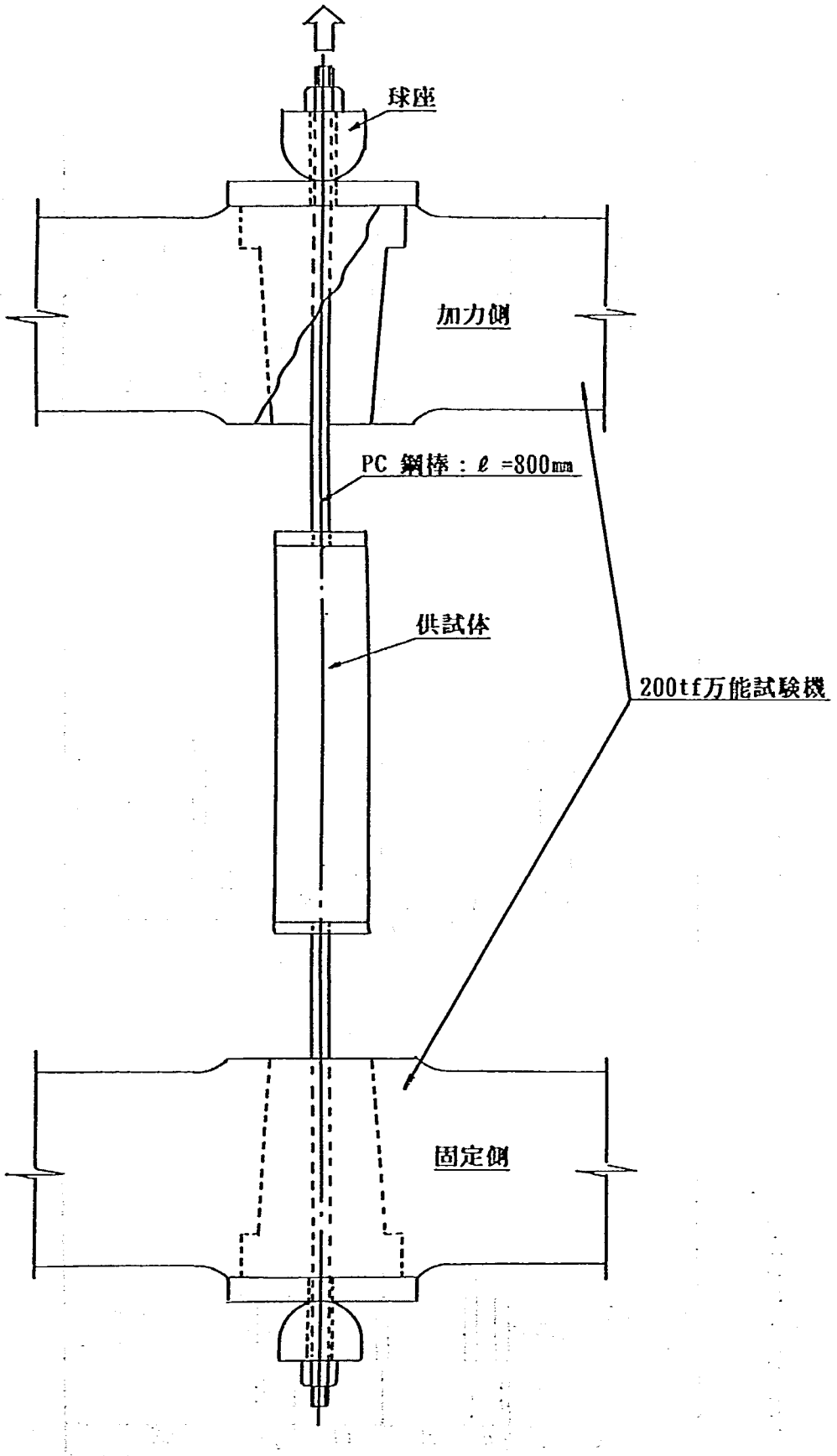
TYPE-AS, TYPE-BS



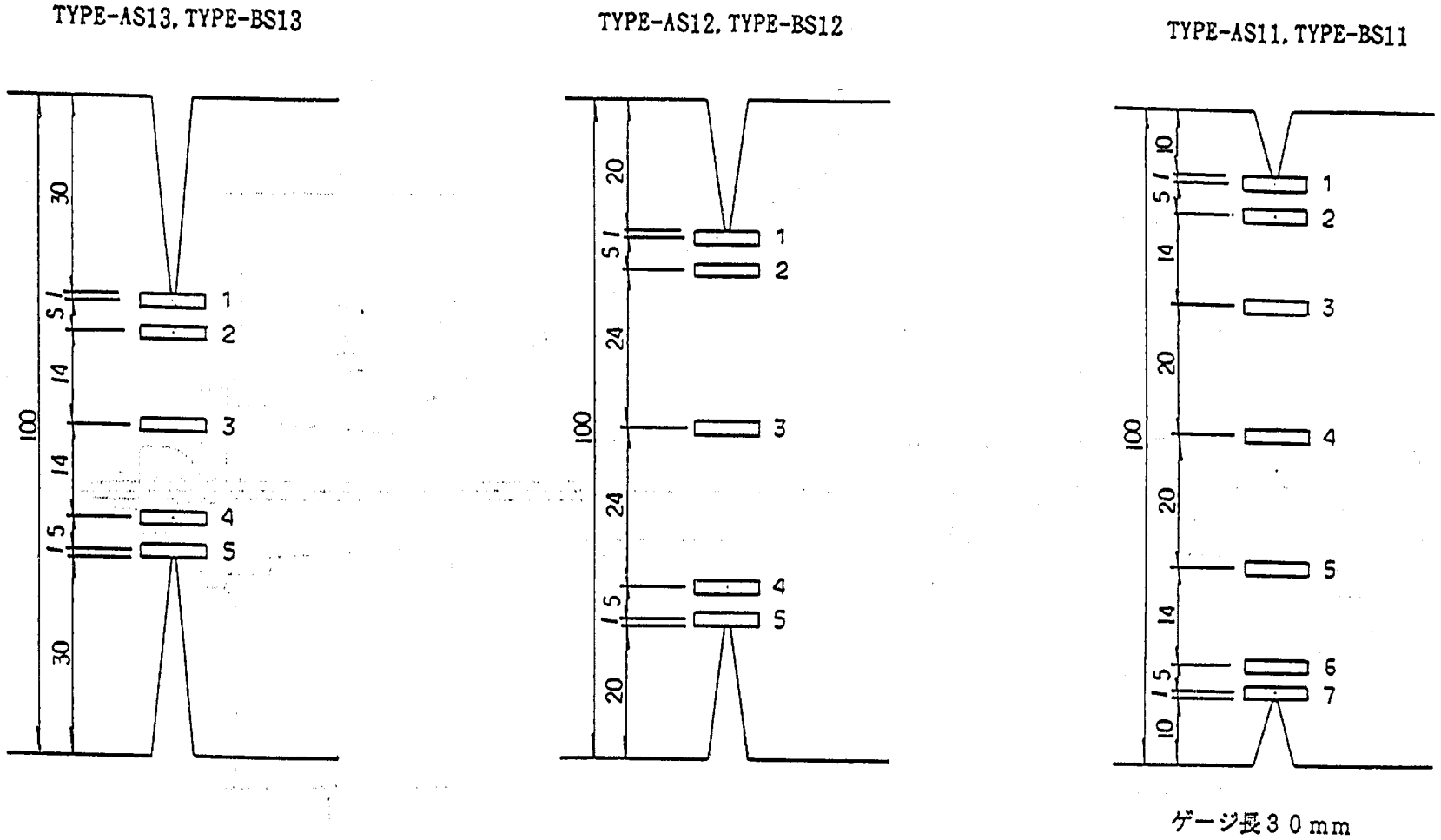
図－2　端部鋼板と埋め込みボルト組立図



図－3　型枠組立図

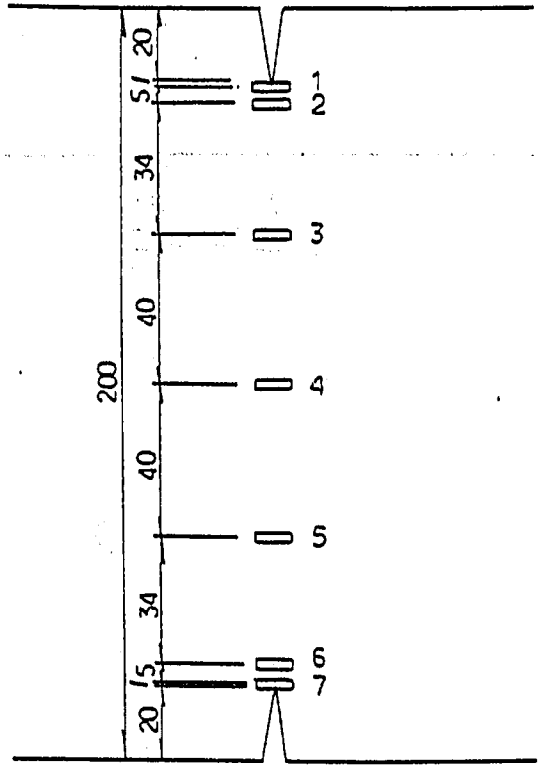


図－4　直接引張試験載荷状況

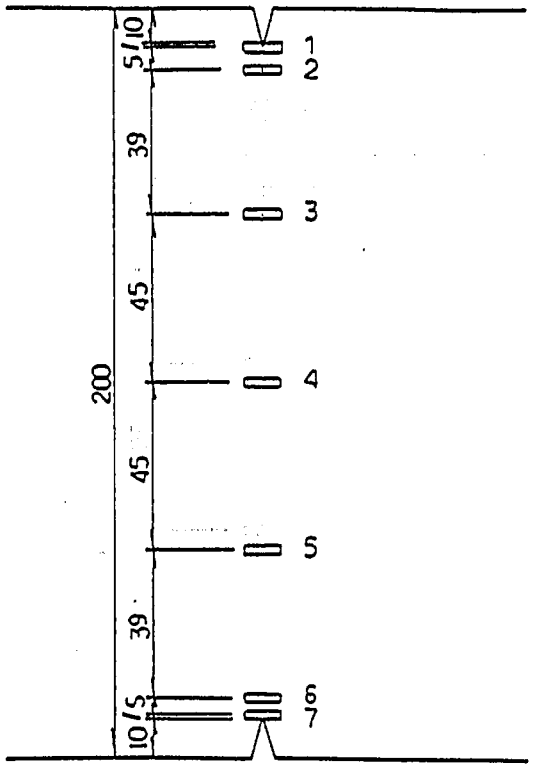


図－５　直接引張試験用供試体のひずみゲージ貼付位置その１

TYPE-AM12, TYPE-BM12

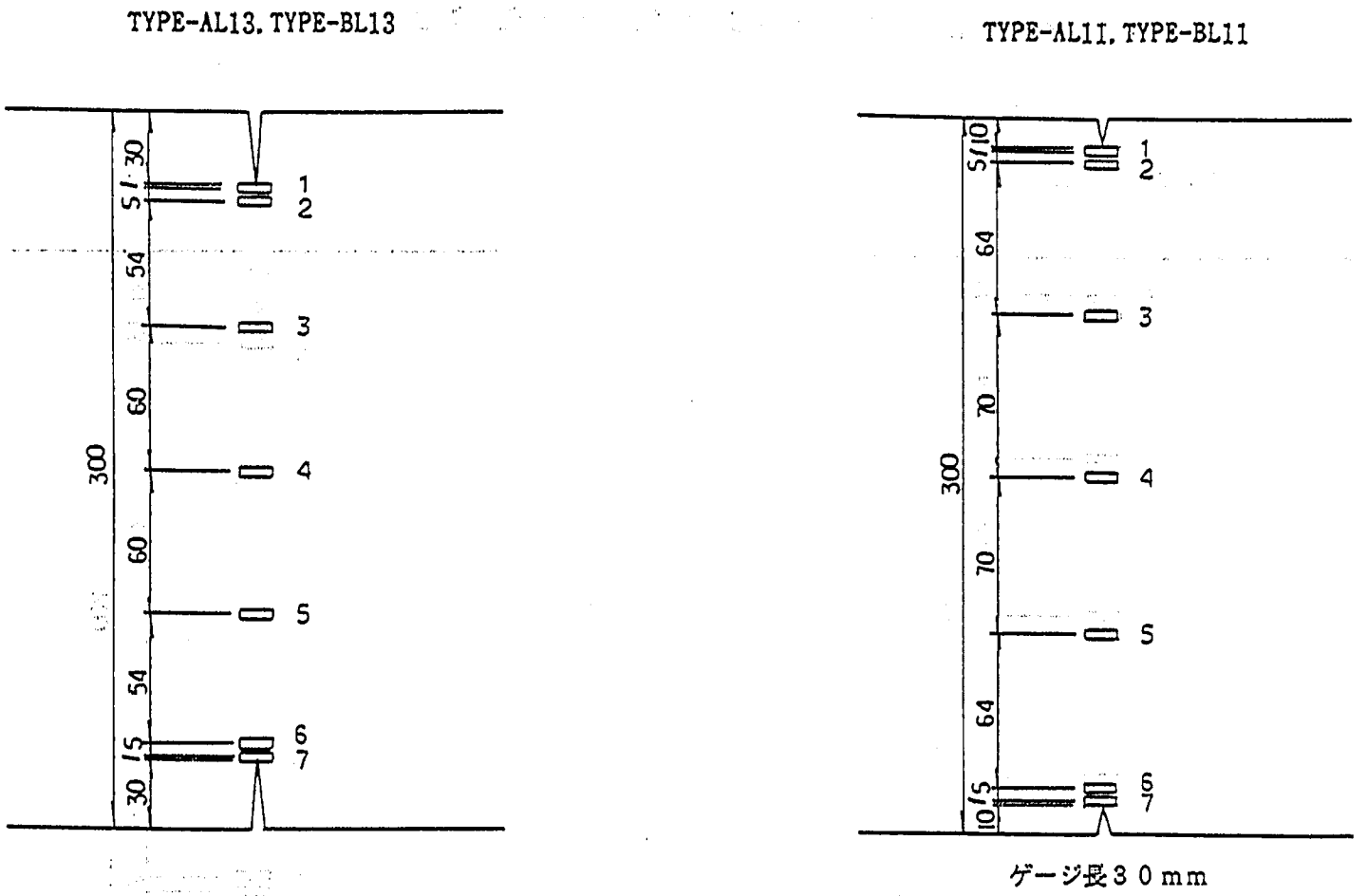


TYPE-AM11, TYPE-BM11



ゲージ長３０ｍｍ

図－６　直接引張試験用供試体のひずみゲージ貼付位置その２



図－7　直接引張試験用供試体のひずみゲージ貼付位置その３