

自動化に適したコンクリート構造物の設計・施工技術の開発に関する

共同研究報告書 (2)

— スポット溶接した鉄筋の強度試験 —

— 全数継手に関する載荷実験 —

1995年3月

建設省 土木研究所
材料施工部 コンクリート研究室
財団法人 先端建設技術センター

株式会社 大林組
鹿島建設 株式会社
株式会社 熊谷組
佐藤工業 株式会社
清水建設 株式会社
株式会社 銭高組

大成建設 株式会社
飛鳥建設 株式会社
西松建設 株式会社
株式会社 間組
前田建設工業 株式会社

Copyright © (1995) 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。

自動化に適したコンクリート構造物の設計・施工技術の開発に関する

共同研究報告書 (2)

— スポット溶接した鉄筋の強度試験 —

— 全継手に関する載荷実験 —

建設省土木研究所 材料施工部 コンクリート研究室	室 長 河野 広隆
	研 究 員 森濱 和正
財団法人 先端建設技術センター	主任研究員 大内田博喜
	〃 垣内 幸雄
	〃 加藤 勝彦
	〃 芝野 昭夫
株式会社 大林組 技術第四部	技 術 課 長 原田 暁
鹿島建設 株式会社 知的財産センター	担 当 部 長 重松 和男
株式会社 熊谷組 技術研究所 材料系研究部	課 長 佐藤 孝一
佐藤工業 株式会社 中央技術研究所	副 所 長 岩藤 正彦
清水建設 株式会社 土木本部 技術第一部	副 部 長 小野 定
株式会社 銭高組 土木本部 営業部	課 長 福永 英治
大成建設 株式会社 技術研究所	副 所 長 内藤 隆史
飛鳥建設 株式会社 技術本部 土木研究開発部	主 任 川端 康夫
西松建設 株式会社 技術研究所	研 究 部 長 大矢 一夫
株式会社 間組 技術本部技術研究所技術研究部	主任研究員 村上 祐治
前田建設工業株式会社技術研究所	次 長 出頭 圭三

要 旨

建設省総合技術開発プロジェクト「建設事業における施工新技術の開発」では、「自動化に適したコンクリート構造物の設計・施工技術の開発に関する研究」に関して、1990年度より建設省土木研究所、財団法人先端建設技術センター、民間企業11社で共同研究を実施した。

本研究は、建設事業の高品質化、効率化、労働環境の向上を図る方策として、鉄筋コンクリート構造物を対象にして、施工の合理化・省力化に当たって、現行諸基準の問題点を検討し、合理化に適した設計・施工マニュアル(案)の作成を行うものである。

本報告書は、ユニット鉄筋の開発にあたり、以下の2点について実施した結果を取りまとめたものである。

- ①鉄筋組み立てにスポット溶接を用いた場合の強度実験
- ②同一断面に継手を集めた場合(全数継手)の載荷実験

キーワード：鉄筋の加工・組立て、ユニット鉄筋、全数継手、正負繰り返し載荷、横補強筋、じん性、スポット溶接、引張強度、疲労強度、せん断強さ、引裂き強さ、曲げ性状

共 同 研 究 者

機関・企業名	氏 名	役 職 名	担当年度
建設省土木研究所	嶋 久	機械施工部長	90年度
	津 池	機械施工部長	91～92年度
	岡 崎	材料施工部長	93年度
	吉 野	材料施工部長	94年度
	池 村	企画部先端技術開発研究官	90年度
	藤 沢	"	91～92年度
	小 林	"	93年度～
	河 野	地質化学部コクリット研究室長	90年度
	森 濱	材料施工部コクリット研究室長	91年度～
	村 椿	" " 研究員	90年度～
(財) 先端建設技術 センター	赤 井	専務理事	90年度
	藤 井	"	91年度～
	酒 井	"	93年度～
	小宮山	常務理事	90年度～
	佐々木	"	93年度～
	原 田	研究第二部長 部長	90～91年度
	糠 沢	" "	92年度～
	小 川	" "	94年度
	大内田	" 主任研究員	90～91年度
	垣 内	" "	92年度～
(株) 大林組	加 藤	" "	93年度～
	芝 野	" "	94年度～
	扇 啓	土木技術本部 技術第四部長	90年度～
	菊 地	" 設計第二部長	90年度～
	原 田	" 技術第四部 技術課長	90年度～
	堅 川	土木技術本部 技術第四部 技術課長	90年度～
	重 松	知的財産センター 担当部長	90～94年度
	大 友	技術研究所 主管研究員	90～91年度
	本 橋	" 主任研究員	90年度
	坂 田	" 研究員	90～93年度
鹿島建設 (株)	山 毅	" 研究員	91年度
	寺 内	" 研究員	91年度
	六本木	" 研究員	92～93年度
	坂 井	" 研究員	94年度
	松 浦	技術研究所材料研究部 主任研究員	90～92年度
	佐 藤	技術研究所材料研究部 課長	93年度～
	渡 部	" 係長	90年度～
	河 村	" 研究員	90年度～
	岩 藤	中央技術研究所 副所長	90年度～
	弘 中	" 主任研究員	90年度～
佐藤工業 (株)	宇 野	" 研究員	90年度～
	正 彦	中央技術研究所 副所長	90年度～
	義 昭	" 主任研究員	90年度～
	洋 志	" 研究員	90年度～
	城 彦	中央技術研究所 副所長	90年度～
	昭 昭	" 主任研究員	90年度～
	城 城	" 研究員	90年度～
	城 城	" 研究員	90年度～
	城 城	" 研究員	90年度～
	城 城	" 研究員	90年度～

清水建設（株）	小 野 定	土木本部技術第一部	副部長	90年度～
	木 村 彦		課長	90年度
	阿 部 久		課長	92年度
	江 渡 正		課員	90年度～
	戸 栗 智 仁		課員	90年度～
（株）錢高組	鶴 岡 胤	技術本部	技術研究所 副所長	92年度～
	富 士 泰	土木本部	生産システム部 課長	92年度～
	福 永 英 治	〃	営業部 課長	92年度～
大成建設（株）	沖 藤 明	土木本部	土木技術部長	90～91年度
	内 藤 隆 史	技術研究所	副所長	90年度～
	大 友 健 健	技術研究所	土木構造水理研究グループ	92年度～
飛鳥建設（株）	増 洲 孝 ニ	技術本部	研究開発部長	90～91年度
	大河原 重 昭	技術本部	研究開発部長	90～93年度
	猪 俣 昌 弘	〃	土木研究開発部長	93年度～
	長谷川 昌 弘	〃	技術研究所所長	91年度～
	田 中 齊 夫	〃	〃	91年度～
	川 端 康 夫	〃	土木研究開発部主任	91年度～
	大 倉 真 人	〃	研究開発部部員	90年度
西松建設（株）	大 矢 一 夫	技術研究所	研究部長	90年度～
	松 井 健 一	〃	主任研究員	90年度～
	高 橋 秀 樹	〃	主任研究員	92年度～
	佐 藤 幸 三	〃	主任技師	90年度
	浅 井 功 司	〃	研究員	90～91年度
	原 田 耕 司	〃	研究員	91年度～
（株）間組	古 部 浩	土木統括本部技術設計第2部	部長	90年度～
	大 崎 幸 雄	〃 第1部	部長	90年度～
	馬 渡 裕 二	〃 第1部	課長	91年度～
	庄 野 昭 夫	〃 第1部	課長	91年度～
	喜 多 達 夫	技術本部技術研究所技術研究部	室長	91年度～
	早 川 雅 彦	土木統括本部技術設計第1部	係長	90年度～
	村 上 祐 治	技術本部技術研究所技術研究部	主任研究員	91年度～
前田建設工業（株）	山 田 一 宇	技術本部	技術研究所 副所長(現技術部長)	90～92年度
	山 村 健	〃	所長	93～94年度
	出 頭 圭 三	〃	次長	90～94年度
	内 田 明	〃	土木材料研究室 副室長	93年度
			(現技術部課長)	
	渡 部 正	〃	〃 副室長	94年度
	舟 橋 政 司	〃	〃 主任研究員	93年度
	牧 野 英 久	〃	〃 研究員	90～93年度
	中 島 良 光	〃	〃	91年度～
オブザーバー：諏訪溶工（株）				
	諏 訪 弘	技術部長兼社長		93～95年度
	伊 藤 勇 一	技術課長		93～94年度
	秋 山 義 隆	開発営業課長		95年度

近年、建設事業においては、高い品質、高い精度の施工が求められる一方で、土木・建築施工現場の苦渋作業や危険作業から労働者を解放することが望まれている。また、建設業就業者の高齢化、熟練労働者の減少等の影響が問題とされている。

このため、建設事業の高品質化、効率化、労働環境の向上を図る方策として、土木・建築施工の自動化、合理化及び高度化のための新技術を早急に開発し、建設現場に的確に普及させる必要が高まっている。

このような状況を踏まえ、建設省においては1990年度より5年間の予定で総合技術開発プロジェクト「建設事業における施工新技術の開発」に取り組んだ。

この開発の一環として、鉄筋コンクリート構造物を対象にして、施工の合理化・省力化にあたって現行諸基準の問題点を検討し、合理化・省力化に適した設計・施工マニュアル（案）の作成を行うことを目的とする研究に関して、建設省土木研究所、財団法人先端建設技術センター、（株）大林組、鹿島建設（株）、（株）熊谷組、佐藤工業（株）、清水建設（株）、（株）銭高組、大成建設（株）、飛鳥建設（株）、西松建設（株）、（株）間組及び前田建設工業（株）が共同研究を実施した。

本研究では、現行諸基準の見直しや、アンケート調査などを実施^{〔1〕}し、合理化、省力化効果の高いと考えられる以下の3課題について検討した。その結果をとりまとめたものである。

- ① コンクリートの打込み、締固めに関する課題
- ② 鉄筋の加工・組立に関する課題
- ③ 断面の単純化、配筋の標準化に関する課題

なお、本共同研究の遂行にあたっては、山梨大学の桧貝 勇先生をリーダーとする建設省「総合技術開発プロジェクト『建設事業における施工新技術の開発』土木部会 合理化施工分科会 鉄筋コンクリートワーキング」の委員の方々及び社団法人日本土木工業協会の「土木工事技術委員会 コンクリート専門部会」の委員の方々には、ご指導、ご鞭撻を頂きました。ここに深く感謝の意を評する次第である。

〔1〕 自動化に適したコンクリート構造物の設計・施工技術の開発に関する共同研究報告書

（1）、共同研究報告書、第89号、1993.3

目 次

序	頁
1. まえがき	1
2. スポット溶接した鉄筋の強度試験	2
2. 1 実験目的	2
2. 2 実験概要	2
2. 3 鉄筋網の精度	4
2. 4 引張強度試験	4
2. 5 疲労強度試験	8
2. 6 せん断・引裂き試験	8
2. 7 曲げ試験	15
2. 8 まとめ	18
参考文献	18
資料 スポット溶接鉄筋の強度試験に関する試験結果	19
I 引張強度試験結果	20
II 疲労強度試験結果	38
III せん断・引裂き試験結果	45
IV 曲げ試験結果	47
3. 全数継手に関する載荷実験	49
3. 1 実験目的	49
3. 2 供試体の設計	49
3. 3 実験概要	50
3. 4 実験結果および考察	60
3. 5 まとめ	62
参考文献	62

1. まえがき

わが国の社会資本の整備状況は、欧米に比べまだまだ低い状況にあり、今後も良質な構造物を大量に建設するあるいは造り替えてゆくことが要請されている。社会資本の整備にあたって、鉄筋コンクリートは欠かすことのできない重要な構造材料である。しかし、鉄筋コンクリート構造物を建設するまでには多くの工程があり、それぞれに多くの熟練工が必要である。また、それらの作業内容は、苦渋作業が多い代表的なものであり、建設産業の人手不足、高齢化の影響の最も深刻な工種のひとつとなっており、鉄筋コンクリート工を自動化あるいは合理化することが急務となっている。

鉄筋コンクリート工を自動化・合理化するにあたっての障害として、ひとつには土木構造物は一品生産が多く、繰り返しによる合理化・自動化を行いにくいということがあり、もうひとつとして、現行の基準類は熟練工による作業を前提としており自動化・ロボット化がしにくいということがあげられる。

前者に対しては、一部では既に標準設計等の規格化が進んでいるが、より多種の部材の規格化・標準化や単純化、さらにはそれらに用いる鉄筋のユニット化、部材のユニット化や大型部材のプレキャスト化等が図られなければならない。これらを整備することにより初めて自動化施工やロボット施工の合理性が発揮できる。後者に対しては、自動化・合理化がスムーズに行えるような基準の見直しが必要である。

本課題では、コンクリート工の現場打設を対象に、このような合理化・省力化技術が取り入れられるような鉄筋コンクリートの設計施工に関するマニュアル（案）を作成することを目的として検討した。

本報告書は、ユニット鉄筋の設計・施工マニュアル（案）作成のため、以下の2実験を行った結果を取りまとめたものである。

- ①鉄筋の組立てにスポット溶接を用いた場合の強度実験
- ②同一断面に継手を集めた場合（全数継手）の載荷実験

2. スポット溶接した鉄筋の強度試験

2. 1 実験目的

鉄筋コンクリート工事の合理化・省力化が急務となっているが、鉄筋工の省力化の一つにユニット鉄筋の使用が考えられる。ここで、ユニット鉄筋とは、工場などであらかじめある単位で製作した鉄筋網であり、それを現場で組み立てることにより現場の省力化を図るものである。ユニット鉄筋は、鉄筋同志を緊結する必要があることから溶接が不可欠である。ところが溶接は、熱の影響により疲労強度が低下するなどの理由で、その利用が厳しく制限されている。

そのため、点溶接が鉄筋の強度に与える影響について調査する必要がある。また、この工法を採用するにあたり、ユニット鉄筋製作の合理化、特に溶接の合理化が必要であり、その方法の一つにスポット溶接（電気抵抗溶接）の使用が考えられる。スポット溶接は、短時間で溶接できるため熱の影響が少ないといわれていること、同時に多点溶接できること、そのため大きな設備を必要とすることから工場製作とならざるを得ないが、そのことで品質管理が行いやすくなること、などからユニット鉄筋の製作に適していると考えられる。そこで、スポット溶接した鉄筋の各種強度試験を行い、溶接が鉄筋の強度に与える影響を調査し、その適用性を検討した。

2. 2 実験概要

実験に使用した鉄筋の種類は、電炉品でD10～D16はS D 295、D19～D38（ただしD29、D35は除く）はS D 345である。実験項目は表－1、試験片の鉄筋の組合せ・形状・溶接点の目標せん断強さは表－2のとおりである。目標せん断強さは、溶接の強度が鉄筋の強度に与える影響を検討するため、設定した溶接強度であり、ユニット鉄筋の大きさを運送上の制約から、細径は1～2 t、太径は3～4 tと規定して定めた。鉄筋網は、太径鉄筋を長手に、配置した網目400×350mmの格子で、網の大きさは4×2 mであり、それを十字に切り出し試験片とした。

表－2 試験片

鉄筋 組合せ	試 験 片	
	形状	目標せん断 強さ (tf)
D13－D10 D16－D10	十字	1, 2, 3
D19－D13 D22－D16	網	1, 2, 3
D25－D13 D32－D16 D38－D19	十字	2.5, 4.0, 5.5, 8.0

*左の太径が実験対象、ただし網については両方試験した。

表－1 実験項目と測定項目

実験項目	試験方法	測 定 項 目	試験本数
引張試験	JIS Z 2241	降伏点、引張強さ、伸び、絞り、破断位置	5本
せん断試験	JIS G 3551	せん断強さ、破断面積	5本
引裂き試験		引き裂き強さ、破断面積	5本
曲げ試験	JIS Z 2248	荷重、ストローク（曲げ角度）、観察 溶接部分が、引張および圧縮について実施	各3本
疲労試験		疲労強度	6本以上

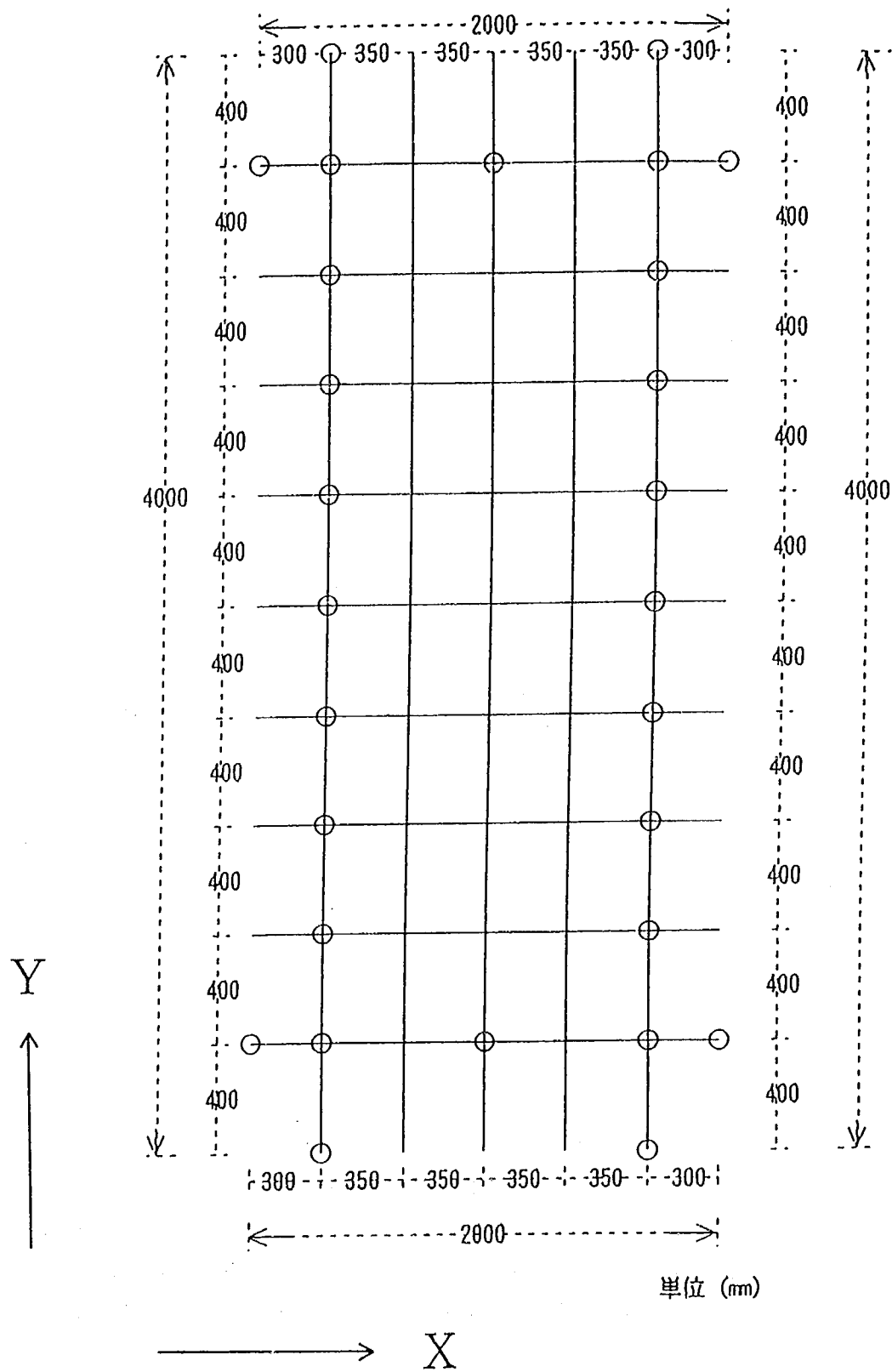


図 - 1 網加工溶接鉄筋の基準寸法（検査前 1 2 供試体）

2. 3 鉄筋網の精度

図-1の基準寸法に対する各節点間の寸法の変動結果を表-3に示す。

X軸は、10mm程度の誤差を生じている。通常、ゲージ（所定の位置にV字の切り欠きを設けている）をセットしているため、鉄筋は所定の位置に保たれ大きなズレは考えられない（フシまたはリブによるずれ程度）。今回は、試験片ということで所定の寸法のゲージがなく、また試験片を切り出すということで寸法についてはあまり注意を払わなかったということであり、通常はさらに高精度が期待できるものと考えられる。

Y軸は、コンピュータ制御により鉄筋が流れながらX方向の鉄筋を溶接していつている。寸法は、最大で±4mm、平均はゼロに近く、標準偏差も2mm以下であり、まずまずの精度といえる。

表-3 鉄筋網の寸法変動結果 (mm)

	D19-D13		D22-D16	
	X軸	Y軸	X軸	Y軸
最大	10	4	10	4
最小	-14	-4	-9	-7
平均	-0.1	-0.2	1.3	-0.5
標準偏差	5.6	1.7	5.0	1.9

2. 4 引張試験

引張強度試験は、表-4および5のとおりである。詳細な試験結果は資料Iのとおりである。表-4は引張強度を公称断面積で、表-5は実断面積で求め、絞りについても測定した。また、D13およびD16については、再試験を行った。それらを破断位置の違いによって溶接外と溶接部（溶接部とその近傍）に分けて図に示したのが、図-2および3である。破断位置で「溶接部近傍」とは、「溶接部」から10mm以内としている。

降伏点と引張強さは、母材強度に対する比は最小92%であったが、そのほかは95%以上であり、規格値は十分満足していた。再試験の結果も、降伏点は95%以上であった。D25の場合は、「2.6 せん断・引裂き試験」の結果より、せん断耐力が高く一定であることから、かなり食い込んで溶着しているために強度が低下したものと考えられる。破断位置の違いでは、溶接部・近傍で破断した場合、それ以外の場合との強度差は小さく、むしろ溶接部・近傍のほうがやや高い強度を示す傾向にあり、強度上は問題なく、設計に用いる引張許容応力度は現行の基準類の値を用いてもさしつかえないものと考えられる。

しかしながら、伸びおよび絞りは、標点外で破断したものも多く、伸びが測定できたのは半数近くであったが、溶接部・近傍で破断したものは母材よりかなり小さく、伸びの規格値（D16以下は16%以上、D19以上は18%以上）を大きく下回っている。

橋脚基部などのように大きな応力が作用したり、大変形するような位置では点溶接をしないようにすることが望ましい。

表-4 引張試験結果 (公称断面)

鉄筋 の 種類	溶接程度 せん断強度 (tf)	降伏点		引張強さ		伸び			
		kgf/mm ²	母材比	kgf/mm ²	母材比	溶接部外 %	母材比	溶接部・近傍 %	母材比
D 1 0	母材	37.2	—	51.4	—	29.0	—		
	母材	35.2	—	51.0	—	29.9	—		
D 1 3 (D13-D19)	1	35.2	1.00	49.5				11.3	0.38
	2	35.2	1.00	51.1	1.00				
	3	35.3	1.00	50.5	0.99	14.3	0.48	13.1	0.44
	母材	36.4	—	53.9	—	26.6	—		
D 1 3 (D13-D10) 再試験	1	35.0	0.96	50.1	0.93	24.4	0.92		
	2	34.9	0.96	50.4	0.94	25.1	0.94		
	3	34.9	0.96	50.3	0.93	24.1	0.91		
	母材	37.1	—	53.7	—	26.8	—		
D 1 6 (D16-D22)	1	33.9	0.91	48.6	0.91	20.7	0.77	14.3	0.53
	2	33.3	0.90	48.5	0.90	24.8	0.93		
	3	33.3	0.90	48.5	0.90	23.8	0.89	11.5	0.43
	母材	38.0	—	55.7	—	27.1	—		
D 1 6 (D16-D10) 再試験	1	36.8	0.97	51.6	0.93	26.1	0.96		
	2	36.6	0.96	51.8	0.93	23.4	0.86		
	3	37.2	0.98	52.5		23.4	0.86		
	母材	38.9	—	57.9	—	24.9	—		
D 1 9 (D13-D19)	1	39.6	1.02	58.0	1.00	21.1	0.85		
	2	39.4	1.01	57.9		19.5	0.78		
	3	39.5	1.02	57.8	1.00	21.4	0.86		
	母材	39.6	—	58.0	—	23.1	—		
D 2 2 (D16-D22)	1	40.0	1.01	58.5	1.01	19.4	0.84		
	2	40.2	1.02	58.4	1.01	19.9	0.86	12.2	0.53
	3	39.7	1.00	57.9	1.00	14.7	0.64		
	母材	40.5	—	57.9	—	30.8	—		
D 2 5 (D25-D13)	2.5	35.6	0.88	53.4	0.92			20.3	0.66
	4.0	38.5	0.95	56.3	0.97				
	5.5	35.3	0.87	53.0	0.92				
	8.0	37.5	0.93	55.2	0.95			23.0	0.75
	母材	41.5	—	58.2	—	27.7	—		
D 3 2 (D32-D16)	2.5	40.9	0.99	58.0	1.00				
	4.0	41.1	0.99	58.4	1.00			13.9	0.50
	5.5	41.0	0.99	58.4	1.00				
	8.0	41.0	0.99	58.5	1.01				
D 3 8 (D38-D19)	母材	38.4	—	58.7	—	27.9	—		
	2.5	37.7	0.98	57.4	0.98			18.3	0.66
	4.0	37.2	0.97	57.8	0.98			16.8	0.60
	5.5	38.3	1.00	56.0	0.95	10.4	0.37	12.5	0.45
	8.0	37.3	0.97	57.3	0.98			17.8	0.64

表-5 引張試験結果(実断面)

鉄筋 の 種類	溶接程度 せん断強度 (tf)	降伏点		引張強さ		溶接部外		伸び		終り	
		kgf/mm ²	母材比	kgf/mm ²	母材比	%	母材比	%	母材比	%	母材比
D 1 0	母材	39.5	—	54.6	—	29.0	—			62.6	—
	母材	38.1	—	55.0	—	29.9	—			60.5	—
D 1 3 (D13-D19)	1	38.6	1.01	54.2	0.99	11.3	0.38			29.5	0.49
	2	38.9	1.02	56.5	1.03	—	—			57.2	0.95
	3	38.9	1.02	55.7	1.01	13.7	0.46			24.6	0.41
	母材	40.5	—	59.5	—	26.6	—			54.7	—
D 1 3 (D13-D10) 再試験	1	39.4	0.97	56.3	0.95	24.4	0.92			59.0	1.08
	2	38.7	0.96	55.9	0.94	25.1	0.94			60.1	1.10
	3	39.0	0.96	56.1	0.94	24.0	0.90			59.6	1.09
	母材	39.2	—	56.6	—	26.8	—			54.9	—
D 1 6 (D16-D22)	1	35.9	0.92	52.2	0.92	17.5	0.65			53.9	0.98
	2	36.0	0.92	52.3	0.92	24.8	0.93			58.4	1.06
	3	36.1	0.92	52.6	0.93	15.6	0.58			46.2	0.84
	母材	40.5	—	59.4	—	27.1	—			54.9	—
D 1 6 (D16-D10) 再試験	1	39.4	0.97	55.2	0.93	26.1	0.96			57.5	1.05
	2	38.8	0.96	54.9	0.92	23.4	0.86			55.5	1.01
	3	40.0	0.99	56.0	0.94	23.4	0.86			55.5	1.01
	母材	44.0	—	65.4	—	24.9	—			52.9	—
D 1 9 (D13-D19)	1	45.6	1.04	66.8	1.02	21.1	0.85			52.9	1.00
	2	45.5	1.04	66.8	1.02	19.5	0.78			50.1	0.95
	3	45.7	1.04	66.9	1.02	21.4	0.86			54.9	1.04
	母材	45.4	—	66.7	—	23.1	—			44.1	—
D 2 2 (D16-D22)	1	46.3	1.02	67.6	1.01	19.4	0.84			42.6	0.97
	2	46.7	1.03	67.9	1.02	16.1	0.70			37.5	0.85
	3	46.1	1.01	67.2	1.01	14.7	0.64			28.2	0.64
	母材	45.0	—	64.4	—	30.8	—			54.6	—
D 2 5 (D25-D13)	2.5	41.4	0.92	62.1	0.96	20.3	0.66			42.6	0.78
	4.0	43.6	0.97	63.8	0.99	—	—			51.9	0.95
	5.5	40.9	0.91	61.4	0.95	—	—			48.0	0.88
	8.0	42.8	0.95	63.1	0.98	23.0	0.75			50.5	0.92
D 3 2 (D32-D16)	母材	42.9	—	60.9	—	27.7	—			51.9	—
	2.5	42.6	0.99	60.5	0.99	—	—			55.2	1.06
	4.0	42.7	1.00	60.8	1.00	13.9	0.50			48.5	0.93
	5.5	42.7	0.99	60.8	1.00	—	—			51.2	0.99
D 3 8 (D38-D19)	8.0	43.0	1.00	61.3	1.01	—	—			50.5	0.97
	母材	40.8	—	62.4	—	27.9	—			37.1	—
	2.5	39.1	0.96	60.1	0.96	18.3	0.66			28.1	0.76
	4.0	39.1	0.96	60.1	0.96	16.8	0.60			37.0	1.00
	5.5	40.4	0.99	59.1	0.95	10.4	0.37			11.0	0.30
	8.0	39.0	0.95	59.8	0.96	17.8	0.64			32.0	0.86

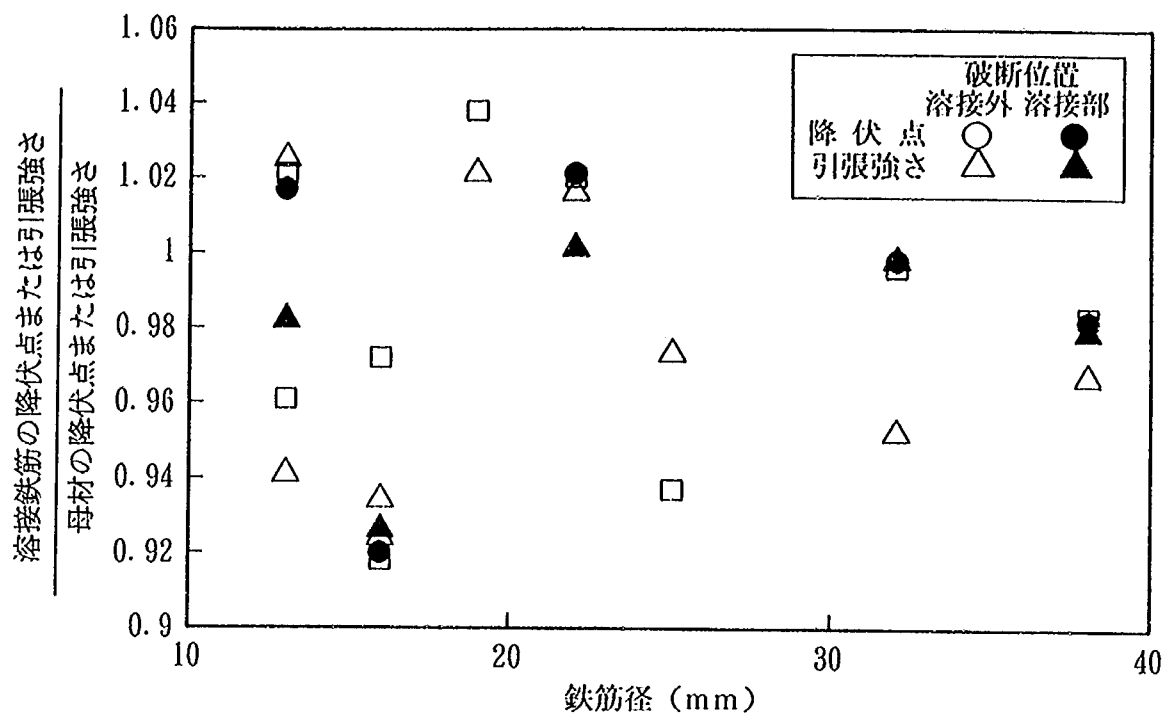


図-2 降伏点、引張強さの母材との比較

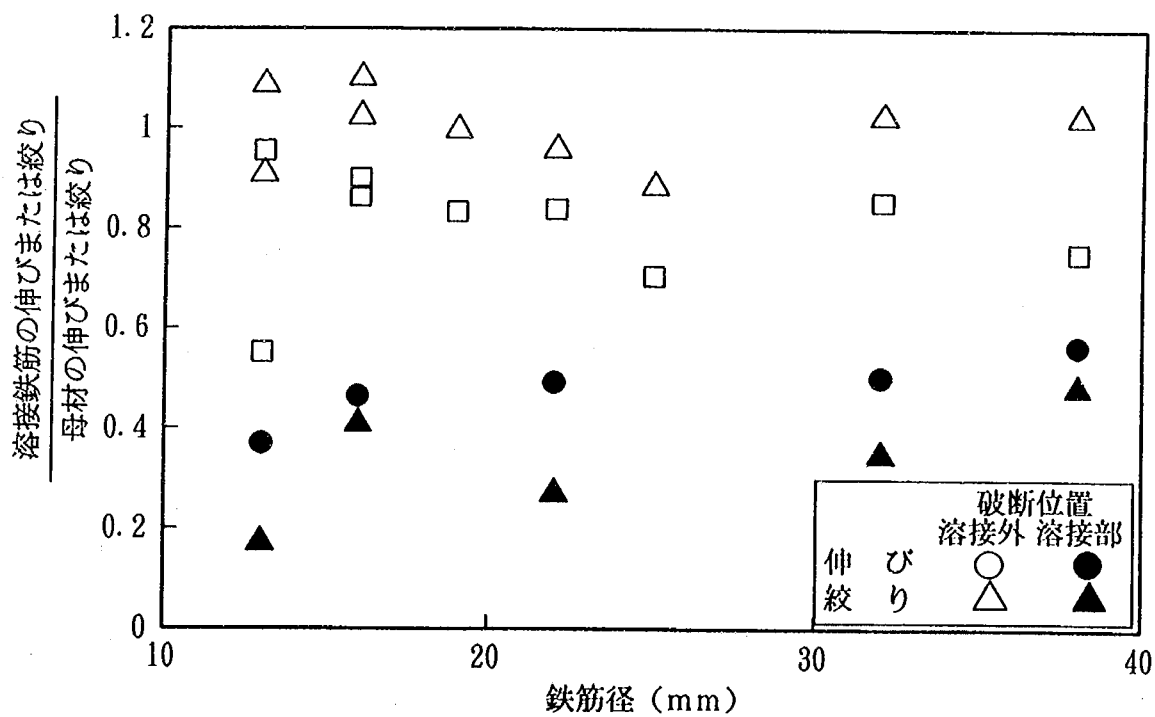


図-3 伸び、伸び率の母材に対する比率

2. 5 疲労試験

疲労試験は、各種類の鉄筋について下限応力を公称降伏点の2%とし、上限応力を変えながら試験した。波形はサイン波で、5~10Hzで载荷した。

疲労試験の結果は、表-6および資料IIのとおりであり、それをグラフに示すと図-4のとおりである。図-4に示してある回帰直線は、母材と溶接強度ごとに繰返し回数と応力振幅の対数値から求めた一次回帰式である。また、これらの回帰式と標準示方書に示されている鉄筋の設計疲労強度 $f_{srd}(\text{kgf/cm}^2)$ の算定式(学会式)は(1)式のとおりである。

$$f_{srd} = 1900 \left[1 - \frac{\sigma_{sp}}{f_{ud}} \right] \frac{10^{\alpha}}{N^k} \quad \text{-----} \quad (1)$$

ただし、 σ_{sp} : 最小応力

f_{ud} : 鉄筋の引張強度

N : 疲労寿命

α および k の値は、示方書には(2)および(3)式のように示されている。

$$\alpha = k_0 (0.82 - 0.003\phi) \quad \text{-----} \quad (2)$$

ここに、 ϕ : 鉄筋径

k_0 : ふしの根本に円弧のない場合で

ふしと鉄筋軸とのなす角度が60度以上 1.00

” 60度未満 1.05

ふしの根本に円弧が設けられたもの 1.10

$$k = 0.12 \quad \text{-----} \quad (3)$$

α および k の回帰結果と示方書の推奨値を比較した結果を表-5に示す。表-5(b)にはアーク溶接野結果(以前土研で実施)も示した²⁾。また、標中には200万回疲労強度の示方書推奨値から計算した値と回帰式から求めた値も示してある。これらの関係は図-5および6のとおりである。示方書では、点溶接した場合設計値を50%に低減することになっているが、スポット溶接はこの値を十分確保している。

図-5より、学会式と比較すると、鉄筋径が太くなると母材の疲労強度は低下した。スポット溶接した場合は、D32をのぞき、鉄筋径によらず学会式の80~90%でほぼ一定である。母材の疲労強度と比較すると、太いほど母材に対する強度比は大きくなっており、太いほど熱の影響は大きくなっており、太いほど熱の影響は小さいものと考えられる。

アーク溶接の場合も同様の傾向であるが、スポット溶接と比較すると、スポット溶接のほうが20%程度疲労強度が高い傾向である。スポット溶接は短時間で溶接できることから、アーク溶接よりも熱の影響は小さいものと考えられる。

2. 6 セン断・引裂き試験

ユニット鉄筋の移動・組立て時やコンクリート打設時に溶接点に各種荷重が作用することから、溶接点のせん断強さや引裂き強さがユニット鉄筋の製作のときの溶接強度の指定や品質管理に重要と考えられるため、これらの実験を行った。せん断試験は、JIS G 3551(溶接金網)に規定されている溶接点せん断強さ試験に準じて行った(図-7(a))。引裂き試験は、図-7(b)

表-6 示方書設計疲労強度式と実験結果

(a) スポット溶接

スポット溶接の疲労強度

鉄筋種類		α		k		200万回疲労強度(kgf/cm ²)		
径	せん断強度	示方書 (2)式	実験結果 回帰係数	示方書 (3)式	実験結果 回帰係数	①示方書 (1)式	②実験結果	母材比 (%)
D13	母材	0.859	0.765	0.101	0.110	2372	2521	106
	1tf		0.727				2014	85
	2tf		0.890				1977	83
	3tf		1.417				1882	79
	溶接全体		0.768				2042	86
D16	母材	0.849	0.551	0.061	0.294	2322	2733	118
	1tf		1.819				1729	74
	2tf		1.390				1906	82
	3tf		1.268				1999	86
	溶接全体		1.560				1839	79
D19	母材	0.839	0.538	0.057	0.233	2270	2837	125
	1tf		1.450				1796	79
	2tf		0.768				2046	90
	3tf		1.076				1520	67
	溶接全体		0.794				1916	84
D22	母材	0.820	1.216	0.12	0.179	2218	2282	103
	1tf		1.035				1883	85
	2tf		1.036				1795	81
	3tf		1.407				1757	79
	溶接全体		1.088				1847	83
D25	母材	0.813	1.365	0.216	0.380	2175	1903	87
	2.5tf		2.199				1191	55
	4.0tf		1.294				1489	68
	5.5tf		2.201				967	44
	8.0tf		0.859				1774	82
	溶接全体		1.211				1554	71
D32	母材	0.796	1.584	0.272	0.234	2058	1389	67
	2.5tf		1.322				1321	64
	4.0tf		1.457				1199	58
	5.5tf		1.249				1206	59
	8.0tf		1.496				1113	54
	溶接全体		1.372				1221	59
D38	母材	0.777	1.363	0.218	0.168	1970	1836	93
	2.5tf		1.060				1888	96
	4.0tf		1.507				1628	83
	5.5tf		1.442				1657	84
	8.0tf		1.468				1644	83
	溶接全体		1.380				1700	86

(b) アーク溶接

アーク溶接の疲労強度

鉄筋種類			α		k		200万回疲労強度(kgf/cm ²)					
径	材質	溶接	示方書 (2)式	実験結果 回帰係数	示方書 (3)式	実験結果 回帰係数	①示方書 (1)式	② 実験結果	②/① (%)	母材比 (%)		
D13	電炉鋼	なし	0.859	0.507	0.12	0.057	2248	2494	111	—		
		あり		1.570				1118	50	45		
D19	電炉鋼	なし	0.839	0.619	0.12	0.078	2148	2380	111	—		
		あり		1.639				1255	58	53		
	高炉鋼	なし		0.942				0.139	0.250	2066	96	—
		あり		1.454						1342	62	65
D25	電炉鋼	なし	0.820	0.922	0.133	0.133	2052	2153	105	—		
		あり		0.835				0.143	1524	74	71	

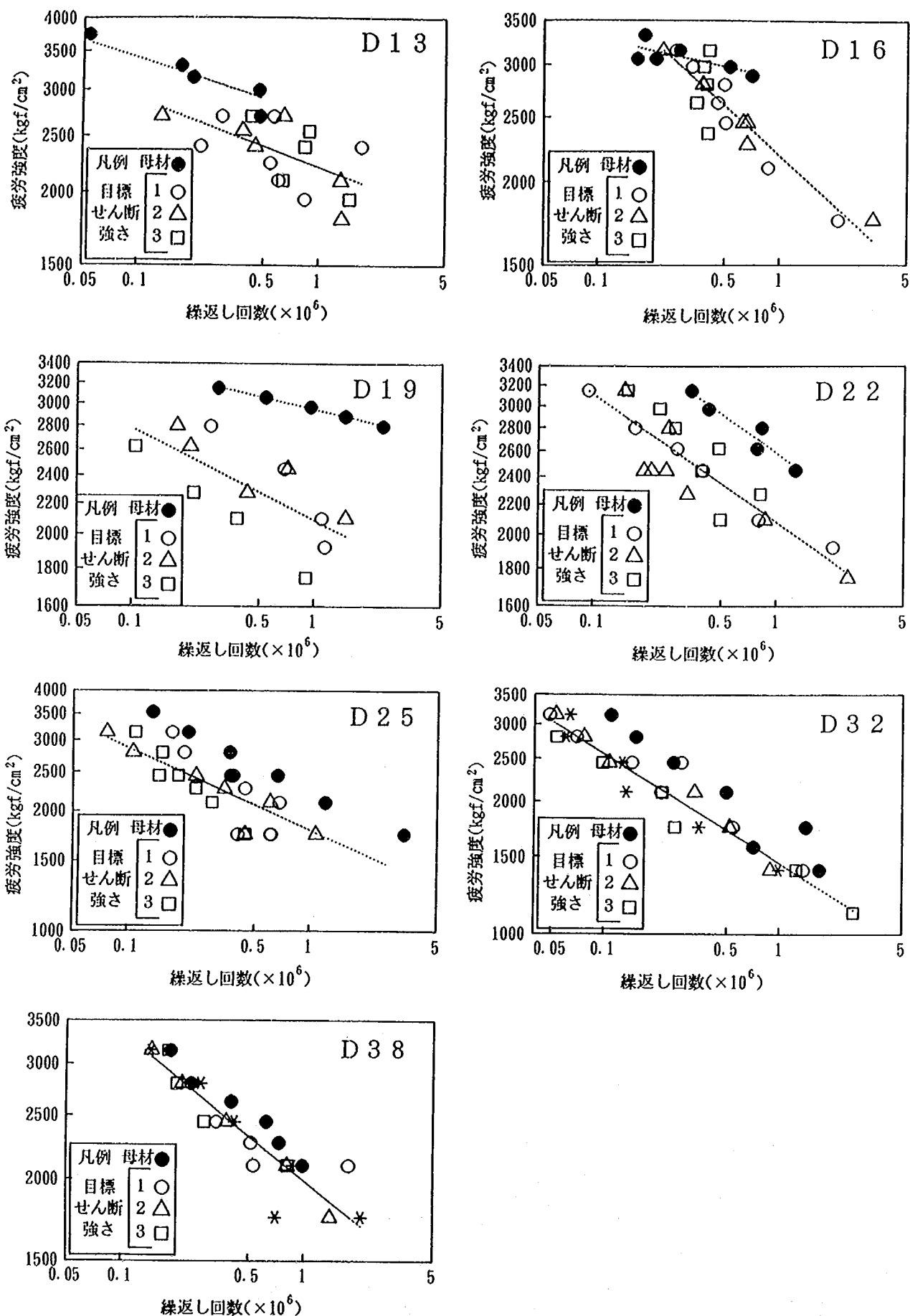


図-4 疲労試験結果

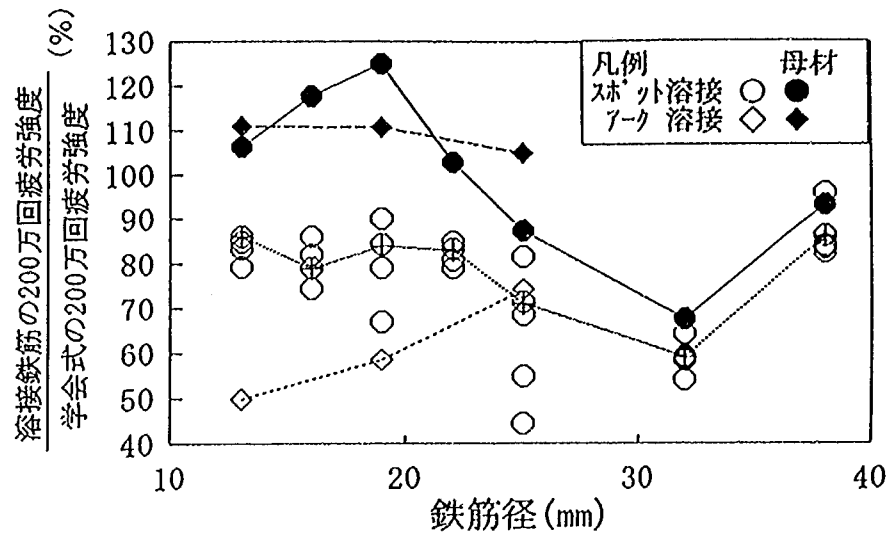


図-5 疲労強度 (学会式との比較)

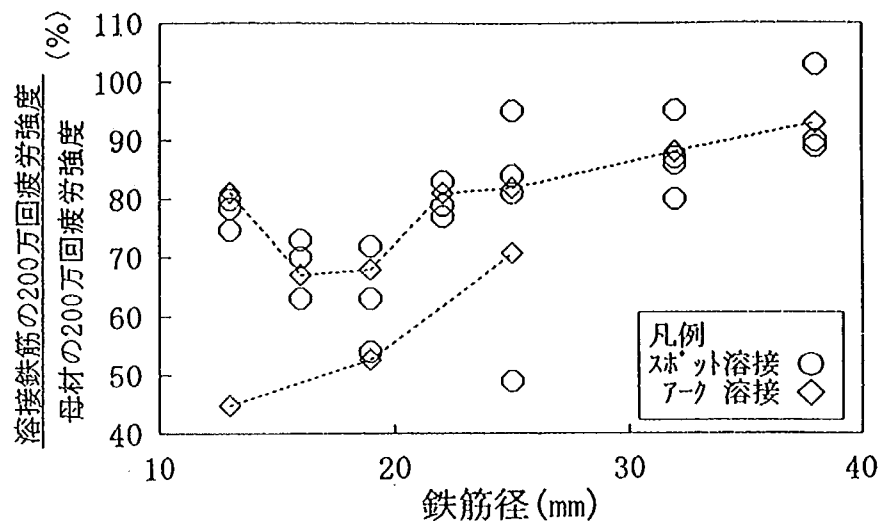


図-6 疲労強度 (母材との比較)

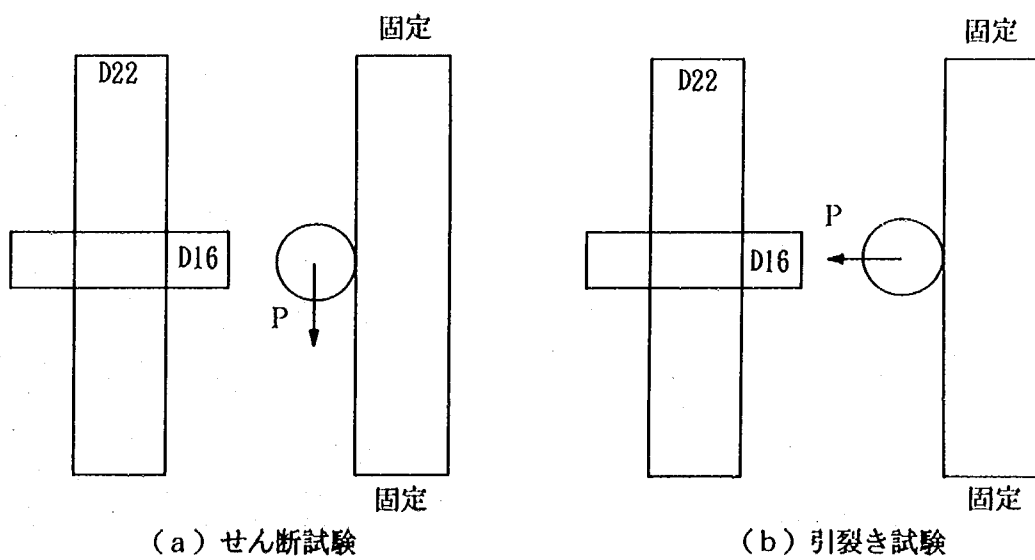


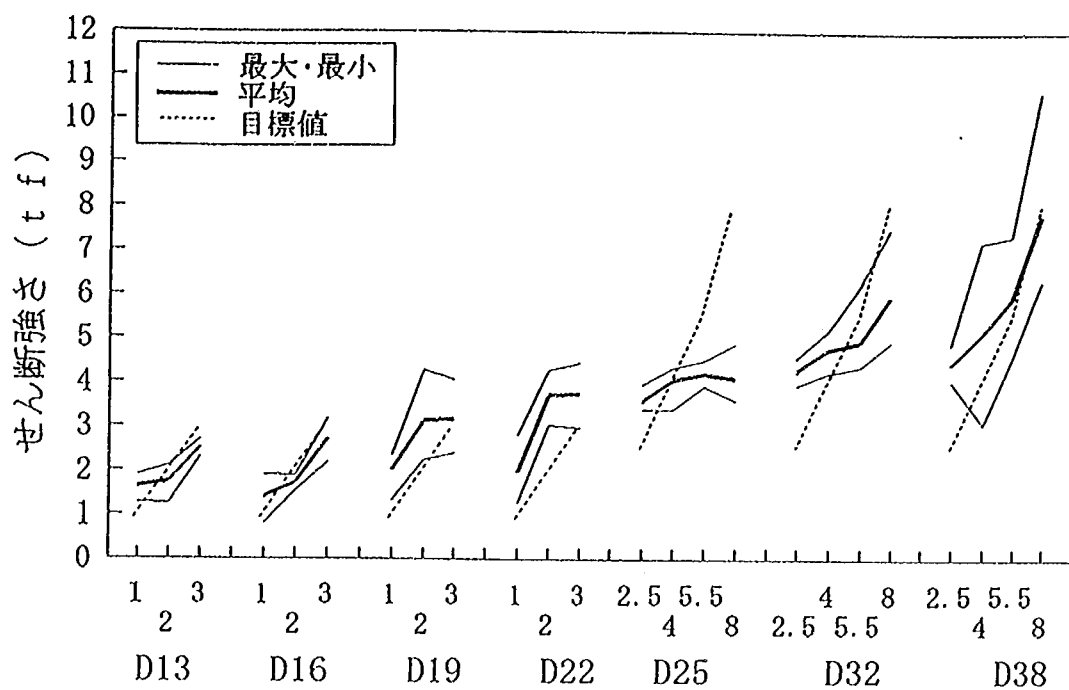
図-7 せん断・引裂試験

表-7 セン断試験結果

鉄筋組合せ	想定セン断力 (tf)	セン断荷重(tf)				セン断強度(kgf/mm ²)			
		最大	最小	平均	標準偏差	最大	最小	平均	標準偏差
13×10	1.0	1.90	1.28	1.62	0.26	23.48	18.51	21.42	1.87
	2.0	2.10	1.24	1.74	0.39	30.93	17.50	23.04	5.06
	3.0	2.70	2.29	2.52	0.16	30.68	25.49	27.99	1.93
16×10	1.0	1.89	0.81	1.41	0.43	24.31	11.21	19.42	4.64
	2.0	1.86	1.53	1.70	0.12	22.63	17.83	20.72	1.87
	3.0	3.16	2.17	2.73	0.35	29.21	18.82	23.73	3.75
19×13	1.0	2.34	1.34	2.02	0.35	24.92	11.37	17.94	5.51
	2.0	4.26	2.24	3.12	0.83	33.06	22.16	27.66	4.12
	3.0	4.05	2.38	3.13	0.55	31.44	22.47	27.22	3.53
22×16	1.0	2.79	1.26	1.97	0.49	23.34	11.60	15.65	4.25
	2.0	4.26	3.02	3.71	0.52	33.06	22.16	27.66	4.12
	3.0	4.43	2.95	3.73	0.63	31.44	22.47	27.22	3.53
25×13	2.5	3.94	3.38	3.59	0.19	23.82	20.75	22.76	1.05
	4.0	4.32	3.38	4.04	0.34	24.44	19.54	21.90	1.59
	5.5	4.48	3.90	4.19	0.19	28.94	19.88	22.68	3.36
	8.0	4.86	3.58	4.08	0.48	20.26	15.45	17.11	1.75
32×16	2.5	4.54	3.92	4.26	0.22	23.06	21.38	22.00	0.63
	4.0	5.16	4.20	4.74	0.31	22.61	18.98	20.86	1.37
	5.5	6.18	4.34	4.91	0.65	24.48	15.83	19.36	2.96
	8.0	7.48	4.90	5.92	0.97	28.63	20.00	24.03	2.81
38×19	2.5	4.84	4.00	4.40	0.33	25.19	17.38	19.24	2.98
	4.0	7.18	3.04	5.11	1.33	31.65	12.66	21.14	6.13
	5.5	7.32	4.58	5.91	0.97	30.12	18.00	22.57	4.25
	8.0	10.62	6.28	7.80	1.53	37.10	20.05	25.87	5.97

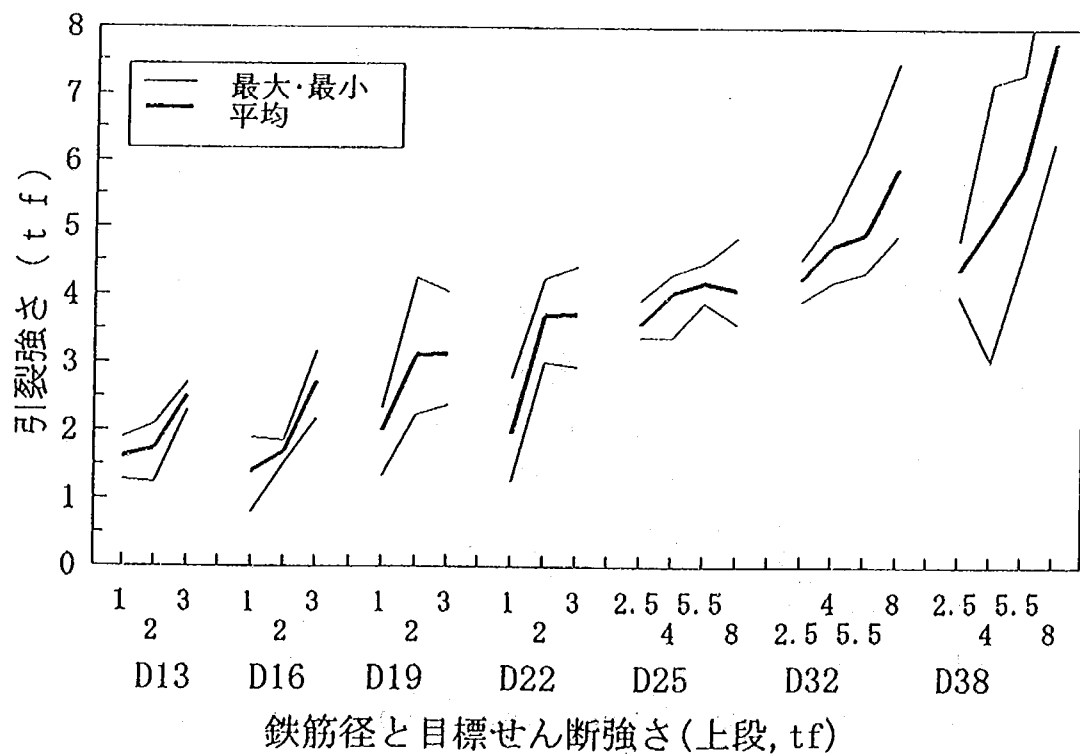
表-8 引裂き試験結果

鉄筋組合せ	想定引裂力 (tf)	引裂荷重(tf)				引裂強度(kgf/mm ²)			
		最大	最小	平均	標準偏差	最大	最小	平均	標準偏差
13×10	1.0	1.68	1.07	1.40	0.22	26.66	15.64	19.58	3.82
	2.0	1.51	1.04	1.30	0.16	21.72	12.44	16.78	2.96
	3.0	2.17	1.69	1.86	0.18	24.84	17.74	21.03	2.36
16×10	1.0	1.60	1.18	1.45	0.17	24.83	17.11	20.60	3.13
	2.0	1.70	1.18	1.39	0.20	22.92	14.52	18.05	3.25
	3.0	1.80	1.27	1.60	0.18	21.68	11.89	16.93	3.26
19×13	1.0	2.38	1.37	1.92	0.37	25.57	13.31	19.55	4.00
	2.0	2.52	1.61	2.10	0.34	21.79	15.13	18.62	2.78
	3.0	2.86	2.02	2.44	0.29	20.24	16.66	18.70	1.28
22×16	1.0	2.68	2.06	2.30	0.23	22.39	16.80	18.80	2.01
	2.0	3.08	2.28	2.63	0.27	22.25	18.39	20.46	1.34
	3.0	3.94	2.40	3.09	0.59	24.25	17.03	19.63	2.84
25×13	2.5	3.41	2.83	3.08	0.22	17.31	13.68	15.33	1.29
	4.0	3.90	2.65	3.28	0.40	22.07	14.92	18.27	2.32
	5.5	2.74	2.15	2.51	0.25	24.34	11.27	16.24	4.71
	8.0	2.89	2.55	2.72	0.13	19.63	16.97	18.73	0.94
32×16	2.5	3.88	2.55	3.16	0.56	22.04	14.44	17.74	2.71
	4.0	4.20	2.24	3.10	0.78	18.51	11.27	14.39	2.93
	5.5	4.24	2.59	3.37	0.60	19.10	11.29	15.26	3.12
	8.0	4.81	2.99	3.82	0.74	23.03	11.95	16.91	4.34
38×19	2.5	4.87	3.25	3.94	0.72	23.74	16.11	20.02	3.15
	4.0	5.94	3.55	4.43	0.84	27.65	15.03	20.46	4.26
	5.5	5.83	2.75	4.24	1.06	25.43	10.93	17.47	5.12
	8.0	5.94	3.72	4.96	0.75	20.52	14.93	18.18	2.23



鉄筋径と目標せん断強さ(上段, tf)

図-8 せん断試験結果



鉄筋径と目標せん断強さ(上段, tf)

図-9 引裂き試験結果

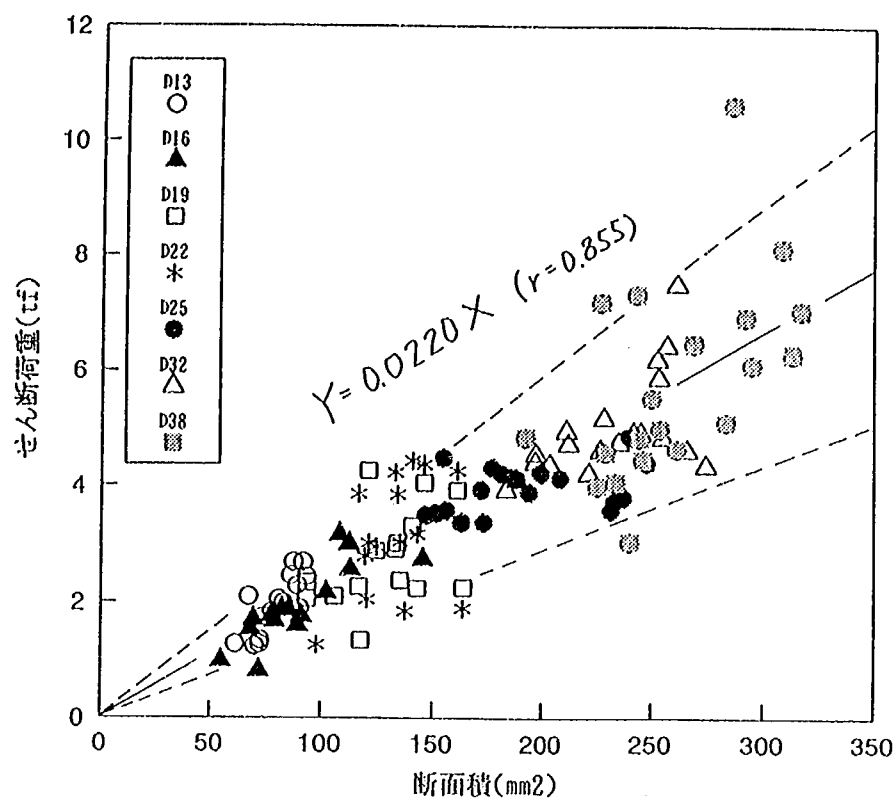


図-10 せん断強度

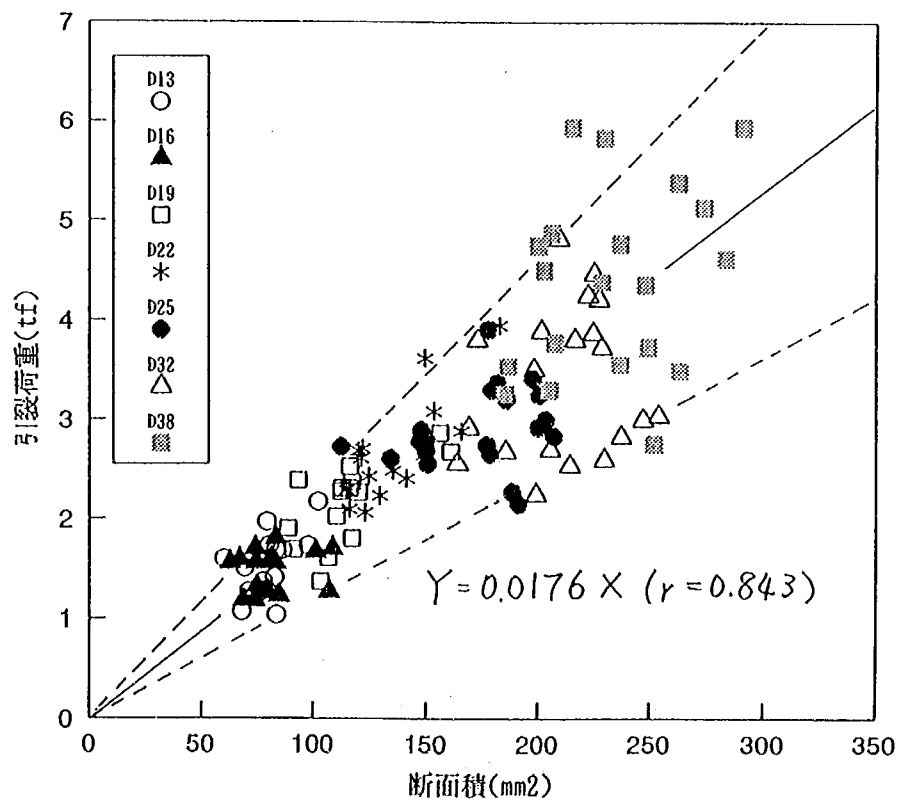


図-11 引裂き強度

のように溶接部分を引きはがす試験である。試験後、破断面の寸法を測定した。試験結果を表－7，8および図－8，9に、またせん断および引裂き耐力と断面積の関係を図－10，11に示す。

図－8より、せん断強さは、目標値に対して鉄筋径が太くなるほど大きくなる傾向にある。D22以下についてみると、D13は目標値に対して下回っているが、D16はほぼ目標値どおり、D19では目標値1および2tfではかなり上回り、D22は全体に大きく上回っている。これは、鉄筋径が太くなるほど曲率は小さくなるため大きな溶接面積が得やすくなるためと考えられる。せん断強さのばらつきの範囲は、最大値は最小値の2倍程度もの開きがあり、ユニット鉄筋の製作に用いるせん断強さは設計荷重を下回らないような管理が必要と考えられる。図－10のようにせん断耐力は、断面積に比例関係にある。細い鉄筋は曲率が大きく溶着できる断面積も小さいため、せん断耐力には限界があるものと考えられる。

引裂き耐力もせん断と同様の傾向にあり、引裂き強さも鉄筋径が太くなるほど大きくなっているが、目標せん断強さの増加に対する引裂き強さの増加はわずかであった。

図－10および11より、引裂き応力はせん断応力の80%程度である。品質管理には試験の簡単なせん断強さ試験を行っておけば、引裂きのような荷重に対しても強度が推定できる。

2. 7 曲げ試験

溶接した鉄筋が曲げ加工できるか、できるとすればどの程度曲げられるかを確認するため、曲げ試験を行った。試験は、JIS Z 2248（金属材料曲げ試験方法）の押曲げ法に準じ、曲げ半径をD16以下は鉄筋径の1.5倍、D19以上は鉄筋径の2倍とし、溶接点が引張側になる場合と、圧縮側になる（溶接点を巻き込む）場合について行った。

これまでの曲げ試験の結果は表－9のとおり、鉄筋が割れるまで、または割れることなく試験機の最大能力までのストロークと最大荷重を測定した。曲げ試験後、その部分の状態を観察した。ストローク測定結果から、曲げ角度 2θ を計算により求めた。計算は、図－12のように曲がるものと仮定し、(4)式によって求めた。

$$\tan \theta = \frac{S - (r_1 + r_2 + \phi)}{L + r_2} + \frac{r_1 + r_2 + \phi}{(L + r_2) \cos \theta} \quad (4)$$

曲げ試験結果を表－9、図－13に示す。母材は約170度曲げても傷などは生じていない。鉄筋径が太くなるほど曲げ角度が小さくなっているのは、鉄筋径分だけ試験機のストロークが減少するためである。溶接点を巻き込む場合、一部の鉄筋を覗き180°近く曲げても変状はなく、曲げ半径を多少大きくすることにより曲げ加工は可能と考えられる。溶接点が引張になる場合、すべて割れまたは亀裂を生じた。目標せん断強さにはほとんど関係なく、鉄筋径が太くなるほど小さい曲げ角度で割れを生じる傾向にある。D32、D38は20°程度で割れを生じており、フックなど曲げ半径が小さい場合溶接点が引張を受けるような曲げ加工は避けることが望ましい。

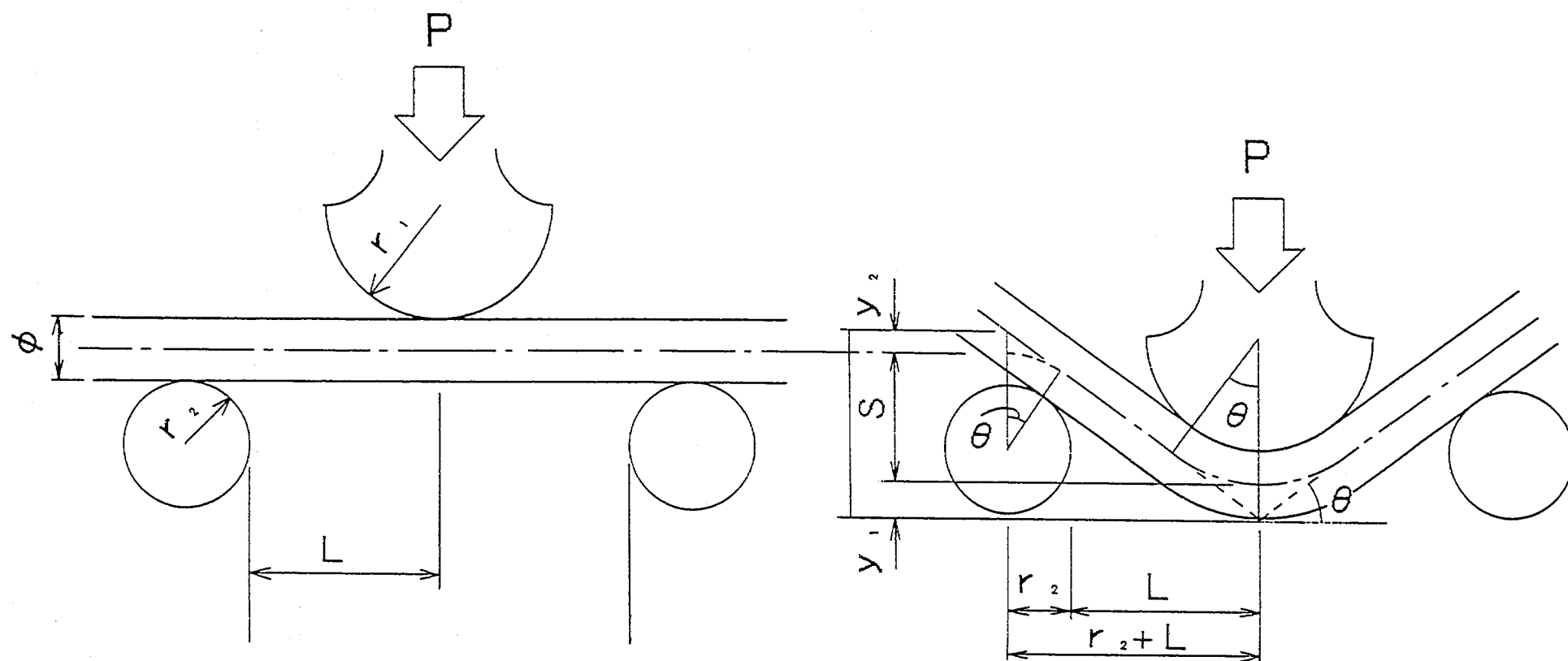


図-12 曲げ試験

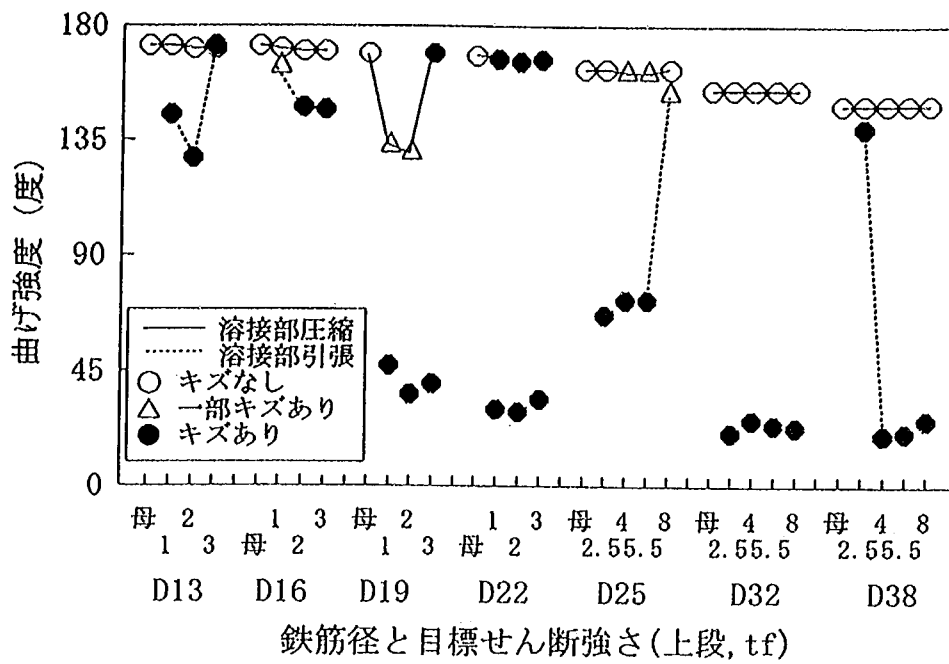


図-13 鉄筋の曲げ試験結果

表-9 曲げ試験結果

鉄筋径	目標せん断強さ	溶接部圧縮	観察	溶接部引張	観察
		曲げ角度 平均		曲げ角度 平均	
D13	母材	172	なし		
	1tf	172	"	145	あり
	2tf	171	"	128	"
	3tf	171	"	172	"
D16	母材	172	"		
	1tf	171	"	172	一部
	2tf	170	"	148	あり
	3tf	170	"	147	"
D19	母材	169	"		
	1tf	134	一部	47	あり
	2tf	131	一部	36	"
	3tf	169	あり	40	"
D22	母材	168	なし		
	1tf	167	あり	30	あり
	2tf	166	"	29	"
	3tf	167	"	34	"
D25	母材	163	なし		
	2.5tf	163	"	67	あり
	4.0tf	163	一部	73	"
	5.5tf	163	"	73	"
	8.0tf	163	なし	163	一部
D32	母材	155	"		
	2.5tf	155	"	21	あり
	4.0tf	155	"	26	"
	5.5tf	155	"	24	"
	8.0tf	155	"	23	"
D38	母材	149	"		
	2.5tf	149	"	149	あり
	4.0tf	149	"	20	"
	5.5tf	149	"	21	"
	8.0tf	149	"	26	"

注) 観察の, なし: 割れやキレツなし,
あり: 3本とも割れやキレツあり,
一部: 3本のうち, 1本でも割れやキレツあり

2. 8 まとめ

スポット溶接した鉄筋の強度試験を行った結果、以下のことが明らかになった。

- ① 引張強度に与える溶接の影響は小さく、母材に対して90%以上の強度は確保されており、規格値も十分満足した。溶接部で破断した場合も強度的には問題ないことから、引張許容応力度は現行規準の値を用いてもさしつかえない。ただし、伸びが小さくなるため、塑性ヒンジが形成される部位は溶接を避けることが望ましい。
- ② 疲労強度は、温度の影響により低下するが鉄筋径が太くなるほどその影響も小さくなり、細い径のものは母材の67%であったが、D38は母材の93%であり、示方書の規定（学会式の50%）はほとんど上回った。また、アーク溶接に比べ疲労強度が高く、熱の影響による強度低下は小さい。
- ③ 溶接点のせん断強さは、鉄筋径が太いほど高い強度が得やすい。ばらつきはかなり大きいため、目標せん断強度の指定は設計荷重を下回らないような管理が必要と考えられる。
- ④ 引裂き強さは、せん断強さの2/3程度であった。
- ⑤ 溶接点を巻き込む曲げ加工は可能であるが、引張になるような場合は割れやすく、わずかな曲げ能力しかないため避けたほうがよい。

以上の結果より、溶接部の破断の伸びなど何点かの注意点はあるものの、擁壁、ボックスカルバートなど静的な構造物にスポット溶接によって製作されたユニット鉄筋を使用できることが明らかになった。

【参考文献】

- 1) 河野ほか；自動化に適したコンクリート構造物の設計・施工新技術の開発に関する共同研究報告書、共同研究報告書第89号、1993. 3
- 2) 小林ほか；コンクリート用鉄筋に関する検討、土木技術資料、vol. 30、No. 12、pp. 51～57、1998. 12

資料

スポット溶接鉄筋の強度試験に関する試験結果

- I 引張強度試験結果
- II 疲労強度試験結果
- III せん断・引裂試験結果
- IV 曲げ試験結果

I 引張強度試験結果

鉄筋の種類 基準記号	試験前長さ L (mm)	試験後長さ L' (mm)	伸び (%)	試験前実径 a 部 断面積 A (cm ²)	試験後実径 a 部 断面積 A' (cm ²)	絞り (%)	鉄筋位置測定法 部からの距離 (mm)	実測断面積 S' (cm ²)	公称断面積 S (cm ²)	降伏荷重 psy (t)	最大荷重 pmax (t)	実測断面積 による降伏 応力 σ_{sy} kg/cm ²	公称断面積 による降伏 応力 σ_{sy} kg/cm ²	実測断面積 による引張 応力 σ_{py} kg/cm ²	公称断面積 による引張 応力 σ_{py} kg/cm ²
(母材)															
D13- 1	101.60	121.60	20.7	12.00	1.13	7.05	0.39	65.5	なし	1.173	1.267	4.46	6.46	3802	3520
- 2	101.60	131.75	29.7	12.00	1.13	7.60	0.45	60.2	なし	1.173	1.267	4.42	6.44	3768	3489
- 3	101.60	133.80	31.6	12.00	1.13	7.70	0.47	58.4	なし	1.173	1.267	4.42	6.46	3768	3489
- 4	101.60	122.10	20.7	12.00	1.13	7.65	0.46	59.2	なし	1.173	1.267	4.52	6.46	3853	3567
- 5	101.60	130.70	28.6	12.00	1.13	7.65	0.46	59.2	なし	1.173	1.267	4.50	6.46	3836	3552
平均			29.9					60.5				4.46	6.46	3805	3523
D16- 1	127.50	161.20	26.4	15.10	1.79	10.30	0.83	53.6	なし	1.882	1.986	7.42	10.64	3942	3736
- 2	127.50	153.70	20.9	15.10	1.79	9.95	0.78	56.4	なし	1.882	1.986	7.34	10.66	3900	3696
- 3	127.50	161.90	27.0	15.10	1.79	9.70	0.74	58.7	なし	1.882	1.986	7.36	10.66	3911	3706
- 4	127.50	153.00	20.4	15.10	1.79	10.50	0.87	*51.4	なし	1.882	1.986	7.38	10.66	3921	3716
- 5	127.50	161.90	27.0	15.10	1.79	10.20	0.82	54.2	なし	1.882	1.986	7.36	10.66	3911	3706
平均			26.8					54.9				7.37	10.66	3917	3712
D19- 1	153.00	191.70	25.3	17.50	2.41	12.10	1.15	52.3	なし	2.535	2.865	11.25	16.75	4438	3927
- 2	152.80	190.65	24.8	17.50	2.41	11.60	1.06	56.0	なし	2.535	2.865	11.05	16.65	4359	3857
- 3	152.80	180.40	19.5	17.50	2.41	11.80	1.09	54.8	なし	2.535	2.865	11.20	16.55	4418	3909
- 4	152.90	190.30	24.5	17.50	2.41	12.30	1.19	50.6	なし	2.535	2.865	11.10	16.55	4379	3874
- 5	152.80	181.60	*	17.50	2.41	12.30	1.19	50.6	なし	2.535	2.865	11.10	16.45	4379	3874
平均			24.9					52.9				11.14	16.59	4395	3888
D22- 1	177.70	218.88	23.0	20.20	3.20	15.00	1.77	44.7	なし	3.369	3.871	15.35	22.35	4556	3965
- 2	177.80	218.88	23.1	20.20	3.20	15.40	1.86	41.9	なし	3.369	3.871	15.40	22.55	4571	3978
- 3	177.80	218.88	23.1	20.20	3.20	14.90	1.74	45.6	なし	3.369	3.871	15.15	22.50	4497	3914
- 4	177.80	219.90	23.7	20.20	3.20	15.10	1.79	44.1	なし	3.369	3.871	15.30	22.40	4541	3952
- 5	177.60	217.60	22.5	20.20	3.20	15.10	1.79	44.1	なし	3.369	3.871	15.35	22.50	4556	3965
平均			23.1					44.1						4544	3955

*は鉄筋刻印部破断、刻印破断供試体については、伸び率の計算は削除した。

表一 鉄筋の引張試験結果一覧 (その1)

鉄筋の種類 基準記号	試験前支点距離 L(mm)	試験後支点距離 L'(mm)	伸び (%)	試験前実直径 a筋 断面積A(α) a筋 (mm) A(cm ²)	試験後実直径 a'筋 断面積A'(α') a'筋 (mm) A'(cm ²)	捻り (%)	鉄筋断位置筋 部からの距離(mm)	実断面積 S'(α')	公称断面積 S(α')	降伏荷重 psy (t)	最大荷重 pmax (t)	実断面積 による降伏 点応力 σsy kg/cm ²	公称断面積 による降伏 点応力 σsy kg/cm ²	実断面積 による引張 強さ σpy kg/cm ²	公称断面積 による引張 強さ σpy kg/cm ²	
(母材)																
D13-34	102.25	129.00	26.2	11.95	1.12	7.75	0.47	58.0	1.165	1.267	4.46	6.48	3828	3520	5562	5114
-35	101.75		25.6	11.95	1.12	8.65	0.59	47.3	1.165	1.267	4.42	6.44	3794	3489	5528	5083
-36	101.65	131.45	29.3	11.95	1.12	8.20	0.53	52.7	1.165	1.267	4.44	6.46	3811	3504	5545	5099
平均			27.8					52.7			4.44	6.46	3811	3504	5545	5099
D16-34	127.15	168.95	32.9	15.10	1.79	9.55	0.72	59.8	1.868	1.986	7.32	10.66	3919	3686	5707	5368
-35	126.90		32.5	15.10	1.79	9.60	0.72	59.8	1.868	1.986	7.50	10.66	4015	3776	5707	5368
-36	127.00	162.40	27.9	15.10	1.79	9.90	0.77	57.0	1.868	1.986	7.48	10.60	4004	3766	5675	5337
平均			30.4					58.9			7.43	10.64	3979	3743	5696	5358
D19-34	152.95	190.50	24.6	17.50	2.41	11.85	1.10	54.4	2.531	2.865	11.40	16.72	4504	3979	6606	5836
-35	153.10	185.80	21.4	17.50	2.41	11.80	1.09	54.8	2.531	2.865	11.44	16.82	4520	3993	6646	5871
-36	153.30	192.10	25.3	17.50	2.41	11.70	1.08	55.2	2.531	2.865	11.24	16.74	4441	3923	6614	5843
平均			23.8					54.8			11.36	16.76	4488	3965	6622	5850
D22-34	172.75	218.15	26.3	20.35	3.25	15.40	1.86	42.8	3.412	3.871	15.65	22.55	4587	4043	6609	5825
-35	172.45	217.30	26.0	20.35	3.25	15.60	1.91	41.2	3.412	3.871	15.70	22.55	4601	4056	6609	5825
-36	173.10	214.70	24.0	20.35	3.25	15.25	1.83	43.7	3.412	3.871	15.60	22.65	4572	4030	6638	5851
平均			25.4					42.6			15.65	22.60	4587	4043	6619	5834

* 再試験はつかみしろ J I S 適用

表一 鉄筋の引張試験結果一覧 (その1) 再試験

鉄筋の種類 基準記号	試験前長さ L(mm)	試験後長さ L'(mm)	伸び (%)	試験前実断面積 a _実 (mm ²)	試験後実断面積 A (cm ²)	試験前公称断面積 a _公 (mm ²)	試験後公称断面積 A' (cm ²)	伸び率 (%)	試験後実断面積 a _実 (mm ²)	試験後公称断面積 A' (cm ²)	引張強さ σ _s (kg/cm ²)	最大引張強さ σ _m (kg/cm ²)	引張強さ σ _s (kg/cm ²)	最大引張強さ σ _m (kg/cm ²)	引張強さ σ _s (kg/cm ²)	最大引張強さ σ _m (kg/cm ²)	引張強さ σ _s (kg/cm ²)	最大引張強さ σ _m (kg/cm ²)
(網)																		
1C- 1	101.70	114.90	13.0	11.95	1.12	11.35	1.01	# 9.8	0	1.155	1.267	4.48	6.38	3879	3536	5524	5036	
- 2	101.95	115.30	13.0	11.95	1.12	7.20	0.41	63.4	110	1.161	1.267	4.46	6.52	3842	3520	5616	5146	
- 3	101.45	115.55	13.0	11.95	1.12	7.65	0.46	58.9	115	1.150	1.267	4.42	6.44	3843	3489	5600	5083	
- 4	101.50	110.60	9.0	12.00	1.13	11.60	1.06	# 6.2	0	1.158	1.267	4.46	6.08	3851	3520	5250	4799	
- 5	101.50	107.90	6.3	11.95	1.12	11.40	1.02	# 8.9	6	1.155	1.267	4.48	5.92	3879	3536	5126	4672	
平均			11.3					29.5				4.46	6.27	3859	3520	5423	4947	
3C- 1	101.60	116.45	15.0	11.90	1.11	8.40	0.55	50.5	119	1.143	1.267	4.42	6.44	3867	3489	5634	5083	
- 2	101.55	117.45	15.0	11.90	1.11	7.55	0.45	59.5	109	1.146	1.267	4.50	6.50	3927	3552	5672	5130	
- 3	102.05	116.60	13.0	11.90	1.11	7.35	0.42	62.2	96	1.146	1.267	4.46	6.48	3892	3520	5654	5114	
- 4	101.25	116.20	15.0	11.95	1.12	7.45	0.44	60.7	120	1.157	1.267	4.50	6.52	3889	3552	5635	5146	
- 5	101.80	116.70	15.0	11.90	1.11	8.10	0.52	53.2	62	1.143	1.267	4.42	6.44	3867	3489	5634	5083	
平均								57.2				4.46	6.48	3888	3520	5646	5111	
5C- 1	101.60	113.85	12.1	11.70	1.08	11.15	0.98	# 9.3	14	1.133	1.267	4.46	6.24	3936	3520	5508	4925	
- 2	101.65	118.45	16.5	11.90	1.11	9.90	0.77	30.6	18	1.149	1.267	4.48	6.50	3899	3536	5657	5130	
- 3	101.70	112.60	10.7	12.00	1.13	11.45	1.03	# 8.8	0	1.165	1.267	4.48	6.38	3845	3536	5476	5036	
- 4	101.60	117.30	15.5	12.00	1.13	10.85	0.92	# 18.6	4	1.163	1.267	4.46	6.46	3835	3520	5555	5099	
- 5	101.70	116.25	13.0	11.70	1.08	7.85	0.48	55.6	89	1.133	1.267	4.46	6.40	3936	3520	5649	5051	
平均			13.7					24.6				4.47	6.40	3890	3526	5569	5048	
7C- 1	127.20	149.60	16.0	15.05	1.78	9.10	0.65	63.5	100	1.854	1.986	6.66	9.70	3592	3353	5231	4884	
- 2	127.20	147.00	13.0	15.05	1.78	10.00	0.79	55.6	106	1.851	1.986	6.68	9.68	3609	3364	5230	4874	
- 3	127.20	145.40	14.3	15.00	1.77	13.00	1.33	# 24.9	7	1.841	1.986	6.64	9.60	3606	3343	5215	4833	
- 4	127.20	153.50	20.7	15.10	1.79	9.80	0.75	58.1	73	1.857	1.986	6.58	9.64	3543	3313	5191	4854	
- 5	127.20	150.40	16.0	15.05	1.78	8.60	0.58	67.4	86	1.854	1.986	6.68	9.68	3603	3364	5221	4874	
平均			17.5					53.9				6.65	9.66	3591	3387	5218	4864	

*は鉄筋刻印部破断、刻印破断供試体については、伸び率の計算は削除した。
 #は溶着部及び溶着端部破断

表一 鉄筋の引張試験結果一覧 (その2)

鉄筋の種類 基準記号	試験前点距離 L (mm)	試験後点距離 L' (mm)	伸び (%)	試験前直径 a部 断面積A (α) a部 (mm) A (cm ²)	試験後直径 a部 断面積A' (α') a'部 (mm) A' (cm ²)	絞り (%)	鉄筋位置と接 部からの距離 (mm)	実測断面積 S (α)	公称断面積 S (α)	降伏荷重 psy (t)	最大荷重 pmax (t)	実測断面積 による降伏 点応力 σsy kg/cm ²	公称断面積 による降伏 点応力 σsy kg/cm ²	実測断面積 による引張 強さ σpy kg/cm ²	公称断面積 による引張 強さ σpy kg/cm ²
(網)															
1C-6	101.55		豪点外	11.95 1.12	8.00 0.50	55.4	72	1.161	1.267	4.58	6.56	3921	3615	5650	5178
1C-7	101.75	124.40	22.3	11.95 1.12	7.60 0.45	59.8	53	1.150	1.267	4.48	6.48	3895	3536	5635	5114
1C-8	101.30		豪点外	12.00 1.13	7.65 0.46	59.3	75	1.158	1.267	4.54	6.66	3921	3583	5751	5257
平均			22.3			58.2				4.53	6.57	3912	3578	5672	5183
3C-6	101.30		豪点外	11.90 1.11	7.00 0.38	65.8	71	1.146	1.267	4.58	6.58	3997	3615	5742	5193
3C-7	101.55		豪点外	11.90 1.11	8.20 0.53	52.3	68	1.146	1.267	4.52	6.52	3944	3567	5689	5146
3C-8	101.50	122.20	20.2	11.95 1.12	7.60 0.45	59.8	56	1.157	1.267	4.52	6.56	3967	3567	5670	5176
平均			20.2			59.3				4.54	6.55	3969	3583	5700	5172
5C-6	102.00	112.80	10.6	11.90 1.11	11.20 0.99		0	1.149	1.267	4.52	6.42	3934	3567	5587	5067
5C-7	101.90		豪点外	12.00 1.13	7.65 0.46	59.3	67	1.165	1.267	4.52	6.58	3880	3567	5648	5193
5C-8	101.50		豪点外	12.00 1.13	7.60 0.45	60.2	67	1.163	1.267	4.48	6.54	3852	3536	5623	5162
平均			10.6			59.8				4.51	6.51	3889	3557	5619	5141
7C-6	127.05	158.95	25.1	15.05 1.78	9.60 0.72	59.6	60	1.851	1.986	6.84	9.80	3695	3444	5294	4935
7C-7	126.65	157.10	24.0	15.00 1.77	9.25 0.67	62.1	65	1.841	1.986	6.70	9.75	3639	3374	5301	4914
7C-8	127.50	152.65	19.7	15.10 1.79	9.95 0.78	56.4	61	1.857	1.986	6.78	9.74	3651	3414	5245	4904
平均			22.9			59.4				6.77	9.77	3661	3411	5280	4918

* 再試験はつかみしろ J I S 適用

表一 鉄筋の引張試験結果一覧 (その2) 再試験

鉄筋の種類 基準記号	引張試験 長さ L (mm)	引張試験 長さ L (mm)	伸び (%)	引張試験 断面積 A (cm ²)	引張試験 断面積 A' (cm ²)	引張試験 断面積 A'' (cm ²)	引張試験 断面積 A''' (cm ²)	引張試験 断面積 A'''' (cm ²)	引張試験 断面積 A''''' (cm ²)	引張試験 断面積 A'''''' (cm ²)	引張試験 断面積 A''''''' (cm ²)	引張試験 断面積 A'''''''' (cm ²)	引張試験 断面積 A''''''''' (cm ²)	引張試験 断面積 A'''''''''' (cm ²)	引張試験 断面積 A''''''''''' (cm ²)	引張試験 断面積 A'''''''''''' (cm ²)	引張試験 断面積 A''''''''''''' (cm ²)
(鋼)																	
9C-1	127.50	142.75	11.2	15.05	1.78	9.35	0.69	61.2	115	1.851	1.986	6.64	9.64	3587	3343	5208	4854
-2	127.40	149.15	18.8	15.00	1.77	9.90	0.77	56.5	90	1.836	1.986	6.58	9.60	3584	3313	5229	4834
-3	127.45	149.55	17.7	15.00	1.77	10.00	0.79	55.4	136	1.835	1.986	6.64	9.62	3619	3343	5243	4844
-4	127.40	159.00	24.8	15.00	1.77	9.60	0.72	59.3	71	1.830	1.986	6.60	9.64	3607	3323	5268	4854
-5	127.40	149.90	17.2	15.05	1.78	9.60	0.72	59.6	98	1.851	1.986	6.64	9.66	3587	3343	5219	4864
平均			24.8					58.4				6.62	9.63	3597	3333	5233	4850
11C-1	127.90	145.80	14.0	15.00	1.77	13.10	1.35	23.7	0	1.834	1.986	6.60	9.62	3599	3323	5245	4843
-2	127.90	158.30	23.8	15.10	1.79	8.60	0.58	67.6	57	1.857	1.986	6.70	9.70	3608	3374	5223	4884
-3	127.20	146.40	9.05	14.95	1.76	13.50	1.43	18.7	5	1.818	1.986	6.56	9.60	3608	3303	5281	4834
-4	127.20	147.40	15.3	15.00	1.77	9.75	0.75	57.6	101	1.817	1.986	6.58	9.58	3621	3313	5272	4824
-5	127.20	148.20	16.6	14.95	1.76	9.10	0.65	63.1	92	1.834	1.986	6.62	9.68	3610	3333	5278	4874
平均			15.6					46.2				6.61	9.64	3609	3329	5260	4852
2A-1	152.80	185.60	21.5	17.35	2.36	12.30	1.19	49.6	77	2.492	2.865	11.35	16.55	4555	3961	6641	5777
2A-5	152.85	184.30	20.6	17.35	2.36	11.80	1.09	53.8	79	2.492	2.865	11.30	16.60	4535	3944	6661	5794
2A-8	152.80	180.90	19.5	17.30	2.35	11.60	1.06	54.9	92	2.480	2.865	11.30	16.55	4556	3944	6673	5777
2A-13	152.85	174.70	15.5	17.35	2.36	12.00	1.13	52.1	113	2.492	2.865	11.40	16.80	4575	3979	6742	5864
2A-15	152.85	171.50	12.1	17.35	2.36	11.70	1.08	54.2	123	2.492	2.865	11.35	16.65	4555	3961	6681	5812
平均			21.1					52.9				11.34	16.63	4555	3958	6680	5804
4A-1	152.85	171.20	12.5	17.30	2.35	11.80	1.09	53.6	131	2.480	2.865	11.25	16.55	4536	3927	6673	5777
4A-5	153.00	183.70	20.1	17.30	2.35	11.90	1.11	52.8	82	2.480	2.865	11.35	16.70	4577	3961	6734	5829
4A-8	152.80	177.40	16.0	17.35	2.36	12.00	1.13	52.1	120	2.492	2.865	11.30	16.55	4535	3944	6641	5777
4A-13	152.80	182.00	19.1	17.30	2.35	12.70	1.27	46.0	99	2.480	2.865	11.40	16.50	4597	3979	6653	5759
4A-15	152.85	182.50	19.4	17.30	2.35	12.70	1.27	46.0	96	2.480	2.865	11.20	16.60	4516	3909	6694	5794
平均			19.5					50.1				11.30	16.58	4552	3944	6679	5787

*は鉄筋刻印部破断、刻印破断供試体については、伸び率の計算は削除した。
 †は溶着部及び溶着端部破断

表一 鉄筋の引張試験結果一覧 (その3)

鉄筋の種類 基準記号	試験前長さ L (mm)	試験後長さ L' (mm)	伸び (%)	試験前直径 a部 断面積A (a) a部 (mm) A (cm ²)	試験後直径 a部 断面積A' (a') a'部 (mm) A' (cm ²)	絞り (%)	鉄筋切断位置から 部からの距離 (mm)	実断面積 S' (a)	公称断面積 S (a)	降伏荷重 ps _y (t)	最大荷重 pmax (t)	実断面積 による降伏 点応力 σ _{s'y} kg/cm ²	公称断面積 による降伏 点応力 σ _{sy} kg/cm ²	実断面積 による引張 強さ σ _{p'y} kg/cm ²	公称断面積 による引張 強さ σ _{py} kg/cm ²
(網)															
9C-6	126.60	156.50	23.6	15.0 1.77	9.90 0.77	56.5	64	1.836	1.986	6.68	9.66	3638	3364	5261	4864
9C-7	127.35	156.25	22.7	15.0 1.77	9.75 0.75	57.6	66	1.835	1.986	6.70	9.74	3651	3374	5308	4904
9C-8	127.35	160.00	25.6	15.0 1.77	9.60 0.72	59.3	65	1.830	1.986	6.74	9.74	3683	3394	5322	4904
平均			24.0			57.8				6.71	9.71	3657	3377	5297	4891
11C-6	127.20		異常	15.1 1.79	9.40 0.63	64.8	76	1.857	1.986	6.78	9.82	3651	3414	5288	4945
11C-7	127.35		異常	14.95 1.76	10.85 0.92	47.7	72	1.818	1.986	6.76	9.78	3718	3404	5380	4924
11C-8	127.05		異常	14.95 1.76	9.30 0.68	61.4	86	1.817	1.986	6.70	9.72	3687	3374	5349	4894
平均						58.0				6.75	9.77	3685	3397	5339	4921
2B-1	152.85	184.90	21.0	17.3 2.35	11.95 1.12	52.3	72	2.480	2.865	11.62	16.74	4685	4056	6750	5843
2B-5	153.15	186.20	21.6	17.3 2.35	11.60 1.06	54.8	76	2.495	2.865	11.50	16.78	4609	4014	6725	5857
2B-8	153.15	175.75	異常	17.3 2.35	15.05 1.78		0	2.495	2.865	11.42	16.80	4577	3986	6733	5864
平均			21.3			53.6				11.51	16.77	4624	4019	6736	5855
4B-1	153.25		異常	17.3 2.35	11.85 1.10	53.2	83	2.478	2.865	11.36	16.68	4584	3965	6731	5822
4B-5	153.40		異常	17.3 2.35	11.70 1.08	54.0	93	2.478	2.865	11.50	16.68	4641	4014	6731	5822
4B-8	152.90		異常	17.3 2.35	11.75 1.08	54.0	95	2.475	2.865	11.48	16.80	4638	4007	6788	5864
平均						53.7				11.45	16.72	4621	3995	6750	5836

* 再試験はつかみしろ J I S 適用

表一 鉄筋の引張試験結果一覧 (その3) 再試験

鉄筋の種類 標準記号	鉄筋の長さ L(mm)	鉄筋の長さ L'(mm)	伸び (%)	鉄筋の断面積 a _断 断面積A(a')	鉄筋の断面積 a _断 断面積A'(a')	伸び (%)	鉄筋の断面積 a _断 断面積A(a')	鉄筋の断面積 a _断 断面積A'(a')	鉄筋の断面積 a _断 断面積A(a')	鉄筋の断面積 a _断 断面積A'(a')	鉄筋の断面積 a _断 断面積A(a')	鉄筋の断面積 a _断 断面積A'(a')	鉄筋の断面積 a _断 断面積A(a')	鉄筋の断面積 a _断 断面積A'(a')	鉄筋の断面積 a _断 断面積A(a')	鉄筋の断面積 a _断 断面積A'(a')
				a _断 (mm) A (cm ²)	a _断 (mm) A' (cm ²)											
(網)																
6A-1	152.70	186.60	22.2	17.30 2.35	11.30 1.00	57.4	73	2.480	2.865	11.40	16.50	4597	3979	6653	5759	
6A-5	152.70	186.30	22.0	17.30 2.35	11.60 1.06	54.9	87	2.480	2.865	11.35	16.55	4577	3962	6673	5777	
6A-8	152.70	181.70	19.0	17.30 2.35	11.70 1.08	54.0	73	2.480	2.865	11.30	16.65	4556	3944	6713	5812	
6A-13	152.70	187.10	22.5	17.25 2.34	11.40 1.02	56.4	70	2.467	2.865	11.20	16.55	4539	3909	6709	5777	
6A-15	152.70	180.00	※	17.25 2.34	12.00 1.13	51.7	109	2.467	2.865	11.35	16.55	4601	3962	6709	5777	
平均			21.4			54.9				11.32	16.56	4574	3951	6691	5780	
8A-1	177.70	212.90	19.8	20.10 3.17	14.70 1.70	46.4	84	3.336	3.871	15.60	22.70	4676	4030	6804	5864	
8A-5	177.70	210.60	18.5	20.50 3.30	14.80 1.72	47.9	105	3.336	3.871	15.50	22.65	4646	4004	6790	5851	
8A-8	177.70	206.90	※	20.20 3.20	15.50 1.89	40.9	120	3.371	3.871	15.45	22.50	4583	3991	6675	5812	
8A-13	177.70	211.20	18.9	20.10 3.17	15.60 1.91	39.7	106	3.371	3.871	15.35	22.60	4554	3965	6704	5838	
8A-15	177.70	213.60	20.2	20.10 3.17	15.80 1.96	38.2	73	3.332	3.871	15.55	22.70	4667	4017	6812	5864	
平均			19.4			42.6				15.49	22.63	4625	4001	6757	5846	
10A-1	177.60	212.95	19.9	20.10 3.17	15.70 1.94	38.8	88	3.331	3.871	15.50	22.60	4653	4004	6785	5838	
10A-5	177.65	213.80	*	20.50 3.30	14.00 1.54	53.3	94	3.331	3.871	15.65	22.65	4698	4043	6800	5851	
10A-8	177.85	206.35	※	20.05 3.16	16.25 2.07	34.5	131	3.324	3.871	15.60	22.55	4693	4030	6784	5825	
10A-13	177.80	208.50	※	20.05 3.16	14.20 1.58	50.0	102	3.326	3.871	15.45	22.65	4645	3991	6810	5851	
10A-15	177.75	199.35	12.2	20.05 3.16	18.90 2.81	※11.1	6	3.326	3.871	15.55	22.50	4675	4017	6765	5812	
平均			16.1			37.5				15.55	22.59	4673	4017	6789	5835	
12A-1	177.70	211.10	18.8	20.15 3.19	15.30 1.84	42.3	93	3.331	3.871	15.25	22.60	4578	3940	6785	5838	
12A-5	177.80	212.95	※	20.15 3.19	16.75 2.20	31.0	111	3.331	3.871	15.35	22.65	4608	3965	6800	5851	
12A-8	177.80	208.45	※	20.10 3.17	15.15 1.80	43.2	110	3.334	3.871	15.40	22.55	4619	3978	6764	5825	
12A-13	177.80	193.60	※	20.10 3.17	19.40 2.96	※6.6	6	3.336	3.871	15.45	22.05	4631	3991	6610	5696	
12A-15	177.85	198.65	10.5	20.10 3.17	18.20 2.60	※18.0	15	3.336	3.871	15.40	22.20	4616	3978	6655	5735	
平均			14.7			28.2				15.30	22.41	4610	3970	6723	5789	

*は鉄筋刻印部破断、刻印破断供試体については、伸び率の計算は削除した。
 ※は溶着部及び溶着端部破断

表一 鉄筋の引張試験結果一覧 (その4)

鉄筋の種類 基準記号	試験前支点距離 L (mm)	試験後支点距離 L' (mm)	伸び (%)	試験前実直径 a部 断面積A (cm ²) a部 (mm) A (cm ²)	試験後実直径 a部 断面積A' (cm ²) a'部 (mm) A' (cm ²)	伸び (%)	鉄筋破断位置溶接 部からの距離 (mm)	実断面積 S' (cm ²)	公称断面積 S (cm ²)	降伏荷重 psy (t)	最大荷重 pmax (t)	実断面積 による降伏 点応力 σ_{sy} kg/cm ²	公称断面積 による降伏 点応力 σ_{sy} kg/cm ²	実断面積 による引張 強さ σ_{py} kg/cm ²	公称断面積 による引張 強さ σ_{py} kg/cm ²
(網)															
6B-1	153.05	182.00	18.9	17.25 2.34	11.95 1.12	52.1	89	2.467	2.865	11.40	16.68	4621	3979	6761	5822
6B-5	152.85	183.30	19.9	17.25 2.34	12.10 1.15	50.6	74	2.467	2.865	11.34	16.70	4597	3958	6769	5829
6B-8	152.80		異常外	17.30 2.35	11.75 1.08	54.0	96	2.475	2.865	11.20	16.68	4525	3909	6739	5822
平均			19.4			52.2				11.30	16.69	4581	3949	6756	5824
8B-1	173.05		異常外	20.20 3.20	15.00 1.77	44.7	98	3.367	3.871	15.75	22.75	4678	4069	6757	5877
8B-5	172.80	214.00	23.8	20.20 3.20	15.35 1.85	42.2	87	3.367	3.871	15.55	22.85	4618	4017	6786	5903
8B-8	172.60	214.60	24.3	20.15 3.19	14.70 1.70	46.7	75	3.352	3.871	15.70	22.85	4684	4056	6816	5903
平均			24.05			44.5				15.70	22.82	4660	4047	6786	5894
10B-1	178.00	194.60		20.15 3.19			0	3.345	3.871	15.55	22.30	4649	4017	6667	5761
10B-5	178.00	214.45	20.4	20.15 3.19	14.70 1.70	46.7	93	3.345	3.871	15.75	22.75	4709	4069	6801	5877
10B-8	178.00		異常外	20.15 3.19	15.85 1.97	38.2	100	3.345	3.871	15.60	22.75	4664	4030	6801	5877
平均			20.4			42.5				15.60	22.60	4674	4039	6756	5838
12B-1	177.95	184.95	異常外	20.10 3.17			0	3.336	3.871	15.65	19.60	4691	4043	5875	5063
12B-5	178.00	212.95	19.6	20.10 3.17	14.85 1.73	45.4	80	3.500	3.871	15.55	22.75	4443	4017	6500	5877
12B-8	177.55	211.60	19.2	20.10 3.17	15.15 1.80	43.2	92	3.500	3.871	15.45	22.75	4414	3991	6500	5877
平均			19.4			44.3				15.55	21.70	3045	4017	6292	5606

* 再試験はつかみしろ J I S 適用

表一 鉄筋の引張試験結果一覧 (その4) 再試験

鉄筋の種類 基準記号	試験前直径 L (mm)	試験後直径 L' (mm)	伸び (%)	試験前断面積 a ₀ (mm ²)	試験後断面積 a' (mm ²)	絞り (%)	鉄筋断位置と接 部からの距離 (mm)	実測断面積 S (mm ²)	公称断面積 S (mm ²)	降伏荷重 ps _y (t)	最大荷重 pmax (t)	実測断面積 による降伏 点応力 σ _{s y} kg/cm ²	公称断面積 による降伏 点応力 σ _{s y} kg/cm ²	実測断面積 による引張 強さ σ _{p y} kg/cm ²	公称断面積 による引張 強さ σ _{p y} kg/cm ²
(母材)															
SSZHP13-1	101.65	129.60	27.5	11.90	1.11	7.95	0.50	55.0	なし	1.148	1.267	4.86	6.98	4233	3836
- 2	101.30	130.05	28.4	12.00	1.13	8.15	0.52	54.0	なし	1.173	1.267	4.50	6.76	3836	3552
- 3	101.55	129.55	27.6	11.85	1.10	7.60	0.45	59.1	なし	1.133	1.267	4.54	6.70	4007	3583
- 4	101.90	127.60	25.2	11.75	1.08	7.90	0.49	54.6	なし	1.115	1.267	4.60	6.68	4126	3631
- 5	101.40	126.00	24.3	11.75	1.08	8.25	0.53	50.9	なし	1.128	1.267	4.56	6.74	4043	3599
平均			26.6					54.7				4.61	6.77	4049	3640
SSZHP16-1	127.10	162.00	27.5	15.10	1.79	9.70	0.74	58.7	なし	1.829	1.986	7.40	11.02	4046	3726
- 2	127.10	162.50	27.9	15.30	1.84	10.80	0.92	50.0	なし	1.888	1.986	7.56	11.14	4004	3807
- 3	127.00	159.70	25.7	15.15	1.80	10.05	0.79	56.1	なし	1.850	1.986	7.58	11.00	4097	3817
- 4	127.40	164.75	29.3	15.30	1.84	10.35	0.84	54.3	なし	1.920	1.986	7.64	11.18	3979	3847
- 5	127.00	159.00	25.2	15.05	1.78	10.00	0.79	55.6	なし	1.824	1.986	7.54	10.98	4134	3797
平均			27.1					54.9				7.54	11.06	4052	3799
SSZHP25-1	101.70	134.05	31.8	23.75	4.43	16.20	2.06	53.5	なし	4.547	5.067	20.70	29.30	4552	4085
- 2	101.70	134.05	31.8	23.80	4.45	15.65	1.92	56.9	なし	4.562	5.067	20.65	29.35	4527	4075
- 3	101.75	132.05	30.2	23.90	4.48	15.85	1.97	56.0	なし	4.605	5.067	20.40	29.35	4430	4026
- 4	101.70	132.05	30.2	23.70	4.41	16.40	2.11	52.2	なし	4.534	5.067	20.30	29.15	4477	4006
- 5	101.95	132.80	30.3	23.75	4.43	16.00	2.01	54.6	なし	4.551	5.067	20.50	29.55	4505	4046
平均			30.8					54.6				20.51	29.34	4498	4048
SSZHP32-1	127.77	163.10	27.7	30.65	7.38	21.10	3.50	52.6	なし	7.614	7.942	32.50	46.30	4268	4092
- 2	127.00	155.40	27.7	30.55	7.33	21.10	3.50	52.3	なし	7.572	7.942	32.60	46.20	4305	4105
- 3	127.20	150.15	27.7	30.55	7.33	21.10	3.50	52.3	なし	7.572	7.942	32.90	46.30	4345	4143
- 4	127.20	157.60	27.7	30.55	7.33	21.10	3.50	52.3	なし	7.572	7.942	32.40	46.20	4279	4279
- 5	127.30	149.80	27.7	30.75	7.43	21.10	3.70	50.2	なし	7.655	7.942	32.60	46.20	4259	4105
平均			27.7					51.9				32.60	46.20	4291	4145
SSZHP38-1	152.10	191.80	26.1	36.25	10.32	27.75	6.05	41.4	なし	10.570	11.40	46.30	69.60	4380	4061
- 2	152.50	196.90	29.1	36.25	10.32	28.80	6.51	36.9	なし	10.570	11.40	43.20	66.40	4087	3789
- 3	152.20	194.90	28.0	36.70	10.58	30.10	7.12	32.7	なし	10.800	11.40	43.20	66.20	4000	3789
- 4	152.50	195.50	28.2	36.80	10.64	28.90	6.56	38.3	なし	10.851	11.40	43.30	66.40	3990	3798
- 5	152.50	195.50	28.2	36.80	10.64	29.40	6.79	36.2	なし	10.851	11.40	42.90	66.00	3954	3763
平均			27.9					37.1				43.80	66.90	4082	3840

表一 新規鉄筋の引張試験結果一覧 (その1)

表一 新規鉄筋の引張試験結果一覧 (その1) 再試験

鉄筋の径 基準記号	試験前支点距離 L(mm)	試験後支点距離 L'(mm)	伸び (%)	試験前実直径 a 断面 A (α)	試験後実直径 a' 断面 A' (α')	絞り (%)	試験前後位置差 部からの距離(mm)	実験値 S' (α)	公称値 S (α)	降伏荷重 psy (t)	最大荷重 pmax (t)	実験値による降伏点応力 σ_{sy} kg/cm ²	公称値による降伏点応力 σ_{sy} kg/cm ²	実験値による引張強さ σ_{py} kg/cm ²	公称値による引張強さ σ_{py} kg/cm ²
(SHP13×10) (1t)															
13-1	101.95	127.30	24.9	11.80 1.09	7.70 0.47	56.9	54	1.114	1.267	4.42	6.30	3968	3489	5655	4972
-2	101.70	128.35	26.2	12.05 1.14	7.45 0.44	61.4	52	1.164	1.267	4.38	6.36	3763	3457	5464	5020
-3	101.50		異外	12.00 1.13	7.60 0.45	60.1	59	1.155	1.267	4.46	6.36	3861	3520	5506	5020
-4	101.50	125.90	24.0	11.65 1.07	7.55 0.45	57.9	57	1.095	1.267	4.42	6.34	4037	3489	5790	5004
-5	101.85	124.60	22.3	11.75 1.07	7.45 0.44	58.9	60	1.110	1.267	4.52	6.36	4072	3567	5730	5020
平均			24.4			59.0				4.44	6.34	3940	3504	5629	5007
(2t)															
13-7	101.85	126.00	23.7	11.90 1.11	7.50 0.44	60.4	52	1.145	1.267	4.44	6.40	3878	3504	5590	5051
-8	101.75	128.25	26.0	11.95 1.12	7.80 0.48	57.1	53	1.150	1.267	4.44	6.46	3861	3504	5617	5099
-9	101.70	127.00	24.8	11.80 1.09	7.20 0.41	62.4	51	1.121	1.267	4.34	6.28	3872	3425	5602	4957
-10	101.90	127.50	25.1	11.95 1.12	7.45 0.44	60.7	59	1.152	1.267	4.44	6.40	3854	3504	5556	5051
-11	101.60	127.70	25.7	11.95 1.12	7.55 0.45	59.8	57	1.149	1.267	4.46	6.40	3882	3520	5570	5051
平均			25.1			60.1				4.42	6.39	3869	3491	5587	5042
(3t)															
13-13	101.35	125.75	24.1	11.90 1.11	7.95 0.50	55.0	55	1.140	1.267	4.42	6.32	3877	3489	5544	4988
-14	101.85		異外	11.85 1.10	7.50 0.44	60.0	63	1.131	1.267	4.42	6.40	3908	3489	5559	5051
-15	101.65	125.50	23.5	11.95 1.12	7.30 0.42	62.5	58	1.149	1.267	4.44	6.40	3864	3504	5570	5051
-16	101.45	125.80	24.0	11.80 1.09	7.60 0.45	58.7	53	1.127	1.267	4.40	6.37	3904	3473	5652	5028
-17	101.85	126.80	24.5	11.85 1.10	7.30 0.42	61.8	59	1.133	1.267	4.45	6.39	3928	3512	5640	5043
平均			24.0			59.6				4.43	6.38	3896	3493	5613	5032

表一 新規鉄筋の引張試験結果一覧 (その2)

鉄筋の種類 基準記号	試験前支点距離	試験後支点距離	伸 び (%)	試験前実直径		試験後実直径		絞 り (%)	鉄筋断面位置接 部からの距離(mm)	実断面積 S' (cm ²)	公称断面積 S (cm ²)	降伏荷重 psy (t)	最大荷重 pmax (t)	実断面積	公称断面積	実断面積	公称断面積
	L(mm)	L' (mm)		a部 断面積A (cm ²)	a部 断面積A' (cm ²)	による降伏 点応力 σs y kg/ cm ²	による降伏 点応力 σsy kg/ cm ²							による引張 強さ σp y kg/ cm ²	による引張 強さ σpy kg/ cm ²		
(SHP16*10)	(1t)																
SHP16 -1	127.00		破断	14.90	1.74	9.65	0.73	58.0	80	1.846	1.986	7.52	10.38	4087	3787	5641	5227
-2	127.10	161.00	26.7	14.85	1.73	9.90	0.77	55.5	62	1.895	1.986	7.14	10.16	3768	3595	5361	5116
-3	127.10	160.40	26.2	15.00	1.77	9.55	0.72	59.3	52	1.839	1.986	7.24	10.26	3937	3646	5579	5166
-4	127.10	159.55	25.5	15.10	1.79	9.85	0.76	57.5	72	1.848	1.986	7.18	10.16	3885	3615	5498	5116
-5	127.80	161.00	26.0	15.15	1.80	9.90	0.77	57.2	62	1.862	1.986	7.44	10.31	3996	3746	5537	5191
平均			26.1					57.5	66			7.30	10.25	3935	3678	5523	5163
	(2t)																
16- 7	127.70	159.15	24.6	15.15	1.80	10.05	0.79	56.1	71	1.887	1.986	7.24	10.32	3837	3646	5469	5196
- 8	127.35	156.40	22.8	15.10	1.79	10.10	0.80	55.3	77	1.884	1.986	7.36	10.43	3907	3706	5536	5252
- 9	127.55	155.20	21.8	15.25	1.83	9.55	0.72	60.7	71	1.884	1.986	7.40	10.29	3928	3726	5461	5181
-10	127.50		破断	15.05	1.78	10.75	0.91	48.9	77	1.833	1.986	7.12	10.20	3884	3585	5564	5136
-11	127.20	158.40	24.5	15.25	1.83	10.10	0.80	56.3	73	1.881	1.986	7.24	10.19	3849	3646	5417	5131
平均			23.4					55.5				7.27	10.29	3881	3662	5489	5179
	(3t)																
16-13	127.15		破断	15.00	1.77	9.70	0.74	58.2	89	1.825	1.986	7.54	10.54	4132	3797	5775	5307
-14	127.25	158.00	24.2	15.15	1.80	10.15	0.81	55.0	73	1.859	1.986	7.24	10.20	3895	3646	5487	5136
-15	127.35		破断	15.10	1.79	10.10	0.80	55.3	77	1.864	1.986	7.37	10.32	3954	3711	5536	5196
-16	127.35	159.35	25.1	15.05	1.78	10.00	0.79	55.6	66	1.861	1.986	7.38	10.42	3966	3716	5599	5247
-17	127.25	153.90	20.9	15.05	1.78	10.30	0.83	53.4	74	1.829	1.986	7.40	10.61	4046	3726	5801	5342
平均			23.4					55.5				7.39	10.42	3999	3719	5604	5246

表一 新規鉄筋の引張試験結果一覧 (その3)

鉄筋の種類 基準記号	試験前長さ L (mm)	試験後長さ L' (mm)	伸び (%)	試験前実直径 a部 断面積A (mm ²) a部 (mm) A (mm ²)	試験後実直径 a部 断面積A' (mm ²) a'部 (mm) A' (mm ²)	絞り (%)	鉄筋破断位置 部からの距離 (mm)	実断面積 S' (mm ²)	公称断面積 S (mm ²)	降伏荷重 psy (t)	最大荷重 pmax (t)	実断面積 による降伏 点応力 σ_{sy} kg/cm ²	公称断面積 による降伏 点応力 σ_{sy} kg/cm ²	実断面積 による引張 強さ σ_{py} kg/cm ²	公称断面積 による引張 強さ σ_{py} kg/cm ²
(SHP 25*13) (2.5t)															
SHP25-23	101.85		露点外	23.0 4.15	18.60 2.72	34.5	72	4.322	5.067	17.95	26.95	4153	3543	6236	5319
-22	101.80		露点外	23.05 4.17	16.35 2.10	49.6	86	4.345	5.067	18.30	27.20	4212	3612	6260	5368
-21	101.75	122.45	20.3	23.05 4.17	16.85 2.23	46.5	58	4.371	5.067	17.90	26.85	4095	3533	6143	5299
-20	101.95		露点外	23.05 4.17	17.60 2.43	41.7	73	4.361	5.067	18.50	27.55	4242	3651	6317	5437
-19	101.80		露点外	23.20 4.23	18.00 2.54	40.5	80	4.395	5.067	17.65	26.75	4016	3483	6086	5279
平均			20.3			42.6				18.06	27.06	4144	3564	6208	5340
(4.0t)															
-17	101.90		露点外	23.70 4.41	16.00 2.01	54.4	92	4.515	5.067	20.70	29.80	4585	4085	6600	5881
-16	101.70		露点外	23.80 4.45	16.00 2.01	54.8	78	4.557	5.067	20.20	29.25	4433	3987	6419	5773
-15	101.95		露点外	23.15 4.21	16.55 2.15	48.9	74	4.380	5.067	18.30	27.55	4178	3612	6290	5437
-14	101.70		露点外	23.60 4.37	16.30 2.09	52.2	83	4.516	5.067	20.55	29.35	4550	4056	6499	5792
-13	101.50		露点外	23.20 4.23	16.50 2.14	49.4	79	4.393	5.067	17.80	26.80	4052	3513	6101	5289
平均						51.9				19.51	28.55	4360	3851	6382	5634
(5.5t)															
-11	101.55		露点外	23.15 4.21	16.35 2.10	50.1	75	4.378	5.067	17.80	26.80	4066	3513	6122	5289
-10	102.00		露点外	23.10 4.19	17.00 2.27	45.8	76	4.362	5.067	17.70	26.85	4058	3493	6155	5299
-9	102.05		露点外	23.05 4.17	16.25 2.07	50.4	76	4.345	5.067	17.80	26.85	4097	3513	6180	5299
-8	101.85		露点外	23.00 4.15	16.40 2.11	49.2	111	4.327	5.067	17.85	26.75	4125	3522	6182	5279
-7	101.85		露点外	23.40 4.30	17.40 2.38	44.7	84	4.464	5.067	18.20	27.10	4077	3592	6071	5348
平均						48.0				17.87	26.87	4085	3527	6142	5303
(8.0t)															
-5	101.60		露点外	23.35 4.28	17.80 2.49	41.8	75	4.439	5.067	17.80	26.80	4010	3513	6037	5289
-4	101.50	124.80	23.0	22.95 4.13	16.50 2.14	48.2	41	4.314	5.067	18.00	26.90	4172	3552	6236	5309
-3	101.50		露点外	23.15 4.21	15.95 2.00	52.5	89	4.375	5.067	17.85	26.95	4080	3523	6160	5319
-2	101.65		露点外	23.70 4.41	15.80 1.96	55.6	72	4.524	5.067	20.80	29.65	4598	4105	6553	5852
-1	101.65		露点外	23.65 4.39	15.95 2.00	54.4	73	4.507	5.067	20.45	29.60	4537	4036	6568	5842
平均			23.0			50.5				18.98	27.98	4279	3746	6311	5522

表一 新規鉄筋の引張試験結果一覧 (その4)

鉄筋の型 基準記号	試験前長さ L (mm)	試験後長さ L' (mm)	伸び (%)	試験前実断面積 a部 断面積A (cm ²) a部 (mm) A (cm ²)	試験後実断面積 a部 断面積A' (cm ²) a部 (mm) A' (cm ²)	伸び (%)	試験後位置まで 部からの距離 (mm)	実断面積 S' (cm ²)	公称断面積 S (cm ²)	降伏荷重 psy (t)	最大荷重 pmax (t)	実断面積 による降伏 応力 $\sigma_s y$ kg/cm ²	公称断面積 による降伏 応力 σsy kg/cm ²	実断面積 による引張 応力 σpy kg/cm ²	公称断面積 による引張 応力 σpy kg/cm ²
(SHP32*16)															
2.5-1	128.10		試験外	30.80 7.45	20.65 3.35	55.0	124	7.675	7.942	32.40	45.90	4221	4080	5980	5779
-2	128.20		試験外	30.65 7.38	20.50 3.30	55.3	113	7.610	7.942	32.50	46.20	4271	4092	6071	5817
-3	127.80		試験外	30.65 7.38	20.15 3.19	56.8	85	7.610	7.942	32.30	45.90	4244	4067	6032	5779
-4	127.35		試験外	30.60 7.35	21.00 3.46	52.9	119	7.589	7.942	32.50	46.20	4283	4092	6088	5817
-5	127.55		試験外	30.70 7.40	20.30 3.24	56.2	108	7.632	7.942	32.80	46.30	4298	4130	6067	5830
平均						55.2				32.50	46.10	4263	4092	6048	5804
4.0-1	127.40		試験外	30.75 7.43	20.70 3.37	54.6	109	7.656	7.942	32.60	46.40	4258	4105	6061	5842
-2	127.20		試験外	30.80 7.45	20.55 3.32	55.4	121	7.677	7.942	32.60	46.40	4246	4105	6044	5842
-3	127.70		試験外	30.65 7.38	20.00 3.14	57.5	109	7.613	7.942	32.50	46.30	4269	4092	6082	5830
-4	127.60	145.40	13.9	30.70 7.40	27.80 6.07	#18.0	0	7.635	7.942	32.70	46.40	4283	4117	6077	5842
-5	127.50		試験外	30.60 7.35	20.10 3.17	56.9	106	7.592	7.942	32.60	46.40	4294	4105	6112	5842
平均			13.9			48.5				32.60	46.40	4270	4105	6075	5840
5.5-1	127.70		試験外	30.70 7.40	22.05 3.82	48.4	99	7.636	7.942	32.50	46.40	4256	4092	6076	5842
-2	127.40		試験外	30.75 7.43	21.55 3.65	50.9	118	7.657	7.942	32.50	46.30	4244	4092	6047	5830
-3	127.65		試験外	30.80 7.45	20.65 3.35	55.0	132	7.679	7.942	32.60	46.40	4246	4105	6044	5842
-4	127.20		試験外	30.60 7.35	21.45 3.61	50.9	123	7.593	7.942	32.60	46.30	4293	4105	6098	5830
-5	127.20		試験外	30.60 7.35	21.50 3.63	50.6	111	7.593	7.942	32.60	46.50	4293	4105	6124	5855
平均						51.2				32.60	46.40	4266	4100	6078	5840
8.0-1	127.15		試験外	30.55 7.33	25.95 5.29	27.8	117	7.555	7.942	32.60	46.30	4315	4105	6128	5830
-2	126.70		試験外	30.45 7.28	19.85 3.09	57.6	95	7.513	7.942	32.60	46.60	4339	4105	6203	5868
-3	127.20		試験外	30.70 7.40	20.60 3.33	55.0	80	7.620	7.942	32.40	46.40	4252	4080	6089	5842
-4	127.30		試験外	30.65 7.38	20.05 3.16	57.2	110	7.598	7.942	32.30	46.20	4251	4067	6081	5817
-5	127.30		試験外	30.60 7.35	20.50 3.30	55.1	96	7.577	7.942	32.70	46.60	4316	4117	6150	5868
平均						50.5				32.50	46.40	4295	4095	6130	5845

#は溶着部及び溶着端部破断

表一 新規鉄筋の引張試験結果一覧 (その5)

鉄筋の種類 基準記号	試験前支点距離 L (mm)	試験後支点距離 L' (mm)	伸び (%)	試験前実直径 a部 断面積A (cm ²) a部 (mm) A (cm ²)	試験後実直径 a部 断面積A' (cm ²) a'部 (mm) A' (cm ²)	捻り (%)	鉄筋破断位置溶接 部からの距離 (mm)	実測断面積 S (cm ²)	公称断面積 S (cm ²)	降伏荷重 psy (t)	最大荷重 pmax (t)	実測断面積 による降伏 点応力 σ_{sy} kg/cm ²	公称断面積 による降伏 点応力 σ_{sy} kg/cm ²	実測断面積 による引張 強さ σ_{py} kg/cm ²	公称断面積 による引張 強さ σ_{py} kg/cm ²
(SHP32*6)	(2.5t)														
SHR32-1	127.25	154.70	21.6	29.85 7.00	20.7 3.37	51.9	85	7.252	7.942	29.0	43.7	3999	3651	6026	5502
-2	127.20		見当外	29.95 7.05	20.7 3.37	52.2	102	7.237	7.942	29.2	43.5	4035	3677	6011	5477
-3	127.55		見当外	29.80 6.97	20.0 3.14	54.9	82	7.214	7.942	29.2	43.8	4048	3677	6072	5515
平均			21.6			53.0				29.1	43.7	4027	3668	6036	5498
(4.0t)															
-11	127.80	159.95	25.2	29.8 6.97	19.95 3.13	55.1	72	7.217	7.942	28.5	43.8	3949	3589	6069	5515
-12	127.50		見当外	30.0 7.07	19.95 3.13	55.7	83	7.275	7.942	28.8	43.7	3959	3626	6007	5502
-13	127.00	159.40	25.5	29.7 6.93	21.00 3.46	50.1	80	7.193	7.942	29.0	43.6	4032	3651	6061	5490
平均			25.4			53.6				28.8	43.7	3980	3622	6046	5502
(5.5t)															
-21	127.20	155.5	22.2	29.8 6.97	20.4 3.27	53.1	84	7.205	7.942	29.4	43.9	4080	3702	6093	5528
-22	126.95		見当外	29.95 7.05	21.0 3.46	50.9	91	7.305	7.942	29.1	43.8	3984	3664	5996	5515
-23	127.10		見当外	29.85 7.00	20.7 3.37	51.9	88	7.252	7.942	29.0	44.0	3999	3651	6067	5540
平均			22.2			52.0				29.2	43.9	4021	3672	6052	5528
(8.0t)															
-31	127.55		見当外	29.70 6.93	21.2 3.53	49.1	100	7.164	7.942	29.1	43.7	4062	3664	6100	5502
-32	127.30		見当外	30.85 7.47	19.95 3.13	58.1	96	7.640	7.942	29.2	43.8	3822	3677	5733	5515
-33	127.35		見当外	29.95 7.05	19.95 3.13	55.6	93	7.266	7.942	28.9	43.7	3977	3639	6014	5502
平均						54.3				29.1	43.7	3954	3660	5949	5506

*つかみしろ J I S 適用

表一 新規鉄筋の引張試験結果一覧 (その5) 再試験

鉄筋の仕様 基準記号	試験前直径 L (mm)	試験後直径 L' (mm)	伸び (%)	試験前実断面積 a部 断面積 A (cm ²)		試験後実断面積 a'部 断面積 A' (cm ²)		捻り (%)	試験後断位置から 部からの距離 (mm)	実断面積 S' (cm ²)	公称断面積 S (cm ²)	降伏荷重 psy (t)	最大荷重 pmax (t)	実断面積 による降伏 応力 $\sigma_{s'y}$ kg/cm ²		公称断面積 による降伏 応力 σ_{sy} kg/cm ²		実断面積 による引張 応力 $\sigma_{p'y}$ kg/cm ²		公称断面積 による引張 応力 σ_{py} kg/cm ²	
	a部 (mm)	A (cm ²)		a'部 (mm)	A' (cm ²)	$\sigma_{s'y}$ kg/cm ²	σ_{sy} kg/cm ²							$\sigma_{p'y}$ kg/cm ²	σ_{py} kg/cm ²						
(SHP38*19)																					
2.5-1	152.40	186.30	22.2	36.80	10.64	31.25	7.67	#27.9	0	10.903	11.40	43.20	65.20	3962	3789	5980	5719				
-2	152.30	176.25	15.7	36.80	10.64	32.00	8.04	#24.4	0	10.903	11.40	41.30	63.80	3788	3623	5852	5596				
-3	152.40		※外	36.75	10.61	29.70	6.93	34.7	103	10.877	11.40	43.30	65.40	3794	3798	6077	5737				
-4	152.80		※外	36.75	10.61	31.50	7.79	26.6	106	10.877	11.40	43.10	66.70	3962	3781	6011	5798				
-5	152.90	178.8	16.9	36.75	10.61	31.45	7.77	#26.7	0	10.877	11.40	43.70	66.90	4018	3833	6151	5868				
平均			18.3					28.1				42.90	66.50	3905	3765	6014	5744				
4.0-1	152.25	177.85	16.8	36.80	10.64	33.10	8.60	#19.2	0	10.911	11.40	42.90	65.90	3932	3763	6040	5781				
-2	152.25		※外	36.80	10.64	28.50	6.38	40.0	110	10.911	11.40	42.70	65.90	3914	3646	6040	5781				
-3	151.95		※外	36.80	10.64	27.95	6.14	42.3	100	10.911	11.40	41.60	65.10	3813	3649	5966	5711				
-4	152.85		※外	36.70	10.57	28.10	6.20	41.3	96	10.860	11.40	43.00	66.00	3959	3772	6077	5789				
-5	152.50		※外	36.90	10.69	28.05	6.18	42.2	117	10.962	11.40	43.20	65.20	3941	3789	5948	5719				
平均			16.8					37.0				42.70	65.60	3912	3724	6014	5784				
5.5-1	152.40	176.75	16.0	36.75	10.61	34.25	9.21	#13.2	0	10.918	11.40	41.50	64.60	3801	3640	5917	5667				
-2	152.40	165.30	8.5	36.15	10.26	34.70	9.46	#7.8	0	10.614	11.40	45.70	67.90	4306	4009	6397	5956				
-3	152.70	172.55	13.0	36.75	10.61	35.10	9.68	#8.8	0	10.918	11.40	41.90	64.60	3838	3675	5917	5667				
-4	152.20		3.9	36.80	10.64	28.25	6.27	41.1	97	10.944	11.40	43.20	64.90	3947	3789	5930	5963				
-5	152.75	158.75	10.4	36.15	10.26	35.25	9.76	4.9	\$ 20	10.614	11.40	45.80	57.30	4315	4018	5398	5026				
平均								11.0				43.60	63.90	4041	3826	5912	5602				
8.0-1	152.15		※外	36.80	10.64	27.30	5.85	45.1	93	10.914	11.40	42.60	65.90	3903	3737	6038	5781				
-2	152.45		※外	36.75	10.61	27.80	6.07	43.1	97	10.888	11.40	43.00	65.10	3949	3772	5979	5711				
-3	152.70		※外	36.85	10.67	27.60	6.00	43.8	88	10.939	11.40	42.10	65.20	3849	3693	5960	5719				
-4	152.00	175.00	15.1	36.80	10.64	34.40	9.30	#12.6	0	10.914	11.40	43.20	65.50	3958	3789	6001	5746				
-5	152.40	183.65	20.5	36.75	10.61	33.75	8.95	#15.6	0	10.888	11.40	41.70	64.70	3830	3658	5942	5675				
平均			17.8					32.0				42.50	65.30	3898	3730	5984	5726				

#は溶着部及び溶着端部破断
\$は溶着部異常

表一 新規鉄筋の引張試験結果一覧 (その6)

鉄筋の種類 基準記号	試験前支点距離 L(mm)	試験後支点距離 L'(mm)	伸び (%)	試験前実直径 a部 断面積A(α)	試験後実直径 a部 断面積A'(α')	絞り (%)	鉄筋断位置溶接 部からの距離(mm)	実断面積 S'(α')	公称断面積 S(α')	降伏荷重 psv (t)	最大荷重 pmax (t)	実断面積 による降伏 点応力 σsy kg/cm ²	公称断面積 による降伏 点応力 σsy kg/cm ²	実断面積 による引張 強さ σpy kg/cm ²	公称断面積 による引張 強さ σpy kg/cm ²		
(SHP38*19) (2.5t)																	
SHR38-7	152.25	188.4	23.7	36.4	10.41	26.6	5.56	46.6	71	10.576	11.40			6780	6289		
-8	152.85	174.2	14.0	36.1	10.24				0	10.443	11.40			6856	6281		
-9	152.35	189.3	24.3	36.1	10.24	26.9	5.68	44.5	71	10.461	11.40	44.2	68.7	4225	3877	6557	6026
平均			20.7					45.6				44.2	70.7	4225	3877	6734	6199
(4.0t)																	
-11	152.15	187.0	22.9	36.35	10.38	25.5	5.11	50.8	77	10.565	11.40	43.9	68.8	4155	3851	6512	6035
-12	151.80		溶点外	36.00	10.18	25.9	5.27	48.2	100	10.371	11.40		71.3			6875	6254
-13	152.45		溶点外	36.20	10.29	25.5	5.11	50.3	90	10.477	11.40		71.2			6796	6246
平均			22.9					49.8				43.9	70.4	4155	3851	6728	6178
(5.5t)																	
-21	152.25		溶点外	36.00	10.18	25.0	4.91	51.8	110	10.412	11.40	44.1	70.1	4235	3868	6733	6149
-22	152.45	185.9	21.9	35.90	10.12	25.5	5.11	49.5	79	10.335	11.40	42.2	71.1	4083	3702	6880	6237
-23	152.35		溶点外	35.95	10.15	25.0	4.91	51.6	91	10.337	11.40	41.9	71.2	4053	3675	6888	6246
平均			21.9					51.0				42.7	70.8	4124	3748	6834	6211
(8.0t)																	
-31	152.35		溶点外	36.2	10.29	25.5	5.11	50.3	110	10.498	11.40	43.8	71.7	4172	3842	6830	6289
-32	152.05		溶点外	36.15	10.26	25.8	5.23	49.0	108	10.462	11.40	44.3	69.9	4234	3886	6681	6132
-33	151.95		溶点外	36.40	10.41	26.5	5.52	47.0	94	10.599	11.40	44.1	71.7	4161	3868	6765	6289
平均								48.8				44.1	71.1	4189	3865	6759	6237

*つかみしろ J I S 適用

表一 新規鉄筋の引張試験結果一覧 (その6) 再試験

[illegible]

II 疲勞強度試驗結果

鉄筋径 D 13

鉄筋の種類	上限応力比	繰返し回数	LOG N	破断	関係式	200万回疲労強度	母材比
鉄筋径/溶接程度	上限値				$\sigma_u/\sigma_y = A + k \text{LOG} N$ $A = \text{LOG} a + \alpha$	上限応力	
せん断公称降伏点 強度 (tf)	(%) LOG fs				基本式 1900	疲労強度	母材比
D13 母材	2700 3.431 3150 3.498 3000 3.477 3300 3.518 3750 3.574 2550 3.406 1800 3.255 2400 3.380 2700 3.431 2475 3.393 2775 3.443 3000 3.477	485900 207000 478500 177500 54400 663100 3126000 2000000 3200000 2504900 2353900 2570800	5.6865 5.3159 5.6798 5.2491 4.7355 5.8215 6.4949 6.3010 6.5051 6.3987 6.3717 6.4100	なし なし なし なし なし なし なし なし なし なし なし なし	$A = 4.03774$ $\alpha = 4.04375$ $k = -0.1009$ $r = 0.73954$	2521 72.0	—
1	2700 3.431 1950 3.290 2250 3.352 2400 3.380 2700 3.431 1800 3.255 2100 3.322 2400 3.380	578000 848200 550200 227500 299800 2530000 609000 1725000	5.7619 5.9284 5.7405 5.3569 5.4768 6.4031 5.7846 6.2367	なし	$A = 3.99971$ $\alpha = 4.00571$ $k = -0.1104$ $r = 0.61221$	2014 57.5	79.9
2	1800 3.255 2700 3.431 2400 3.380 2700 3.431 2100 3.322 1650 3.217 2550 3.406 2250 3.352	1346700 654800 454500 137700 1327900 2657400 388700 2586100	6.1292 5.8161 5.6575 5.1389 6.1231 6.4244 5.5896 6.4126	なし なし	$A = 4.16264$ $\alpha = 4.16864$ $k = -0.1375$ $r = 0.76472$	1977 56.5	78.4
3	2700 3.431 1650 3.217 2400 3.380 2100 3.322 1800 3.255 1950 3.290 2550 3.406	434400 3476900 845200 643100 2372000 1481600 896400	5.6378 6.5411 5.9269 5.8082 6.3751 6.1707 5.9525	なし なし	$A = 4.68964$ $\alpha = 4.69564$ $k = -0.2245$ $r = 0.89614$	1882 53.8	74.7
全体					$A = 4.04120$ $\alpha = 4.04720$ $k = -0.1160$ $r = 0.59154$	2042 58.3	81.0

鉄筋径 D 16

鉄筋の種類		上限応力比		繰返し回数	LOG N	破断	回帰式		200万回疲労強度	
鉄筋径溶接程度		上限値					$\sigma_u/\sigma_y = A + k \text{LOG} N$ $A = \text{LOG } a + \alpha$		上限応力	
せん断強度 (tf)		公称降伏点 (%) LOG fs					基本式	1900	疲労強度	母材比
D 16	母材	3150	3.498	282200	5.4505	なし なし	$A = 3.82393$ $\alpha = 3.82393$ $k = -0.0614$ $r = 0.75397$	2733 78.1	—	
		2975	3.473	532700	5.7264					
		3062.5	3.486	166400	5.2211					
		3325	3.521	181900	5.2598					
		2887.5	3.460	698500	5.8441					
		3062.5	3.486	209800	5.3218					
		2450	3.389	4351700	6.6386					
		2800	3.447	2224000	6.3471					
	1	3150	3.498	268600	5.4291		$A = 5.09155$ $\alpha = 5.09155$ $k = -0.2941$ $r = 0.97513$	1729 49.4	63.3	
		2975	3.473	332600	5.5219					
		2800	3.447	498200	5.6974					
		2625	3.419	459200	5.6620					
		2450	3.389	506900	5.7049					
		2100	3.322	861200	5.9351					
		1750	3.243	2113600	6.3250					
	2	2450	3.389	629400	5.7989		$A = 4.66279$ $\alpha = 4.66849$ $k = -0.2194$ $r = 0.98499$	1906 54.5	69.7	
		2800	3.447	378700	5.5782					
		3150	3.498	227400	5.3567					
		1750	3.243	3284600	6.5164					
		2275	3.356	660600	5.8199					
		2450	3.389	659600	5.8192					
			3	2800	3.447					397000
3150	3.498			409300	5.6120					
2625	3.419			350700	5.5449					
2975	3.473			383200	5.5834					
2362.5	3.373			404800	5.6072					
2100	3.322			3491600	6.5430					
2275	3.356			2103800	6.3230					
	全体						$A = 4.83257$ $\alpha = 4.83827$ $k = -0.2488$ $r = 0.92355$	1839 52.5	67.3	

鉄筋径 D 19

鉄筋の種類	鉄筋径溶接程度 せん断強度 (tf)	上限応力比		繰返し回数	LOG N	破断	回帰式 $\sigma_u/\sigma_y = A + k \text{LOG} N$ $A = \text{LOG} a + \alpha$	200万回疲労強度	
		上限値	公称降伏点					上限応力	母材比
		(%)	LOG fs				基本式 1900	疲労強度	
D 19	母材	3150	3.498	297700	5.474	なし	$A = 3.81113$ $\alpha = 3.81113$ $k = -0.0568$ $r = 0.99663$	2837 81.1	—
		3062.5	3.486	541000	5.733				
		2975	3.473	951800	5.979				
		2887.5	3.460	1475800	6.169				
		2800	3.447	2367800	6.374				
		2712.5	3.433	3198500	6.505				
	1	2800	3.447	270200	5.432	なし	$A = 4.72361$ $\alpha = 4.72889$ $k = -0.2331$ $r = 0.95042$	1796 51.3	63.3
		2450	3.389	687100	5.837				
		2100	3.322	1109000	6.045				
		1925	3.284	1159000	6.064				
		1750	3.243	3190900	6.504				
	2	2800	3.447	176800	5.247	なし	$A = 4.04137$ $\alpha = 4.04666$ $k = -0.1159$ $r = 0.89684$	2046 58.5	72.1
		2625	3.419	208900	5.320				
		2450	3.389	715300	5.854				
		2275	3.356	432500	5.636				
		2100	3.322	1480900	6.171				
		1925	3.284	2634100	6.421				
	3	2625	3.419	104500	5.019		$A = 4.34996$ $\alpha = 4.35524$ $k = -0.1853$ $r = 0.99801$	1520 43.4	53.6
		2275	3.356	218100	5.339				
		2100	3.322	380500	5.580				
		1750	3.243	904000	5.956				
	全体						$A = 4.06731$ $\alpha = 4.07259$ $k = -0.1245$ $r = 0.72042$	1916 54.7	67.5

鉄筋径 D 2 2

鉄筋の種類	上限応力比	繰返し回数	LOG N	破断	回帰式	200万回疲労強度		
鉄筋径溶接程度	上限値				$\sigma_u/\sigma_y = A + k \text{LOG} N$	上限応力		
せん断公称降伏点					$A = \text{LOG} a + \alpha$			
強度(tf)	(%) LOG fs				基本式 1900	疲労強度 母材比		
D 2 2	母材	3150 3.498 2975 3.473 2800 3.447 2625 3.419 2450 3.389 2275 3.356	343800 426000 825700 775600 1271700 4225500	5.536 5.629 5.917 5.890 6.104 6.626	なし	$A = 4.48919$ $\alpha = 4.49446$ $k = -0.1794$ $r = 0.95737$	2282 65.2	—
	1	3150 3.498 2800 3.447 2625 3.419 2450 3.389 2100 3.322 1925 3.284	94000 169400 287000 396000 797700 2063700	4.973 5.229 5.458 5.598 5.902 6.315		$A = 4.30889$ $\alpha = 4.31416$ $k = -0.1640$ $r = 0.99125$	1883 53.8	82.5
	2	3150 3.498 2800 3.447 2450 3.389 2450 3.389 2450 3.389 2275 3.356 2100 3.322 1750 3.243	148300 256000 190200 208600 248900 326500 864900 2491000	5.171 5.408 5.279 5.319 5.396 5.514 5.937 6.396		$A = 4.30915$ $\alpha = 4.31442$ $k = -0.1674$ $r = 0.89457$	1795 51.3	78.7
	3	3150 3.498 2975 3.473 2800 3.447 2625 3.419 2450 3.389 2275 3.356 2100 3.322 2100 3.322	153600 228800 278100 482900 389900 811900 495200 4369700	5.186 5.359 5.444 5.684 5.591 5.910 5.695 6.640	なし	$A = 4.68063$ $\alpha = 4.68590$ $k = -0.2278$ $r = 0.86862$	1757 50.2	77.0
	全体					$A = 4.36172$ $\alpha = 4.36699$ $k = -0.1738$ $r = 0.89250$	1847 52.8	81.0

鉄筋径 D 2 5

鉄筋の種類	鉄筋径 mm	上限応力比		繰返し回数	LOG N	破断	回帰式 $\sigma_u/\sigma_y = A + k \log N$ $A = \log a + \alpha$ 基本式 1900	200万回疲労強度	
		せん断 強度 (tf)	公称降伏点 (%) LOG fs					上限応力	母材比
D 2 5	母材	2800	3.447	365700	5.563		A = 4.63812 4.63812 $\alpha = 4.64340$ 1.36465 k = -0.2156 -0.2156 r = 0.97655 0.97655	1903 54.4	—
		3150	3.498	213700	5.330				
		2450	3.389	369200	5.567				
		2100	3.322	1211900	6.083				
		3535	3.548	136200	5.134				
		1750	3.243	3308700	6.520				
		2450	3.389	666700	5.824				
	2. 5	2800	3.447	204000	5.310		A = 5.47273 5.47273 $\alpha = 5.47801$ 2.19926 k = -0.3803 -0.3803 r = 0.85180 0.85180	1191 34.0	62.6
		2450	3.389	380000	5.580				
		3150	3.498	174400	5.242				
		2100	3.322	682000	5.834				
		2275	3.356	443500	5.647				
		1750	3.243	615200	5.789				
		1750	3.243	406100	5.609				
	4. 0	2800	3.447	106600	5.028		A = 4.56773 4.56773 $\alpha = 4.57302$ 1.29426 k = -0.2213 -0.2213 r = 0.93102 0.93102	1489 42.5	78.2
		3150	3.498	76900	4.886				
		2100	3.322	608300	5.784				
		2275	3.356	341000	5.533				
		2450	3.389	236800	5.374				
		1750	3.243	1079400	6.033				
		1750	3.243	441500	5.645				
	5. 5	2100	3.322	289100	5.461		A = 5.47432 5.47432 $\alpha = 5.47961$ 2.20085 k = -0.3949 -0.3949 r = 0.96766 0.96766	967 27.6	50.8
		2800	3.447	153900	5.187				
		2450	3.389	147700	5.169				
		3150	3.498	109900	5.041				
		2450	3.389	188600	5.276				
		2275	3.356	235600	5.372				
		1750	3.243	442300	5.646				
	8. 0	2450	3.389	207300	5.317		A = 4.13209 4.13209 $\alpha = 4.13738$ 0.85862 k = -0.1401 -0.1401 r = 0.74103 0.74103	1774 50.7	93.2
		2100	3.322	199400	5.300				
		2800	3.447	362100	5.559				
		2275	3.356	341800	5.534				
		1750	3.243	620800	5.793				
		2800	3.447	113400	5.055				
		2100	3.322	766300	5.884				
	全体	1750	3.243	2586000	6.413		A = 4.48483 4.48483 $\alpha = 4.49012$ 1.21136 k = -0.2052 -0.2052 r = 0.79957 0.79957	1554 44.4	81.7

鉄筋径 D 3 2

鉄筋の種類	上限応力比	繰返し回数	LOG N	破断	回帰式	200万回疲労強度	母材比	
鉄筋径 せん断 強度 (tf)	公称降伏点 (%) LOG fs				$\sigma_u/\sigma_y = A + k \text{LOG} N$ $A = \text{LOG} a + \alpha$ 基本式 1900	上限応力		
D 3 2	母材	3150 3.498 2450 3.389 2100 3.322 1750 3.243 2800 3.447 1575 3.197 1400 3.146	109200 247300 494700 1410700 152400 703700 1697300	5.038 5.393 5.694 6.149 5.183 5.847 6.230		$A = 4.85729$ $\alpha = 4.86255$ $k = -0.2721$ $r = 0.95654$	1389 39.7	—
	2.5	3150 3.498 2800 3.447 2100 3.322 1750 3.243 2450 3.389 2450 3.389 1400 3.146	48600 69200 210900 542700 275200 145000 1365000	4.687 4.840 5.324 5.735 5.440 5.161 6.135		$A = 4.59576$ $\alpha = 4.60102$ $k = -0.2340$ $r = 0.96697$	1321 37.8	95.1
	4.0	2100 3.322 2800 3.447 2450 3.389 1750 3.243 1400 3.146 3150 3.498	327000 76600 106800 517300 879300 52400	5.515 4.884 5.029 5.714 5.944 4.719		$A = 4.73020$ $\alpha = 4.73545$ $k = -0.2620$ $r = 0.98391$	1199 34.3	86.3
	5.5	1120 3.049 2800 3.447 2450 3.389 1750 3.243 2100 3.322 1400 3.146	2654000 53100 97600 250500 212400 1247100	6.424 4.725 4.989 5.399 5.327 6.096		$A = 4.52218$ $\alpha = 4.52743$ $k = -0.2286$ $r = 0.98776$	1206 34.5	86.8
	8.0	1750 3.243 2800 3.447 2450 3.389 2100 3.322 3150 3.498 1400 3.146	346500 60200 126800 133700 63500 984700	5.540 4.780 5.103 5.126 4.803 5.993		$A = 4.76972$ $\alpha = 4.77497$ $k = -0.2734$ $r = 0.97244$	1113 31.8	80.1
	全体					$A = 4.64521$ $\alpha = 4.65047$ $k = -0.2473$ $r = 0.96863$	1221 34.9	87.9

鉄筋径 D 3 8

鉄筋の種類	上限応力比	繰返し回数	LOG N	破断	回帰式 $\sigma_u/\sigma_y = A + k \text{LOG} N$ $A = \text{LOG} a + \alpha$ 基本式 1900	200万回疲労強度 上限応力	母材比
鉄筋径	溶接程度	上限値 せん断公称降伏点 強度 (tf) (%) LOG fs					
D 3 8	母材	3150 3.498 2800 3.447 2625 3.419 2450 3.389 2275 3.356 2100 3.322 1750 3.243	184200 5.265 240300 5.381 401600 5.604 625000 5.796 734800 5.866 985900 5.994 2812700 6.449	なし	$A = 4.63638$ $\alpha = 4.64159$ $k = -0.2178$ $r = 0.98259$	1836 52.5	—
	2.5	3150 3.498 2450 3.389 2275 3.356 2100 3.322 2100 3.322	184200 5.265 333000 5.522 515600 5.712 534200 5.728 1743000 6.241		$A = 4.33320$ $\alpha = 4.33841$ $k = -0.1678$ $r = 0.82518$	1888 53.9	102.8
	4.0	3150 3.498 2800 3.447 2450 3.389 2100 3.322 1750 3.243	145000 5.161 213900 5.330 379900 5.580 810700 5.909 1387100 6.142		$A = 4.78022$ $\alpha = 4.78543$ $k = -0.2489$ $r = 0.99648$	1628 46.5	88.6
	5.5	3150 3.498 2800 3.447 2450 3.389 2100 3.322 1750 3.243	179200 5.253 201000 5.303 284500 5.454 814400 5.911 2168300 6.336	なし	$A = 4.71582$ $\alpha = 4.72103$ $k = -0.2375$ $r = 0.93782$	1657 47.3	90.2
	8.0	3150 3.498 1750 3.243 2450 3.389 2100 3.322 1750 3.243 2800 3.447	144300 5.159 703000 5.847 419400 5.623 865100 5.937 2028700 6.307 271100 5.433		$A = 4.74172$ $\alpha = 4.74693$ $k = -0.2421$ $r = 0.92076$	1644 47.0	89.5
	全体				$A = 4.65334$ $\alpha = 4.65855$ $k = -0.2258$ $r = 0.92465$	1700 48.6	92.6

III せん断・引裂き試験結果

せん断試験結果

鉄筋組合せ	想定せん断力 (tf)	せん断荷重 (tf)	溶着部(mm)		せん断強度 (kgf/mm ²)
			a	b	
13×10	1.0	1.90	10.7	10.8	20.9
		1.35	10.1	9.2	18.5
		1.84	10.2	9.8	23.4
		1.28	9.6	8.2	20.7
		1.75	9.4	10.1	23.5
	2.0	2.00	11.0	9.7	23.9
		1.28	9.6	9.7	17.6
		2.10	9.2	9.4	30.9
		1.24	9.5	9.5	17.5
		2.06	10.6	9.8	25.3
	3.0	2.29	11.5	10.0	25.5
		2.70	10.9	10.8	29.2
		2.47	10.4	10.7	28.4
		2.45	11.0	10.9	26.1
		2.70	11.1	10.1	30.7
16×10	1.0	0.81	9.9	9.3	11.2
		0.98	7.7	9.1	17.8
		1.67	11.2	9.1	21.0
		1.70	11.0	8.1	24.3
		1.89	11.0	9.6	22.8
	2.0	1.76	11.2	10.4	19.2
		1.86	11.8	9.3	21.6
		1.60	11.1	10.3	17.8
		1.53	9.5	9.2	22.3
		1.77	10.6	9.4	22.6
	3.0	3.16	13.0	10.6	29.2
		3.00	13.5	10.6	26.7
		2.74	14.6	12.7	18.8
		2.17	12.3	10.6	21.2
		2.56	13.3	10.8	22.7
19×13	1.0	1.34	13.9	10.8	11.4
		2.06	12.0	10.0	22.0
		2.10	13.5	10.0	19.8
		2.34	11.5	10.4	24.9
		2.25	14.0	14.9	11.6
	2.0	2.92	13.8	12.3	31.7
		2.24	13.5	13.5	22.2
		2.27	11.9	12.5	33.1
		4.26	13.3	11.6	24.9
		3.92	15.8	13.0	26.4
	3.0	4.05	13.4	13.9	29.9
		3.01	12.4	13.8	28.7
		2.38	13.9	12.4	22.5
		3.31	13.2	13.6	31.4
		2.89	12.5	12.7	23.7
22×16	1.0	1.26	10.1	12.4	12.8
		2.79	14.5	10.5	23.3
		1.85	14.5	12.1	13.4
		2.05	11.2	13.7	17.0
		1.90	14.0	14.9	11.6
	2.0	4.23	13.8	12.3	31.7
		3.17	13.5	13.5	22.2
		3.86	11.9	12.5	33.1
		3.02	13.3	11.6	24.9
		4.26	15.8	13.0	26.4
	3.0	4.37	13.4	13.9	29.9
		3.85	12.4	13.8	28.7
		3.04	13.9	12.4	22.5
		4.43	13.2	13.6	31.4
		2.95	12.5	12.7	23.7

25×13	2.5	3.38	15.6	13.3	20.8
		3.54	13.9	13.9	23.3
		3.50	14.4	13.0	23.8
		3.58	14.3	13.9	22.9
		3.94	15.1	14.5	22.9
	4.0	4.24	16.8	15.1	21.3
		4.32	16.2	13.9	24.4
		4.12	16.1	14.9	21.9
		4.16	15.9	14.9	22.4
		3.38	15.3	14.4	19.5
	5.5	4.22	18.6	12.4	23.3
		4.48	16.3	12.1	28.9
		4.22	16.3	15.6	21.1
		4.14	16.9	15.7	19.9
		3.90	16.8	14.7	20.1
32×16	2.5	3.80	18.8	16.1	16.0
		3.58	18.0	16.4	15.4
		3.74	18.6	16.0	16.1
		4.40	18.9	16.7	17.8
		4.86	18.3	16.7	20.3
	4.0	6.42	18.7	17.5	25.0
		4.94	16.4	16.4	23.4
		4.90	18.8	16.6	20.0
		5.86	19.2	16.8	23.1
		7.48	18.7	17.8	28.6
	5.5	4.60	18.7	18.1	17.3
		6.18	18.7	17.2	24.5
		4.34	19.3	18.1	15.8
		4.60	17.4	16.6	20.3
		4.82	17.0	19.1	18.9
38×19	2.5	4.90	18.1	17.0	20.3
		4.20	16.2	17.4	19.0
		5.16	17.1	17.0	22.6
		4.72	18.0	15.0	22.3
		4.74	17.3	17.3	20.2
	4.0	4.36	16.0	16.2	21.4
		4.10	16.1	14.9	21.8
		4.54	17.3	14.5	23.1
		4.40	16.6	15.1	22.4
		3.92	14.6	16.0	21.4
	5.5	6.92	19.0	19.6	23.7
		8.12	20.8	18.9	26.3
		7.04	20.5	19.7	22.2
		6.28	21.0	19.0	20.1
		10.62	19.5	18.7	37.1
42×22	2.5	7.32	18.0	17.2	30.1
		4.58	18.7	15.6	20.0
		6.10	18.9	19.9	20.7
		6.46	18.4	18.6	24.0
		5.10	19.4	18.6	18.0
	4.0	3.04	16.1	19.0	12.7
		4.98	18.8	17.2	19.6
		5.52	18.3	17.4	22.1
		7.18	17.0	17.0	31.6
		4.82	17.9	17.4	19.7
	5.5	4.64	18.4	18.1	17.7
		4.46	18.0	17.4	18.1
		4.00	17.5	16.4	17.8
		4.06	17.0	17.5	17.4
		4.84	15.3	16.0	25.2

引裂き試験結果

鉄筋組合せ	想定引裂力 (tf)	引裂荷重 (tf)	溶着部(mm)		引裂強度 (kgf/mm ²)
			a	b	
13×10	1.0	1.07	10.5	8.3	15.6
		1.37	10.4	9.5	17.7
		1.27	9.3	9.8	17.8
		1.68	10.7	9.9	20.2
		1.60	9.8	7.8	26.7
	2.0	1.04	11.7	9.1	12.4
		1.29	9.1	11.1	16.3
		1.41	10.0	10.6	17.0
		1.51	10.0	8.9	21.7
		1.27	9.3	10.6	16.4
	3.0	1.97	11.1	9.1	24.8
		2.17	11.9	10.9	21.3
		1.74	10.0	10.3	21.6
		1.73	10.9	11.4	17.7
		1.69	9.8	11.2	19.6
16×10	1.0	1.59	10.3	8.3	23.7
		1.60	11.5	9.0	19.7
		1.32	10.7	8.9	17.7
		1.18	12.2	7.2	17.1
		1.56	9.2	8.7	24.8
	2.0	1.23	11.6	9.3	14.5
		1.56	11.2	8.5	20.9
		1.18	11.5	8.2	15.9
		1.70	10.5	9.0	22.9
		1.27	11.0	9.2	16.0
	3.0	1.70	13.8	10.0	15.7
		1.27	12.6	10.8	11.9
		1.67	13.1	9.8	16.6
		1.80	12.3	8.6	21.7
		1.56	11.6	9.1	18.8
19×13	1.0	2.26	12.3	12.4	18.9
		2.38	12.1	9.8	25.6
		1.90	12.4	9.1	21.4
		1.37	11.5	11.4	13.3
		1.69	10.0	11.6	18.6
	2.0	2.27	11.3	12.6	20.3
		1.80	12.1	12.3	15.4
		2.30	12.9	11.1	20.5
		2.52	13.9	10.6	21.8
		1.61	12.1	11.2	15.1
	3.0	2.02	12.3	11.4	18.4
		2.36	13.5	11.0	20.2
		2.86	16.8	11.8	18.4
		2.67	16.6	12.3	16.7
		2.30	11.6	12.7	19.9
22×16	1.0	2.23	12.1	13.6	17.3
		2.68	12.2	12.5	22.4
		2.42	12.0	13.2	19.5
		2.09	10.3	14.3	18.1
		2.06	14.2	11.0	16.8
	2.0	2.60	12.3	12.5	21.5
		2.28	13.0	11.2	19.9
		2.70	11.8	13.1	22.3
		2.48	14.2	12.1	18.4
		3.08	16.5	11.8	20.2
	3.0	3.61	12.0	15.8	24.3
		2.88	14.5	14.5	17.4
		3.94	16.8	13.8	21.6
		2.40	13.5	13.3	17.0
		2.64	16.6	11.4	17.8

25×13	2.5	2.83	17.8	14.8	13.7
		3.00	17.6	14.7	14.8
		2.92	17.8	14.3	14.6
		3.25	18.6	13.7	16.2
		3.41	19.3	13.0	17.3
	4.0	3.20	16.5	14.3	17.3
		3.30	16.0	14.2	18.5
		3.37	15.6	14.8	18.6
		3.90	16.8	13.4	22.1
		2.65	16.4	13.8	14.9
	5.5	2.27	16.4	14.6	12.1
		2.74	16.5	13.6	15.6
		2.68	15.1	12.6	17.9
		2.15	16.2	15.0	11.3
		2.72	11.3	12.6	24.3
32×16	2.5	2.89	15.0	12.5	19.6
		2.77	14.7	12.7	18.9
		2.60	14.2	12.0	19.4
		2.55	14.5	13.2	17.0
		2.80	15.0	12.7	18.7
	4.0	2.82	19.1	15.8	11.9
		3.50	17.5	14.4	17.7
		3.72	17.0	17.1	16.3
		4.24	17.9	15.8	19.1
		2.59	17.6	16.6	11.3
	5.5	3.86	16.8	17.0	17.2
		2.53	17.7	15.4	11.8
		2.69	17.2	15.2	13.1
		4.20	17.0	17.0	18.5
		2.24	17.0	14.9	11.3
38×19	2.5	3.88	16.0	16.0	19.3
		3.79	14.8	14.8	22.0
		2.55	15.3	13.6	15.6
		2.91	16.0	13.4	17.3
		2.67	15.3	15.4	14.4
	4.0	4.61	19.5	18.5	16.3
		5.94	20.6	18.0	20.4
		3.72	19.0	16.7	14.9
		5.38	20.0	16.7	20.5
		5.13	19.8	17.6	18.8
	5.5	2.75	17.9	17.9	10.9
		5.83	18.6	15.7	25.4
		4.76	19.3	15.6	20.1
		3.49	18.3	18.3	13.3
		4.35	18.9	16.7	17.6
	8.0	3.77	15.9	16.6	18.2
		4.49	16.2	15.9	22.2
		4.38	17.6	16.5	19.2
		3.55	17.6	17.1	15.0
		5.94	16.1	17.0	27.6
		4.87	17.0	15.4	23.7
		3.25	16.0	14.7	17.6
		3.30	17.4	15.0	16.1
		4.74	16.1	15.8	23.7
		3.53	15.8	15.0	19.0

IV 新規鉄筋の曲げ試験結果

鉄筋径	せん断強度	正曲げ (溶接部圧縮)					負曲げ (溶接部引張)				
		スローク (mm)	角度 (度)		ビーク荷重 (tf)	観 察	スローク (mm)	角度 (度)		ビーク荷重 (tf)	観 察
			計算値	平 均				計算値	平 均		
D13	母材	143.5	172		0.956	キズなし					
		143.2	172		0.826	"					
		152.9	173	172	0.906	"					
	1tf	149.1	172		0.818	キズなし	125.3	170		0.794	ワレ
		130.8	171		0.784	"	144.5	172		0.772	"
		141.5	172	172	0.790	"	40.6	92	145	0.604	"
	2tf	126.0	170		0.754	キズなし	33.5	75		0.63	ワレ
		123.5	170		0.810	"	139.5	172		0.894	"
		148.2	172	171	0.788	"	61.3	136	128	0.792	"
	3tf	136.6	171		0.796	キズなし	134.5	171		0.898	キレツ
		131.7	171		0.758	"	151.1	173		0.858	"
		139.4	171	171	0.830	"	139.4	171	172	0.734	"
D16	母材	179.9	172		1.334	キズなし					
		161.5	171		1.314	"					
		179.8	172	172	1.318	"					
	1tf	155.7	170		1.300	キズなし	158.7	171		1.490	キレツ
		179.8	172		1.222	"	172.0	172		1.344	キズなし
		180.2	172	171	1.250	"	175.3	172	172	1.386	キレツ
	2tf	147.4	169		1.226	キズなし	156.4	170		1.362	キレツ
		164.0	171		1.364	"	169.7	172		1.402	"
		161.8	171	170	1.320	"	51.8	102	148	1.178	ワレ
	3tf	144.2	169		1.320	キズなし	170.5	172		1.490	キレツ
		179.8	172		1.416	"	178.8	172		1.340	"
		152.5	170	170	1.398	"	49.3	97	147	1.080	ワレ
D19	母材	181.8	169		2.158	キズなし					
		181.9	169		2.152	"					
		178.1	169	169	2.040	"					
	1tf	180.0	169		2.214	キズなし	31.9	46		1.606	ワレ
		43.0	64		1.894	ワレ	43.7	66		1.372	"
		180.1	169	134	2.230	キズなし	21.8	30	47	1.426	"
	2tf	181.2	169		2.096	キズなし	21.9	30		1.316	ワレ
		180.3	169		2.030	キレツ	26.2	37		1.399	"
		36.8	54	131	1.860	ワレ	29.2	42	36	1.265	"
	3tf	180.3	169		2.002	キレツ	32.5	47		1.278	ワレ
		181.2	169		1.984	"	25.7	36		1.203	"
		180.9	169	169	1.986	"	25.7	36	40	1.590	"
D22	母材	198.1	169		2.794	キズなし					
		198.1	169		2.780	"					
		181.3	167	168	2.762	"					
	1tf	181.3	167		2.818	キレツ	16.1	19		1.822	ワレ
		180.0	166		2.524	"	25.1	31		2.044	"
		181.3	167	167	2.492	"	32.0	41	30	1.800	"
	2tf	179.6	166		2.478	キレツ	21.0	25		1.716	ワレ
		180.7	167		2.450	"	20.1	24		1.974	"
		179.6	166	166	2.550	"	30.6	39	29	1.842	"
	3tf	57.0	166		2.462	ワレ	29.6	37		1.608	ワレ
		179.8	166		2.778	キレツ	24.2	30		1.720	"
		179.7	169	167	2.832	"	27.7	35	34	1.856	"
D25	母材	180.5	163		3.974	キズなし					
		179.5	163		4.212	"					
		179.5	163	163	3.842	"					
	2.5tf	179.9	163		4.286	キズなし	48.5	58		3.110	ワレ
		179.7	163		3.996	"	61.3	75		3.022	"
		180.1	163	163	4.010	"	56.5	69	67	2.666	"
	4.0tf	179.3	163		3.912	キズなし	59.4	73		3.086	ワレ
		180.6	163		4.070	"	61.0	75		3.010	"
		180.4	163	163	3.818	キレツ	58.6	71	73	3.098	"
	5.5tf	179.4	163		3.884	キレツ	64.0	79		3.088	ワレ
		182.7	164		4.034	キズなし	57.4	70		3.310	"
		180.1	163	163	3.746	"	57.8	70	73	2.750	"
	8.0tf	179.4	163		3.882	キズなし	181.3	163		3.910	キズなし
		179.4	163		3.866	"	182.9	164		3.860	キレツ
		179.9	163	163	3.924	"	180.1	163	163	3.792	キズなし
D32	母材	179.6	155		7.255	キズなし					
		179.2	155		7.230	"					
		179.9	155	155	7.055	"					
	2.5tf	180.7	155		6.210	キズなし	24.7	22		4.446	ワレ
		180.2	155		6.115	"	33.8	21		4.630	"
		180.6	155	155	6.325	"	21.9	20	21	4.745	"
	4.0tf	180.3	155		6.325	キズなし	23.3	21		4.490	ワレ
		180.1	155		6.255	"	32.4	30		4.670	"
		180.5	155	155	5.900	"	28.8	26	26	4.665	"
	5.5tf	179.8	155		6.715	キズなし	21.9	20		4.540	ワレ
		179.4	155		6.625	"	32.2	30		4.670	"
		180.0	155	155	6.095	"	25.9	23	24	4.715	"
	8.0tf	180.7	155		6.650	キズなし	28.3	26		4.935	ワレ
		179.8	155		6.600	"	24.0	22		5.020	"
		180.5	155	155	6.330	"	23.1	21	23	5.040	"

D38	母材	179.2	149		11.460	キズなし					
		179.7	149		11.275	〃					
		179.3	149	149	11.370	〃					
	2.5tf	178.5	148		11.005	キズなし	179.7	149		10.715	キレツ
		179.3	149		10.980	〃	180.2	149		10.525	〃
		179.8	149	149	11.050	〃	180.3	149	149	10.235	〃
	4.0tf	178.6	148		10.925	キズなし	24.9	19		7.195	ワレ
		179.7	149		11.095	〃	19.4	15		6.820	〃
		180.1	149	149	10.955	〃	32.0	25	20	6.330	〃
	5.5tf	179.8	149		10.970	キズなし	13.8	10		6.705	ワレ
		179.4	149		11.315	〃	48.8	40		6.065	〃
		179.5	149	149	11.240	〃	18.4	14	21	7.145	〃
	8.0tf	183.9	150		10.775	キズなし	17.2	13		6.850	ワレ
		180.5	149		10.825	〃	38.2	31		7.800	〃
		180.9	149	149	11.325	〃	43.3	35	26	6.830	〃

3. 全数継手に関する載荷実験

3. 1 実験目的

鉄筋組立ての合理化を図るために、事前に組み立てた鉄筋（ユニット鉄筋）の使用が考えられている。ユニット鉄筋の使用にあたっては、とくに製作するための点溶接と、現場で組み立てる時のユニット鉄筋同士の継手が問題となる。そのうち、ここでは継手について検討した。

ユニット鉄筋の継手は形状の単純化のため、同一断面に集中した重ね継手（以下、全数継手と呼ぶ）となる。ところが、現在の基準では全数継手が事実上禁止されているため、ユニット鉄筋を本格的に導入する大きな障害になっている。全数継手とした場合、ひび割れ幅が大きくなったり、破壊時には急激にコンクリートの割裂破壊が生じるなど耐力・変形状の問題が考えられているためである。しかし、継手方法を工夫することにより全数継手を使用できると考えられる。以前、一方向の繰返しを受ける部材の重ね継手の載荷実験を行い、継手位置に制限を設け、継手長を伸ばすことにより、全数継手が使用できることを明らかにした¹⁾。

ここで、正負の繰返しを受ける部材についての全数継手の載荷試験を行った。検討内容は、継手位置、継手長、継手部の補強方法である。

3. 2. 供試体の設計

実験する供試体の種類は、表-1のとおり12体である。供試体の形状は、橋脚を想定していることから図-1のようにスタブつきのはり供試体である。配筋状態を図-2に示す。主鉄筋はD19に対し、継手筋は異種径の継手を考慮し、継手位置に応じてD19、D16、D13とした。

実験要因は、継手位置、継手長と横補強方法である。

(1) 継手位置

継手位置は、以下の3断面について載荷実験を行なう。

①基部（塑性ヒンジ部、主鉄筋D19に対し継手筋D19）（供試体B～H）

②計算上D16の断面積に相当する引張応力が作用する位置（供試体I～K）

$$\frac{\text{D16の断面積}}{\text{D19の断面積}} \times \text{スパン} = \frac{1.986}{2.865} \times 1.8 = 1.25 \quad \text{基部から0.5m}$$

③②と同じくD13の場合（供試体L）

$$\frac{\text{D13の断面積}}{\text{D19の断面積}} \times \text{スパン} = \frac{1.267}{2.865} \times 1.8 = 0.80 \quad \text{基部から1.0m}$$

なお、比較用に、3分の1の主鉄筋を段落しし（段落とし位置ではほぼ②と同じ鉄筋量）、十分定着長を確保した場合についても載荷実験を行なった（供試体A）。

(2) 継手長

継手長は、基本定着長とその約1.7倍およびその中間の3種類について実験する。ただし、ここで基本定着長は標準示方書の規定を採用する。

$$L_a = \alpha \frac{\sigma_{sa}}{4 \tau_{oa}} \phi$$

ここで、 L_a ：基本定着長

ϕ ：鉄筋径

τ_{oa} ：付着強度 $= 0.6 f'_c{}^{2/3}$

$f'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ のとき $\tau_{oa} = 21 \text{ kgf/cm}^2$ であり、許容応力度の 14 kgf/cm^2 の 1.5 倍である。

α ：鉄筋のあき、かぶり、横補強筋量に関する係数であり、ここでは 1.0 とする。

$$\text{① 基本定着長} = \frac{2000}{4 \times 21} \phi = 23.8 \phi = 452 \quad 460 \text{ mm} (24 \phi) \text{ (供試体 I)}$$

$$\text{② ①と③の間} \quad 580 \text{ mm} (31 \phi) \text{ (供試体 J)}$$

$$\text{③ 基本定着長} \times 1.7 = 460 \times 1.7 = 782 \quad \text{供試体 A の断落し終点位置を合わせるため } 700 \text{ mm} (37 \phi) \text{ とする (供試体 K)}$$

(3) 横補強筋

横補強筋は、鉄筋量と隅角部の数が変化するように、鉄筋径、間隔、1断面に配置する横補強筋の組数を変える。実験する横補強筋比は表-2のとおりである（供試体 B～H）。

3. 3 実験概要

(1) 使用材料

コンクリートの圧縮強度は 210 kgf/cm^2 とした。標準養生および載荷実験時まで現場養生したときの圧縮強度と引張強度試験結果は表-2のとおりであった。

鉄筋は、主鉄筋 D19 は S D 345 を、そのほかの鉄筋は S D 295 とした。横補強筋には、電気抵抗溶接により圧接したものを用いた。それらの機械的性質は表-3のとおりであった。

(2) 載荷方法

載荷は図-3のように行なった。

載荷パターンは、図-4のように正負交番繰返しとし、主鉄筋降伏までは、許容、許容の 5 割増し、公称降伏点で 10 回ずつ繰返し載荷を行なった。降伏以降は、降伏変位の $1/10$ ずつの漸増繰返し載荷とした。

(3) 測定項目

図-5のように測定器具を取り付けて以下の項目について計測した。

① ひ ず み：ワイヤレスゲージにより継手両端部と基部、横補強筋の継手両端部および中央付近（図-2）のひずみ測定

② た わ み：変位計により基部および支点のたわみを測定

③ ひびわれ幅：パイ型変位計により測定

④ ひびわれ状況観察、記録

表-2 コンクリートの強度試験結果

(材齢：日、強度：kgf/cm²)

供 試 体	標準養生(28日)		現 場 養 生							
	圧 縮 強 度	引 張 強 度	圧 縮 強 度				引 張 強 度			
			材 齢	実 験 前	材 齢	実 験 後	材 齢	実 験 前	材 齢	実 験 後
B, D, E, G	221	23.9	48	288	67	300	48	24.7	67	30.6
C, F, H, I	178	22.6	44	207	65	222	44	23.3	65	25.8
A, J, K, L	246	27.8	35	279	71	278	35	26.0	71	27.8

表-1 供試体の種類

供 試 体				異 種 径 ^{*1} 継 手		継 手 位 置 ^{*2} (基部からの距離)				継 手 長			横 補 強														
													鉄筋種類			間隔(mm)			組数(組)*3			鉄筋 補強 比 ^{*4} (%)	弱角部と 主鉄筋の 本数の比 ^{*5}				
				主鉄筋	継手筋	始点		終点		46 (24φ)	58 (31φ)	70 (38φ)	D13	D10	D6	105	120	80	1	2	3						
						(m)	(M)	(m)	(M)																		
A	継手なし(寸段落し)			D19	D16	—	0.60	0.67	1.2	0.33	—	—	—		○			○			0.4	2/3					
B	継手位置(基部、1.0M)					D19	0.00	1.00	0.46	0.74	○				○				○			0.4	2/3				
C	継手位置 (0.72M)	継手長(基本定着長) La	D13			0.50	0.72	0.96	0.47	○			○			○			○			0.4	1/3				
D			D10			組数	0.50	0.72	0.96	0.47	○				○				○				0.2	1/3			
E											○				○				○				0.4	2/3			
F											○				○					○				0.6	3/3		
G			D6			組数	0.50	0.72	0.96	0.47	○					○			○	○				0.13	1/3		
H											○					○				○			○			0.26	2/3
I											○					○				○				○			0.4
J	継手長(La×1.3倍)						0.50	0.72	1.08	0.40			○			○				○			0.4	2/3			
K	継手長(La×1.6倍)						0.50	0.72	1.20	0.33				○			○				○			0.4	2/3		
L	継手位置(0.44M)				D13	1.00	0.44	1.46	0.19	○					○				○			0.4	2/3				

*1: 右図参照

*2: 右図参照

基部からの距離: 始点=hs、終点=he(m)

基部とのモーメント比: 始点= $\frac{h-hs}{h} M$ 、終点= $\frac{h-hs}{h} M$ 、

*3: 1断面に配置する横補強筋(スターラップ)の枚(図-4・5 参照)

*4: 横補強筋比= $\frac{n A_v}{b \cdot s}$

*5: 横補強筋組数と主鉄筋本数の比= $\frac{2n}{N}$

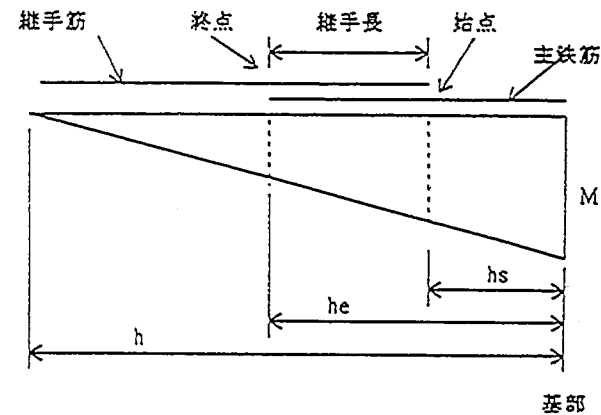
ただし、n: 横補強筋組数

A_v: 1組の横補強筋断面積

b: 部材の幅

s: 横補強筋間隔

N: 主鉄筋本数



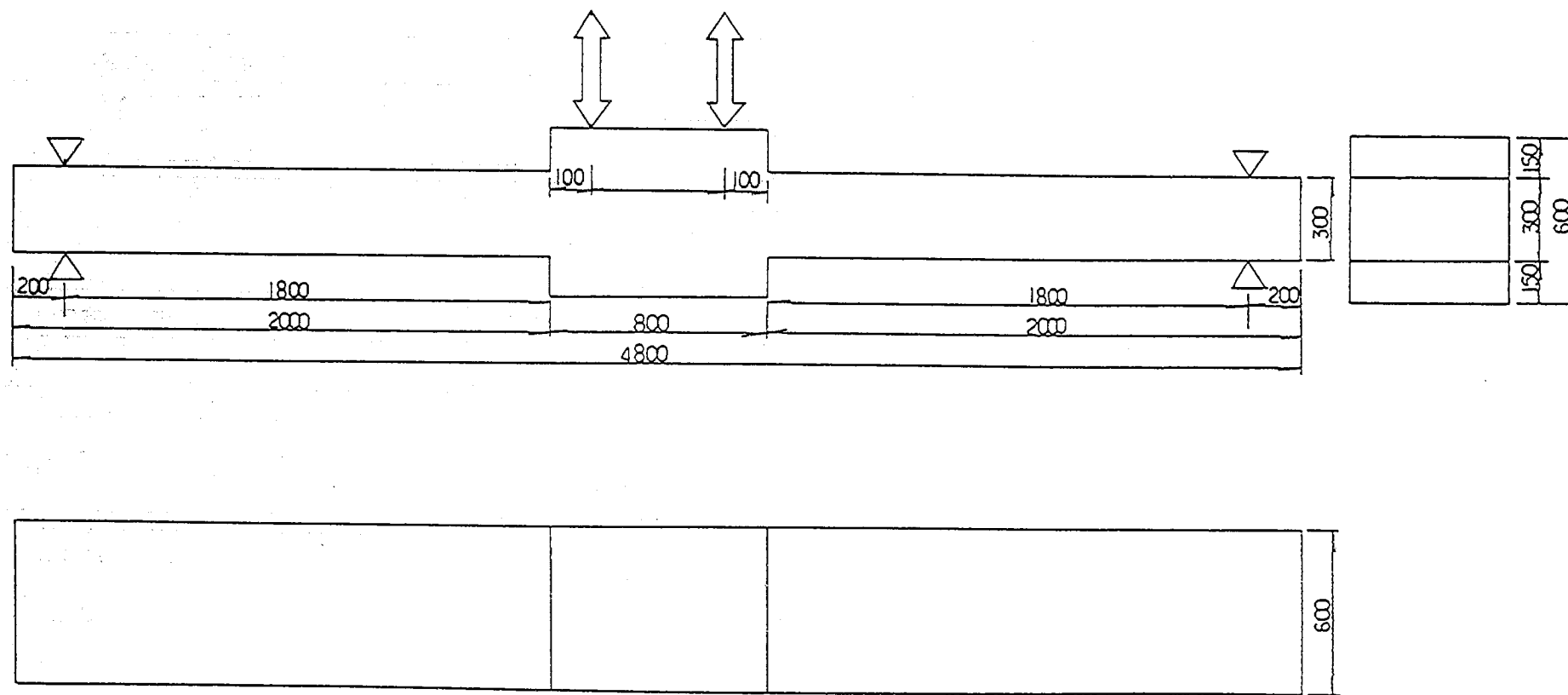


图-1 供試体形状図

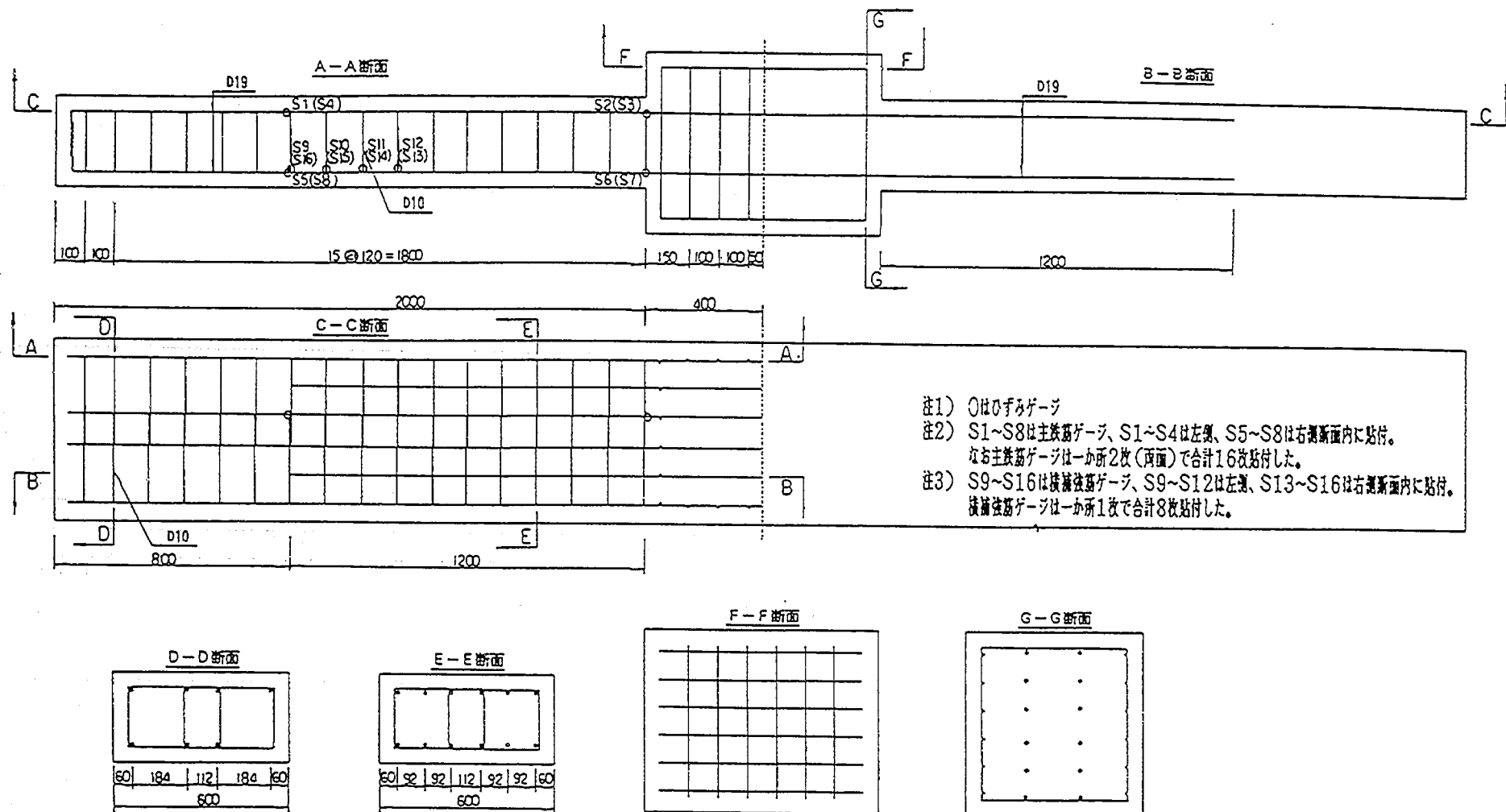
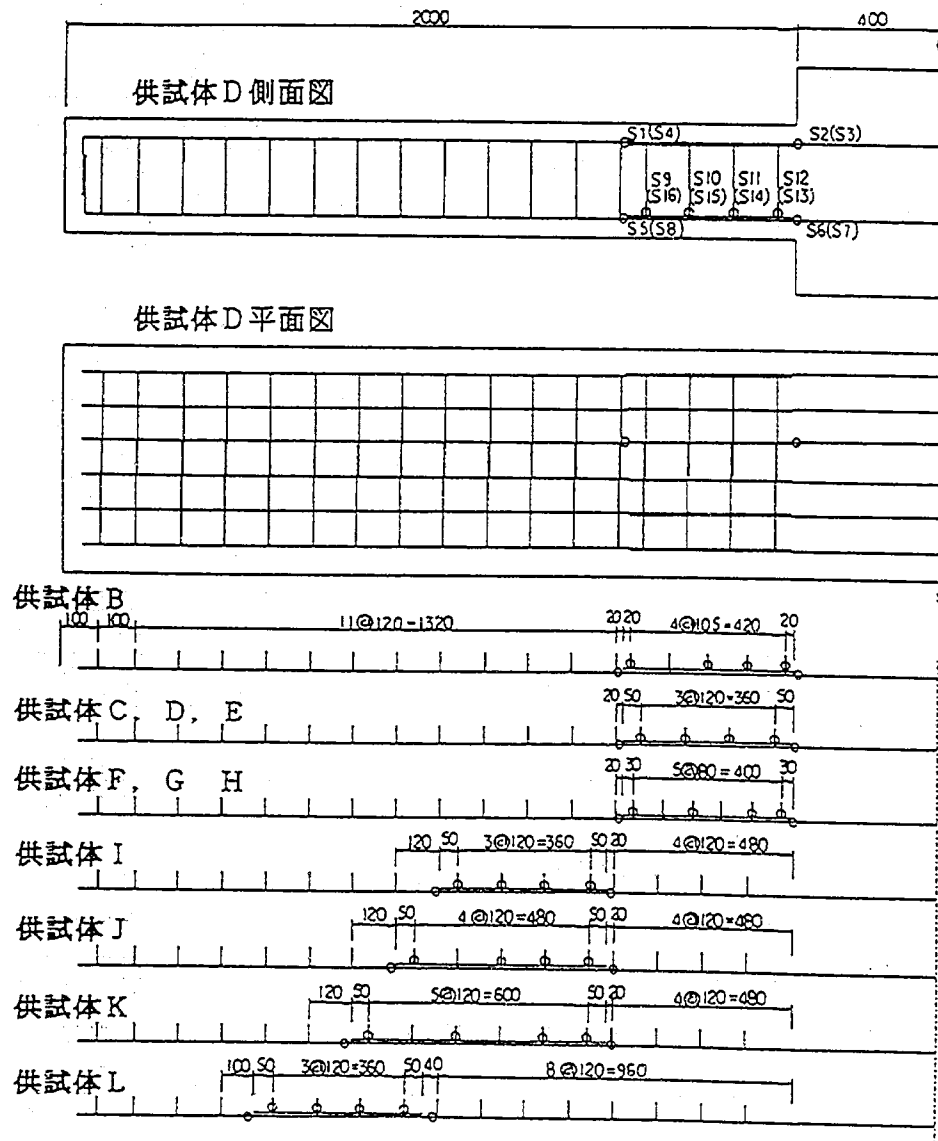
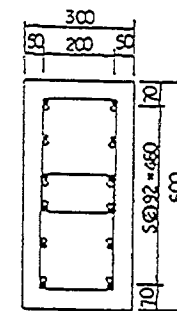


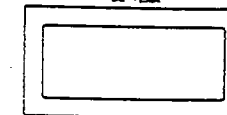
図-2 供試体の配筋図及びひずみゲージ貼付位置図（その1）（供試体A：段落し）



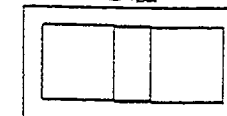
- 注1) 0はひずみゲージ
 注2) S1~S8は主鉄筋ゲージ、S1~S4は左側、S5~S8は右側断面内に貼付。
 なお主鉄筋ゲージは一面2枚(両面)で合計16枚貼付した。
 注3) S9~S16は横筋鉄筋ゲージ、S9~S12は左側、S13~S16は右側断面内に貼付。
 横筋鉄筋ゲージは一面1枚で合計8枚貼付した。



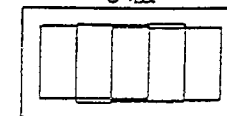
1 組



2 組



3 組



供試体	横筋鉄筋の種類
B	D13
C	D10
F	D 6
D, I~L	D10
G	D 6
E	D10
H	D 6

図-2 供試体の配筋図及びひずみゲージ貼付位置図(その2) (供試体B~L:全数継手)

表-3 鉄筋の引張強度試験結果

鉄筋の種類	No.	降伏荷重 (tf)	最大荷重 (tf)	降伏点 (kg/cm ²)	引張強さ (kg/cm ²)	標点距離(m)		断面積(cm ²)		伸び (%)	絞り (%)
						試験前	試験後	試験前	試験後		
D6	1	-	1.729	-	5251	48.0	58.9	0.3293	0.1538	22.7	53.3
横補強筋	2	1.284	1.707	3790	5184	48.0	60.0	0.3293	0.1353	25.0	58.9
	3	-	1.722	-	5189	48.0	59.6	0.3318	0.1419	24.2	57.2
平均値				3790	5208					24.0	56.5
D6	1	1.245	1.758	3781	5339	48.0	55.7	0.3293	0.1320	16.0	59.9
横補強筋	2	1.274	1.758	3839	5298	48.0	56.5	0.3318	0.1486	17.7	55.2
(溶接部)	3	1.270	1.743	3827	5253	48.0	55.4	0.3318	0.1419	15.4	57.2
平均値				3816	5297					16.4	57.4
D10	1	2.706	4.024	3988	5930	80.0	98.2	0.6786	0.3526	22.8	48.0
横補強筋	2	2.750	4.024	4064	5947	80.0	99.6	0.6767	0.3043	24.5	55.0
	3	2.758	4.020	4125	6013	80.0	101.7	0.6686	0.3167	27.1	52.6
平均値				4059	5963					24.8	51.9
D10	1	2.738	4.022	3952	5806	80.0	95.3	0.6928	0.4243	19.0	38.8
横補強筋	2	2.746	3.950	3997	5750	80.0	96.4	0.6870	0.3968	20.5	55.3
(溶接部)	3	2.750	4.088	3928	5838	80.0	93.6	0.7002	0.3447	17.4	50.8
平均値				3959	5798					19.0	48.3
D13	1	4.330	6.430	3725	5531	104.0	131.0	1.1625	0.6540	26.0	43.7
横補強筋	2	4.420	6.475	3930	5757	104.0	132.2	1.1247	0.7088	27.1	37.0
	3	4.410	6.465	3864	5664	104.0	130.3	1.1413	0.7088	25.3	37.9
平均値				3840	5651					26.1	39.5
D13	1	4.395	6.525	3858	5728	104.0	119.0	1.1391	0.9852	14.4	13.5
横補強筋	2	4.535	6.660	3878	5695	104.0	121.8	1.1695	1.0936	17.1	6.5
(溶接部)	3	4.400	6.470	3779	5558	104.0	115.6	1.1642	0.9076	11.2	22.0
平均値				3838	5660					14.2	14.0
D13	1	4.655	7.075	3882	5900	104.0	131.2	1.1992	0.5281	26.2	56.0
主筋	2	4.930	7.120	4111	5937	104.0	131.1	1.1993	0.6082	26.1	49.3
	3	4.880	7.075	4030	5843	104.0	131.8	1.2108	0.6504	26.7	46.3
平均値				4008	5893					26.3	50.5
D16	1	8.160	11.51	4402	6209	128.0	154.8	1.8539	0.8742	20.9	52.8
主筋	2	8.050	11.39	4362	6169	128.0	158.5	1.8454	1.0297	23.8	44.2
(ロット1)	3	8.055	11.34	4427	6233	128.0	155.6	1.8193	1.0118	21.6	44.4
平均値				4397	6204					22.1	57.6
D16	1	7.455	11.96	4186	6712	128.0	155.0	1.7811	1.2174	21.1	31.6
主筋	2	7.460	11.92	4165	6655	128.0	154.3	1.7912	1.2321	20.5	31.2
(ロット2)	3	7.455	11.91	4201	6712	128.0	152.3	1.7745	1.2668	19.0	28.6
平均値				4184	6693					20.2	30.5
D19	1	11.04	16.28	4021	5930	152.0	192.5	2.7455	0.4871	26.6	82.3
主筋	2	11.38	16.60	4056	5916	152.0	196.8	2.8058	0.5979	29.5	78.7
	3	11.24	16.42	4054	5923	152.0	185.5	2.7724	0.5741	22.0	79.3
平均値				4044	5923					26.0	80.1

注) 横補強筋(溶接部)のD13-2は圧接部で破断した。

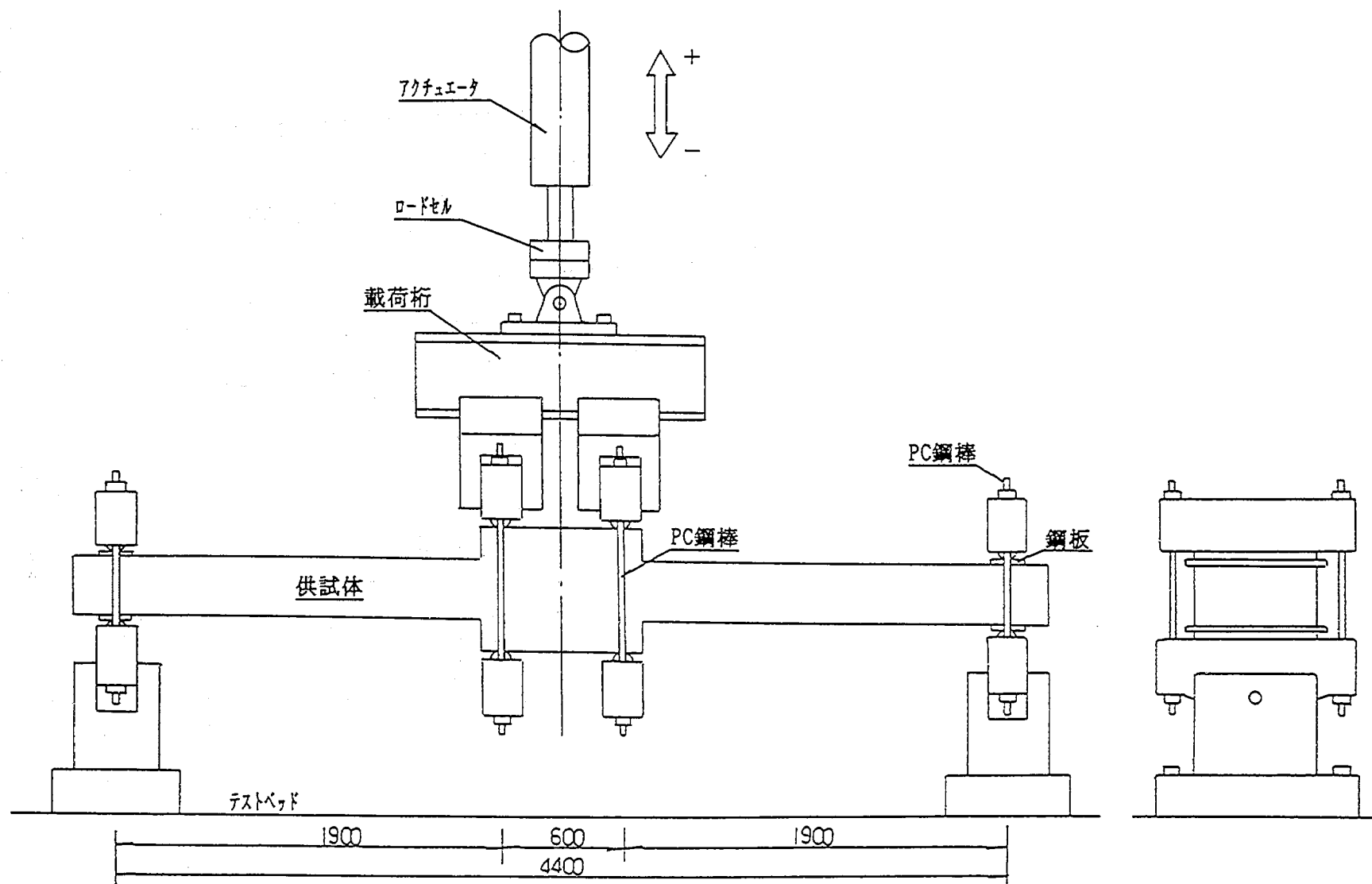
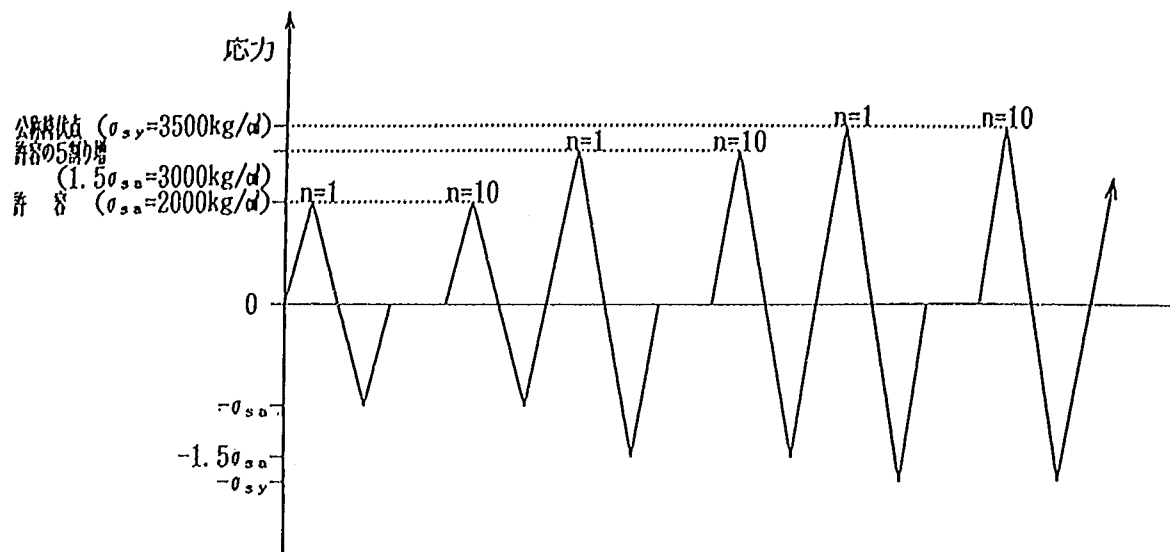
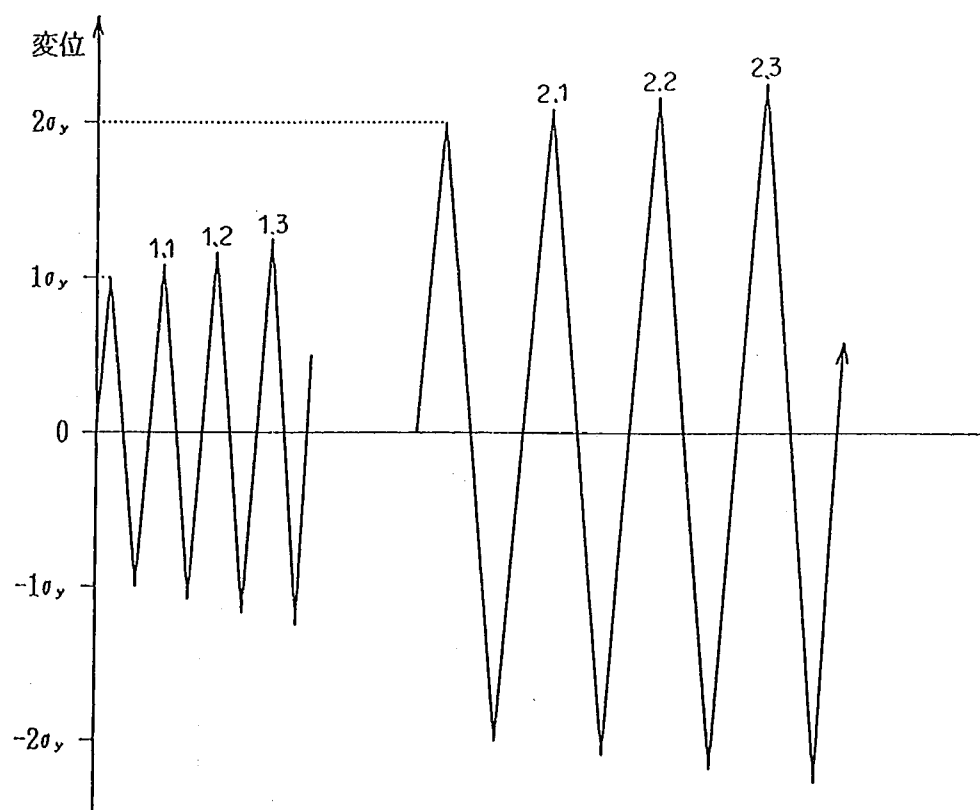


図-3 供試体設置状況図



(1)降伏前 (荷重制御)



(2)降伏後 (変位制御)

図-4 载荷パターン

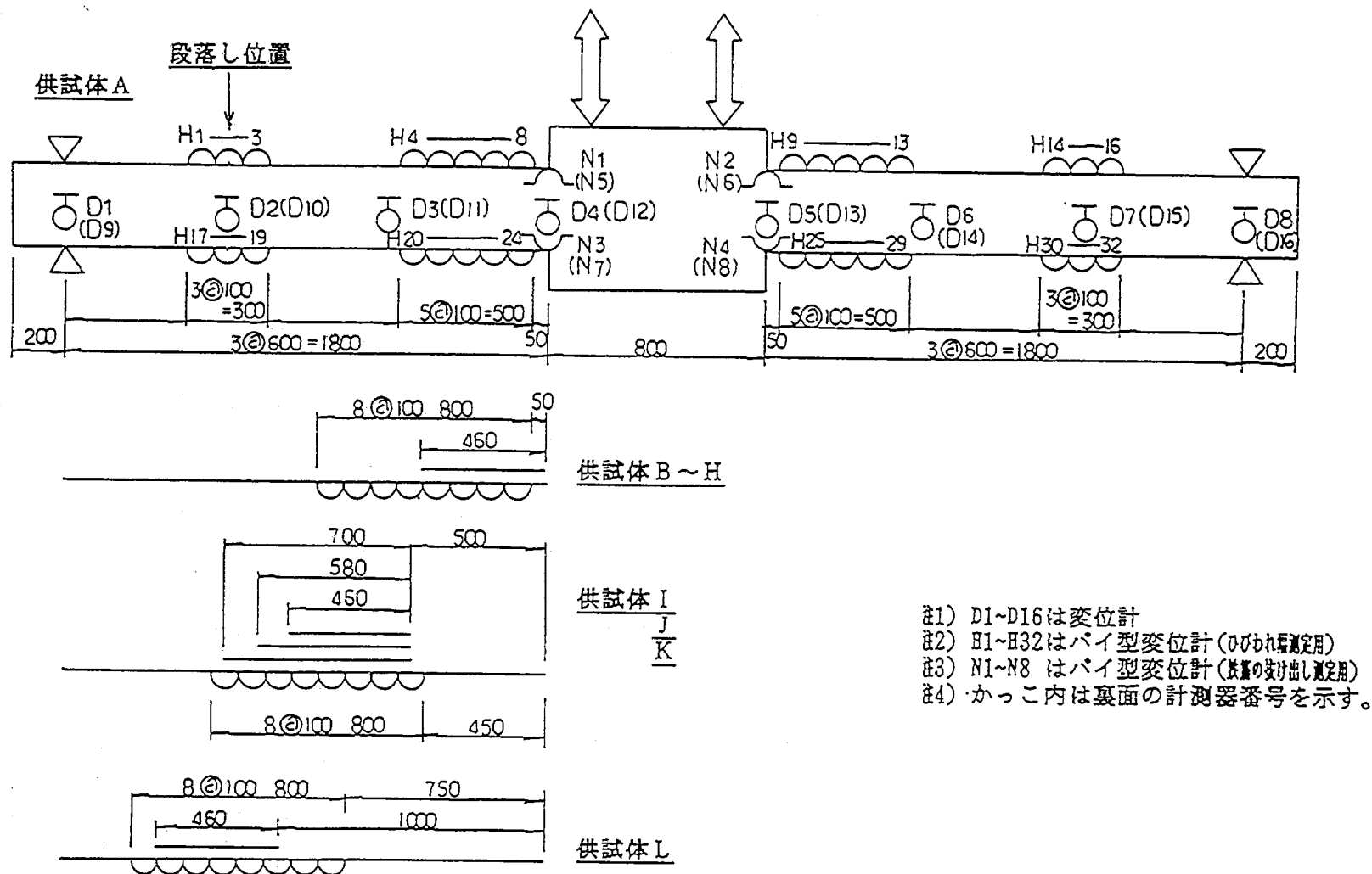


図-5 計測器取り付け位置図

3. 4 実験結果

(1) ひび割れ・破壊状況

ひび割れ状況は、図-6のとおりである。最も危険な位置（基部、1M）に継手を設けた供試体B～Hと0.72Mの位置に設けたIは、先に打設面側で鉄筋に沿った付着割裂ひび割れと何本かの斜めひび割れを生じて破壊した。そのほかの供試体は基部の曲げ破壊であった。

(2) 荷重、たわみ、初期剛性

主な荷重、たわみの結果および破壊形式を表-4に示す。また、図-7に剛性を示す。基部に継手を設けたB～Hの初期剛性は高い。

(3) 荷重-たわみ履歴・包絡線

荷重-たわみ履歴曲線は、図-8のとおりである。また、各要因ごとの荷重-たわみ包絡線の比較を図-9の(a)～(e)に示す。

グラフ右上はコンクリート打設面が引張、左下は底面が引張を表している。全体に付着の弱い打設面（右上）が早く破壊している。

図-8より、付着割裂ひび割れを生じた供試体B～Hは、付着割裂ひび割れ発生後急激に耐力が低下したが、そのほかの供試体はきれいな紡錘形の履歴曲線を描いており、エネルギー吸収が大きく、じん性に富んでいることが分かる。

図-9の(a)図は、継手位置の比較であり、D（継手位置1M）は $1.6\delta y$ 、I（継手位置0.72M）では $4.2\delta y$ で付着割裂破壊を生じた。Lは、継手部の異常はまったくなく、継手位置をモーメントの小さいほうに設けることによって付着割裂破壊を防ぐことができる。

(b)図は、継手長の比較であるが、継手位置0.72Mで実施したため、I（継手長 24ϕ ）が $4.2\delta y$ で破壊したものの、そのほかは曲げ破壊であった。

(c)～(e)図は横補強筋の関係であり、横補強筋が多いほどじん性が改善される傾向にあった。(c)図は横補強筋比を一定にしておき鉄筋径D13～D6を使用した場合であるが、あまり違いはない。(d)図は、横補強筋D10で補強筋の組数を1～3組にした場合であり、組数を増やすほどじん性は改善されている。一方、(e)図は、同じくD6で組数を変えた場合であるが、1組のFは主鉄筋の降伏前に割裂破壊したが、2組、3組のG、Hはほぼ同じであった。Hは、主鉄筋降伏直後に鉄筋に沿った割裂ひび割れを生じたものである。

(4) 横補強筋のひずみ

横補強筋のひずみを図-10および11に示す。ゲージを底面の主鉄筋付近に貼付したため、先に付着割裂破壊したのが打設面であったことから、あまりよく測定されてはいないものの、図-10より付着割裂破壊は、ひずみ $200\sim 300 \times 10^{-6}$ 程度で生じておりコンクリートの引張ひび割れ発生時のひずみに近いこと、ひび割れ発生以後のひずみ増加は、横補強筋量が少ないほど、

また鉄筋径が細いほど大きい傾向にある。この結果より、D6の横補強筋を使用したG、Hは、ひび割れ発生後のひび割れの抑制効果が少なく、特に組数を増やしても最外縁では鉄筋径は同じであり、じん性の改善効果があまり期待できなかったものと考えられる。

(5) ひび割れ幅

図-12にひび割れ幅の分布および基部で主鉄筋が降伏のときの計算値を示す。計算は、標準示方書に基づいて行った。基部に継手を設けた場合、継手両端部に計算値よりもかなり大きいひび割れを生じている。継手位置をモーメントの小さいほうにした場合は、ほぼ計算値どおりになっている。耐久性の面からも継手位置は基部から離すほうがよい。

(6) 付着割裂強度

主鉄筋降伏までに付着割裂破壊したC、F、Hについて、継手始点のひずみより付着割裂強度を求めると表-5のとおりであった。

表-5 付着割裂強度

供試体	破壊位置	付着割裂強度 (kgf/cm ²)					
		実験結果		計算値		実/計	
			打/底	①	②	①	②
C	打設面	35.6	0.94	26.7	39.9	1.33	0.89
	底面	37.9		34.7	51.8	1.09	0.73
F	打設面	31.8	0.84	25.9	34.6	1.23	0.92
	底面	38.0		33.6	45.0	1.13	0.84
H	打設面	38.2	0.94	29.3	55.6	1.30	0.67
	底面	40.8		38.2	72.2	1.07	0.57

注) 計算値は、オランガン式により、

①は横補強筋の効果をひずみ測定結果から500kgf/cm²とした場合。

②オランガンの提案どおり降伏点とした場合。

打設面の計算値は、底面の1/1.3とした。

オランガン式²⁾では横補強筋の効果を鉄筋の降伏まで考えているが、今回の実験結果では、ひび割れの発生するときのひずみ(200~300×10⁻⁶)程度しか効果はなかった。

(7) 横補強筋量とじん性

横補強筋比と塑性率の関係を図-13に示す。図中のアルファベットは、供試体番号である。

ここで、横補強筋比は次式で定義する。

$$\text{横補強筋比} = \frac{\text{単位長さ当りの全横補強筋量}}{\text{全主鉄筋量}} = \frac{n \cdot A_w}{N \cdot A_s} \times \frac{100}{s}$$

ここに、 n ：単位長さ当たりの横補強筋組数、 A_w ：横補強筋1組当たりの断面積、 s ：横補強筋間隔、 N ：主鉄筋本数、 A_s ：1本の主鉄筋断面積。

図-13は、横補強筋比が増加すればじん性は向上することを示している。 H は、(4)のように横補強筋の径を太くすることにより改善できるとすれば、横補強筋比が100%以上であれば主鉄筋の降伏程度までは付着割裂破壊強度を確保できるものと考えられる。

(8) 等価粘性減衰定数

今回の実験結果では、打設面と底面で付着割裂破壊を生じる時期が異なるなど、ひび割れ・破壊パターンが異なるため、図-14のように打設面と底面で分けて等価粘性減衰定数を求めた結果が図-15である。

付着割裂破壊を生じた場合((1)~(3)図)、破壊時から減衰定数が低下し、供試体Aより小さくなっており、変形性能が低下していることを示している。継手位置をモーメントの小さいほうに設けた場合や継手長を伸ばした場合((4)、(5)図)は、Aとほぼ同じであり、十分変形性能を有している。

3. 5 まとめ

以上の結果より、橋脚のように大変形の正負繰返しを受ける部材に全数継手を設けるには、次のことを考慮することにより十分なじん性を得ることが明らかになった。

- ① 継手位置は、基部から十分離れた位置とすること。
- ② 継手長は、継手位置との関係もあるが、標準示方書の規定以上必要である。
- ③ 横補強筋が付着割裂ひび割れを抑制する効果は、わずかである。
- ④ 付着割裂ひび割れ強度を主鉄筋の降伏点程度まで確保するには、横補強筋量は横補強筋比にして100%程度必要である。

【参考文献】

- 1)河野ほか；自動化に適したコンクリート構造物の設計・施工技術の開発に関する共同研究報告書(1)、共同研究報告書第89号、1993.3
- 2)C.Orangun, J.O.Jirasa and J.E.Breen；A Reraluation of test on Development Length and Splice, ACI Journal, 1977.3

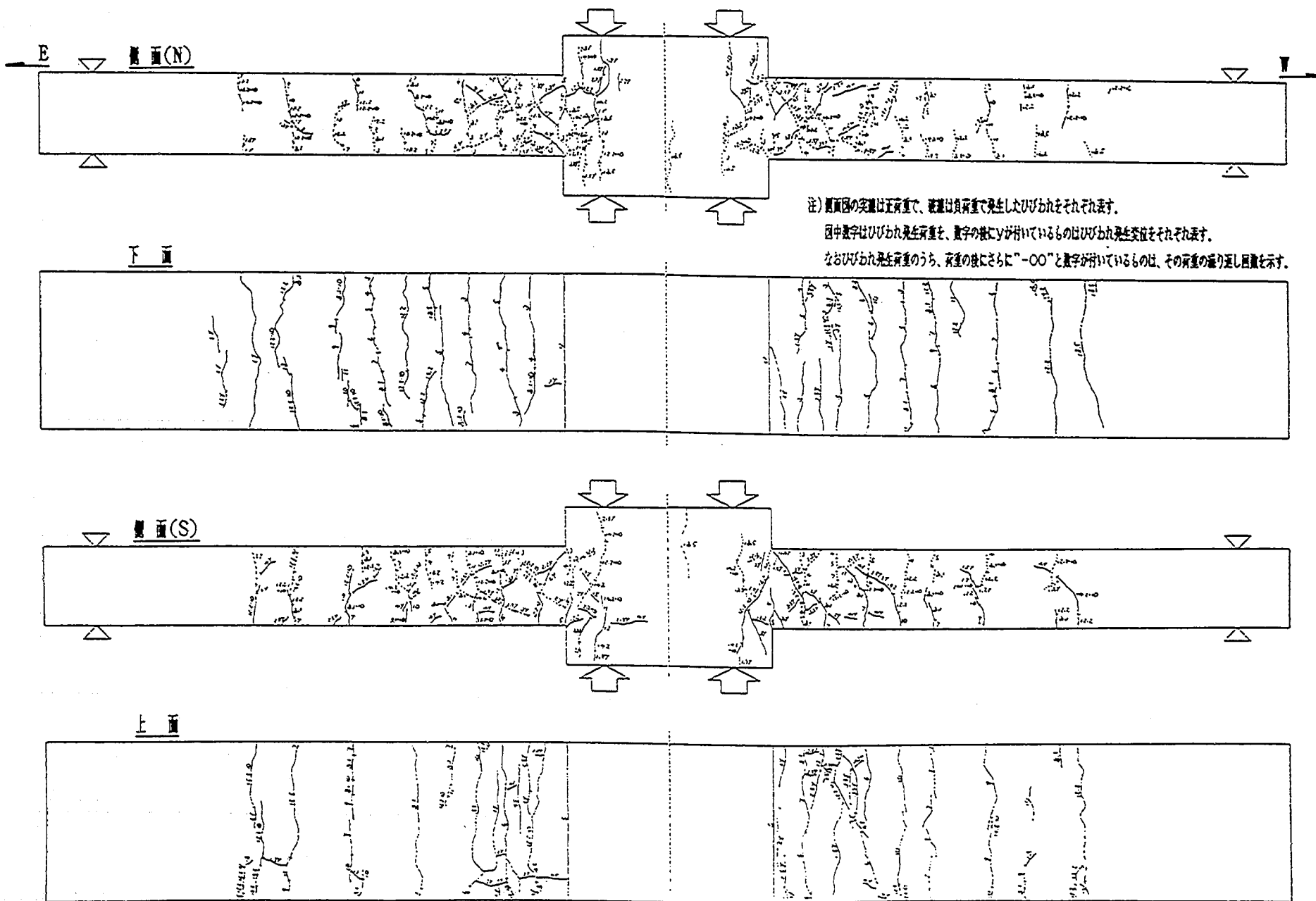


図-6 ひびわれ状況 供試体A:コンクリートひびわれ図

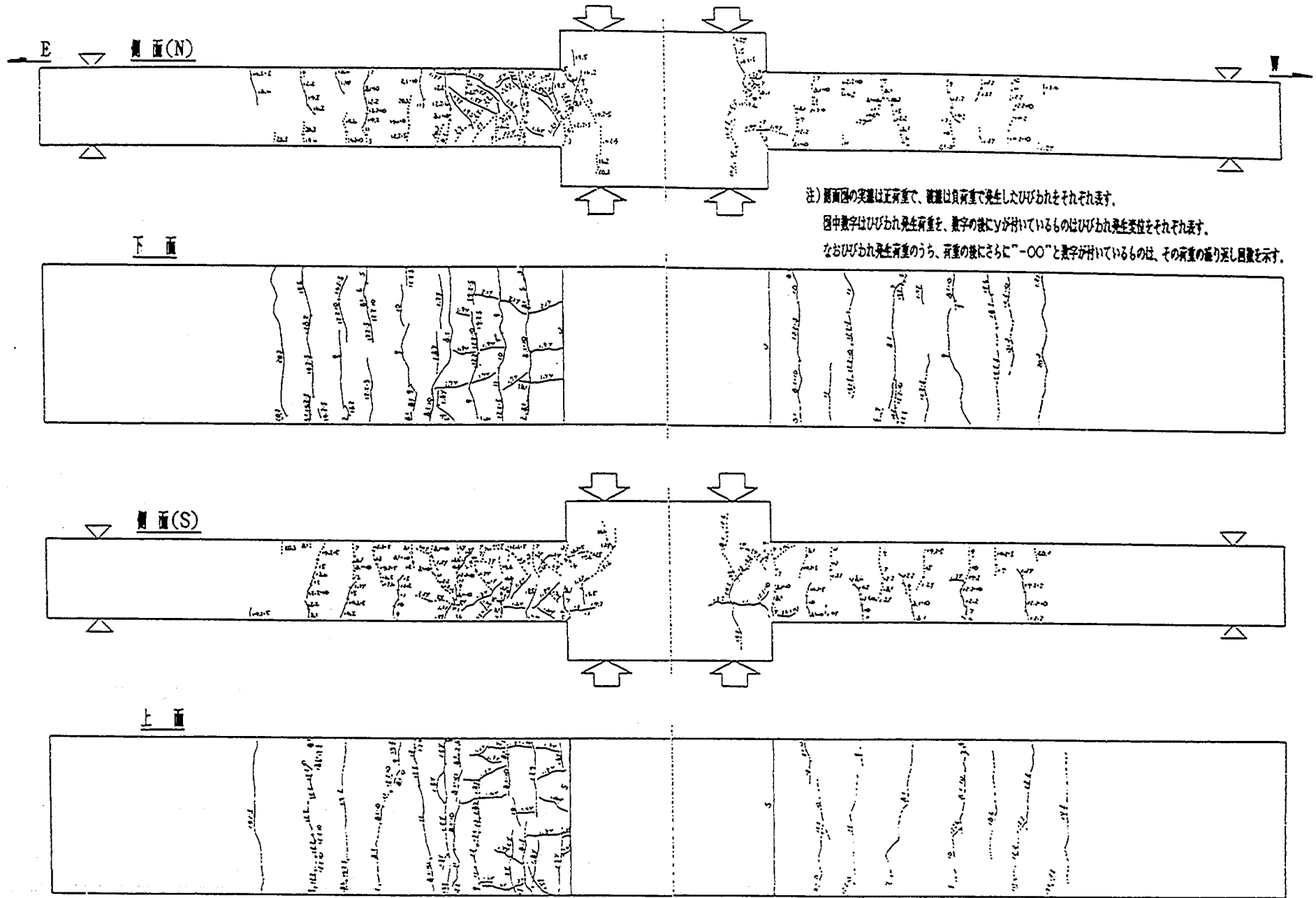


図-6 ひびわれ状況 供試体B：コンクリートひびわれ図

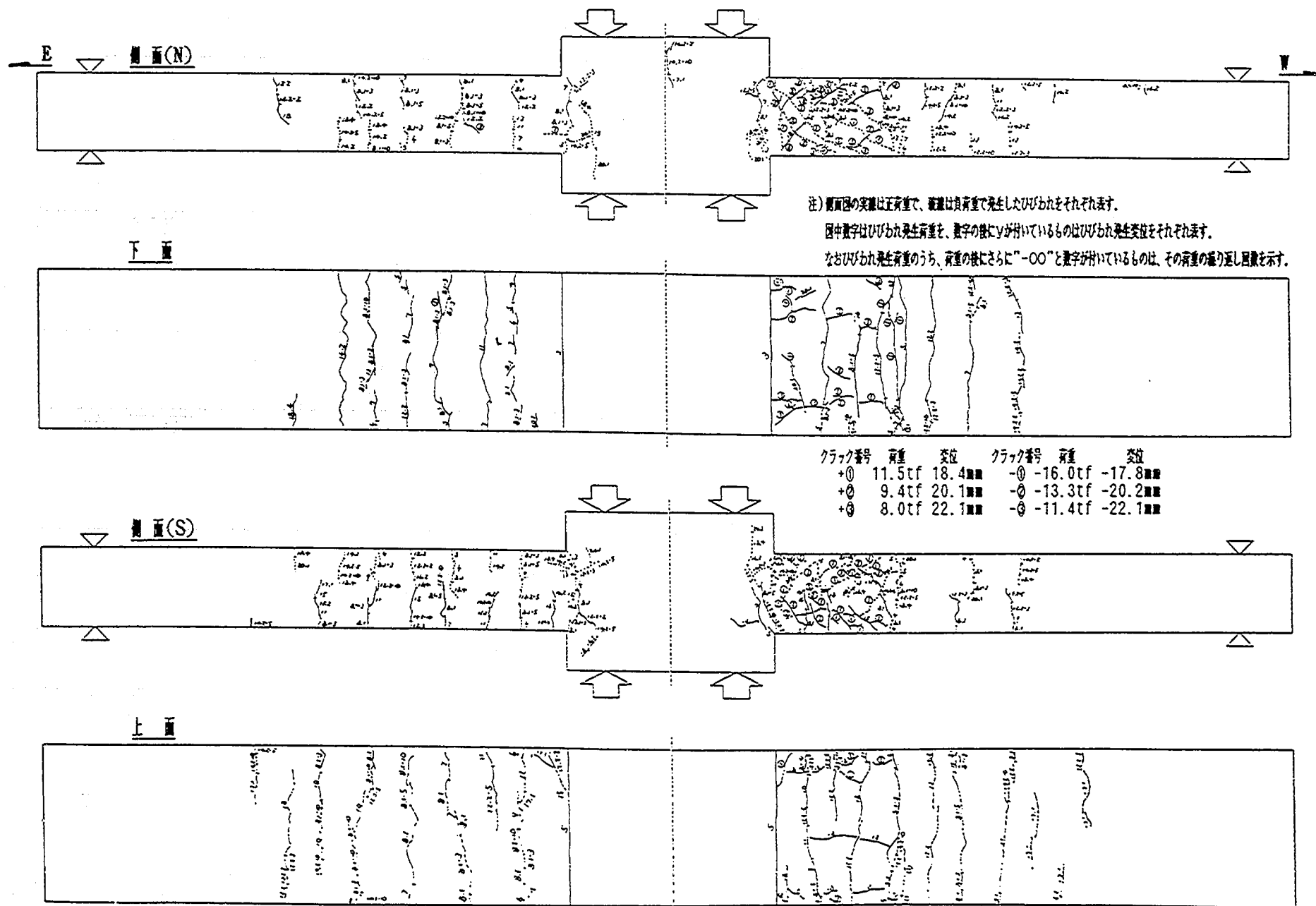


図-6 ひびわれ状況 供試体C：コンクリートひびわれ図

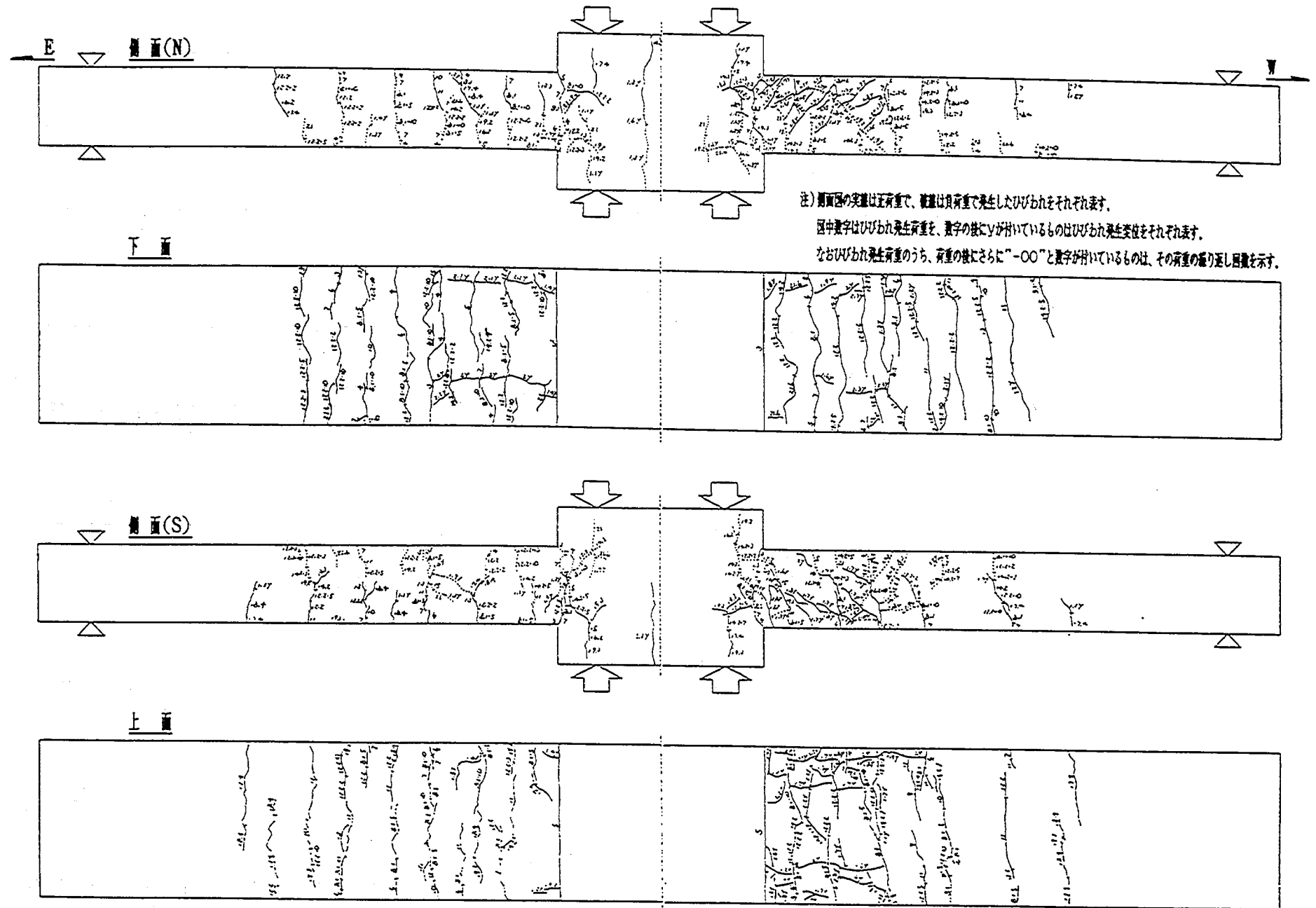


図-6 ひびわれ状況 供試体D：コンクリートひびわれ図

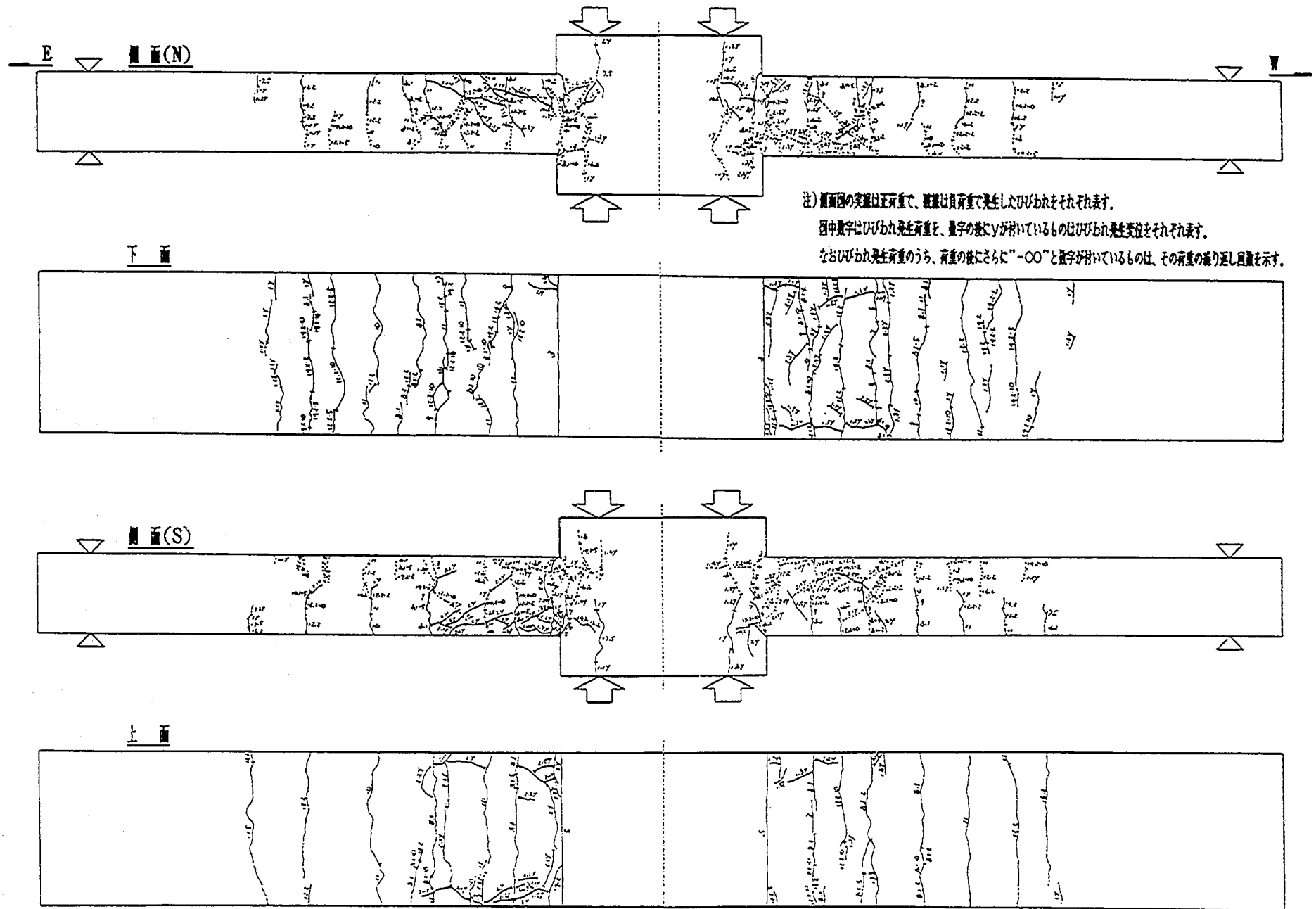


図-6 ひびわれ状況 供試体E：コンクリートひびわれ図

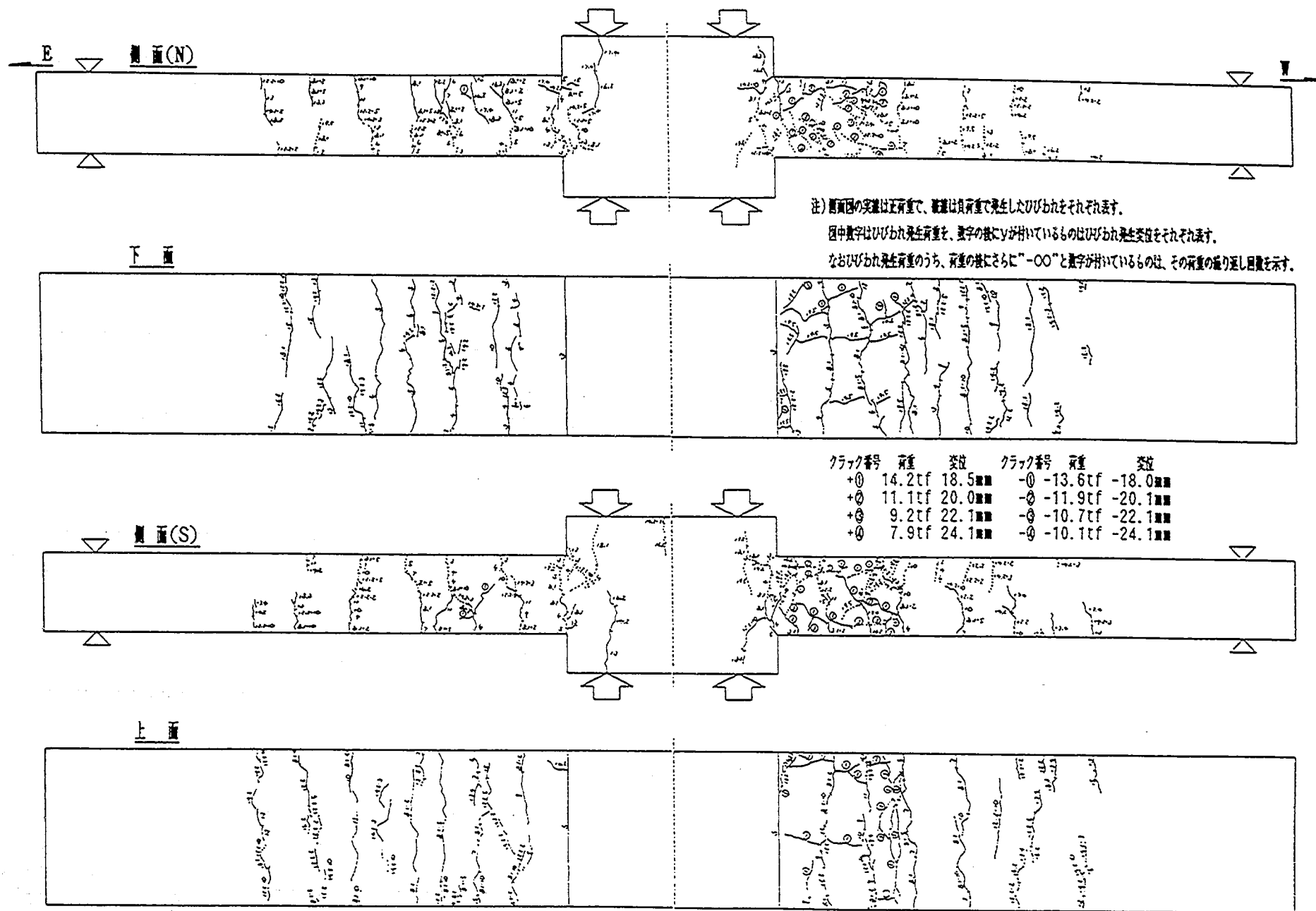


図-6 ひびわれ状況 供試体F：コンクリートひびわれ図

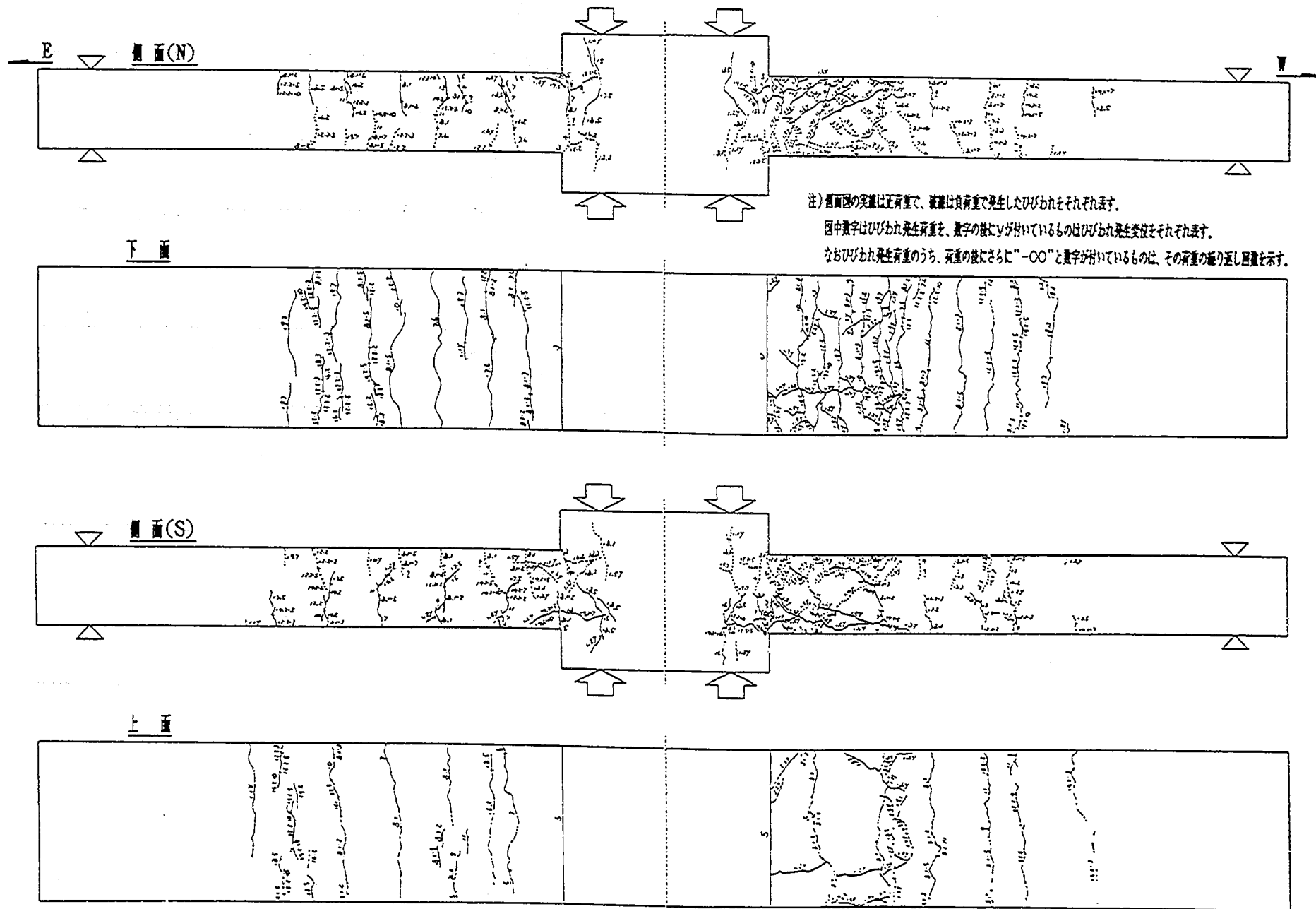


図-6 ひびわれ状況 供試体G:コンクリートひびわれ図

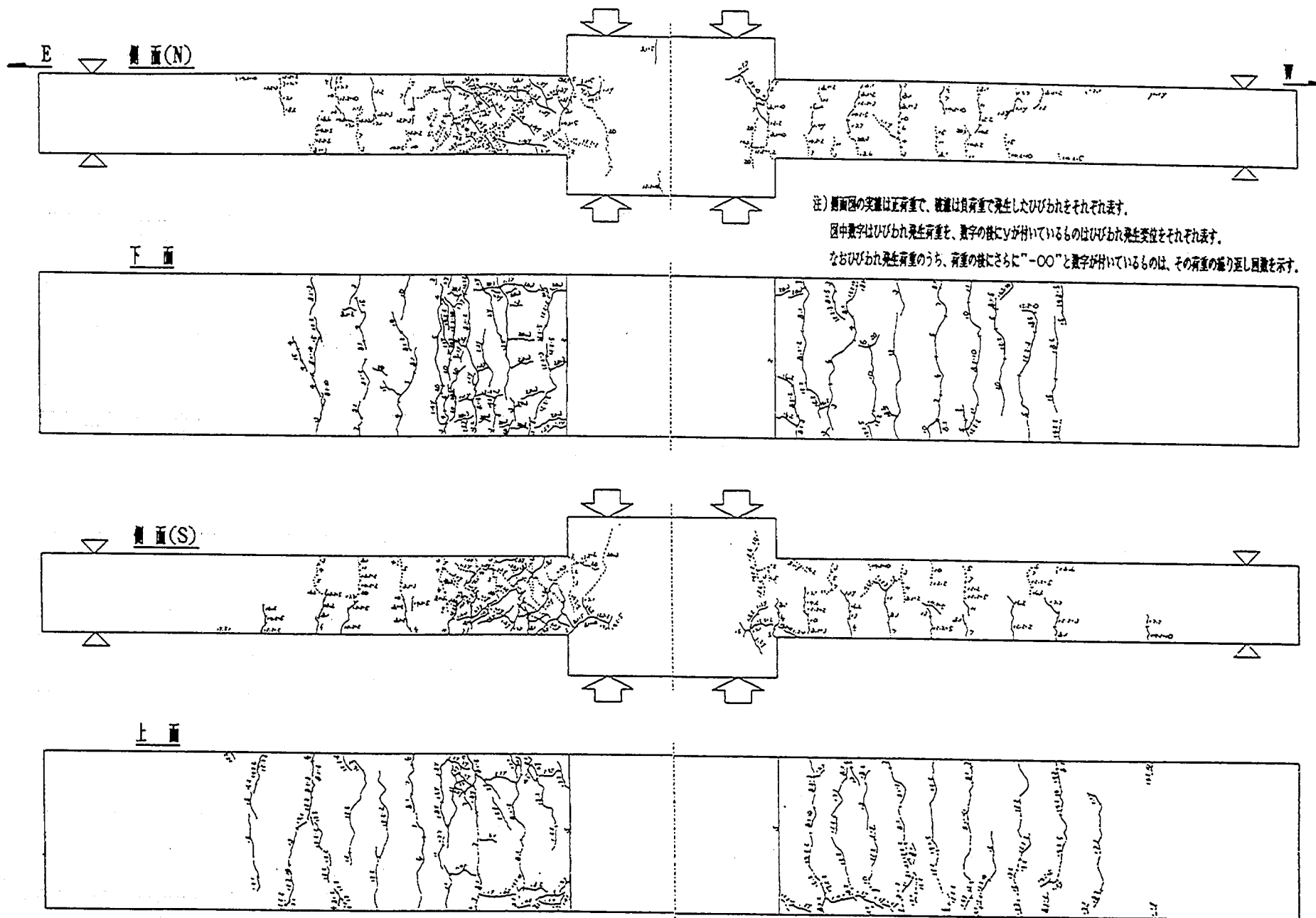


図-6 ひびわれ状況 供試体H：コンクリートひびわれ図

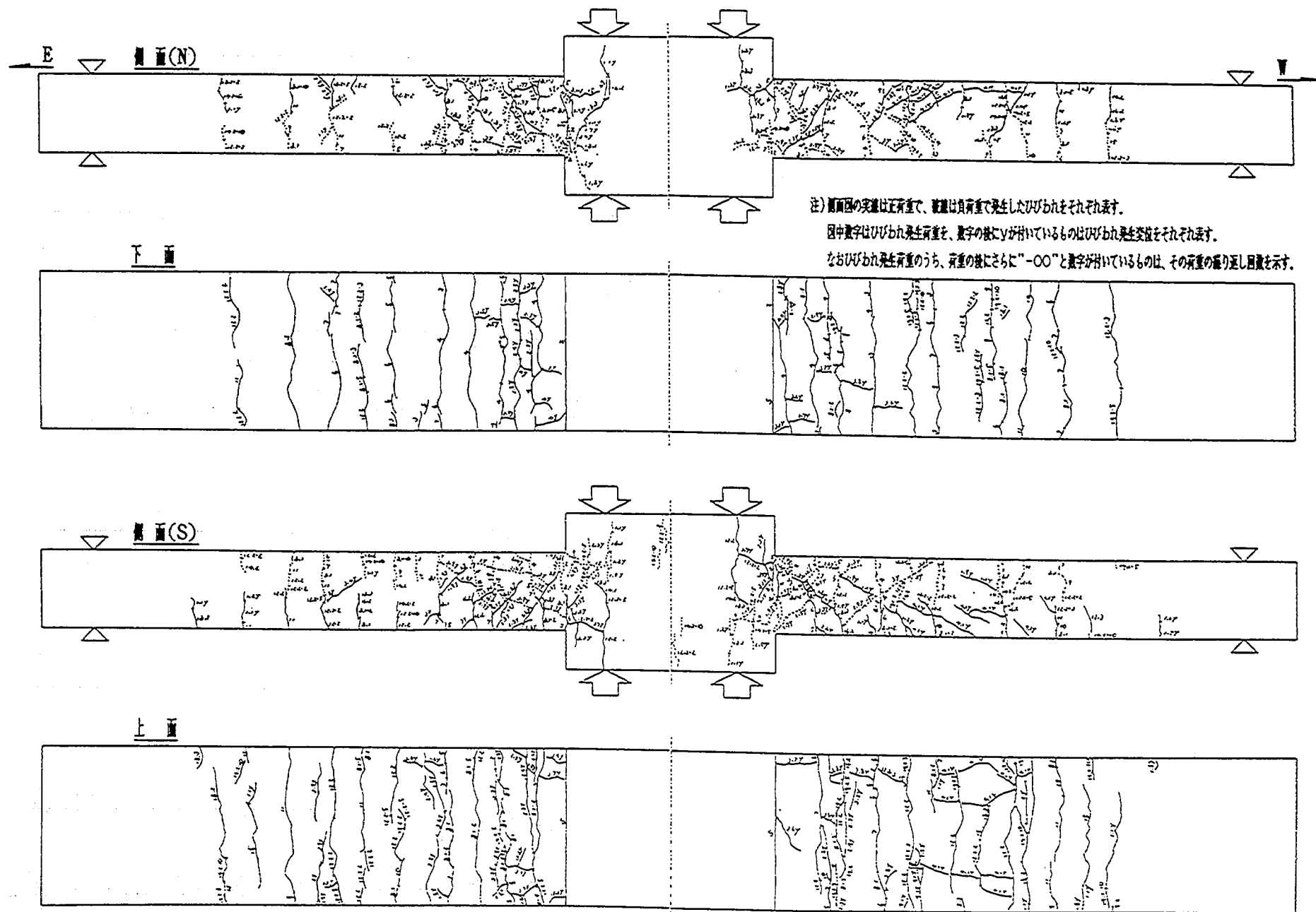


図-6 ひびわれ状況 供試体 I : コンクリートひびわれ図

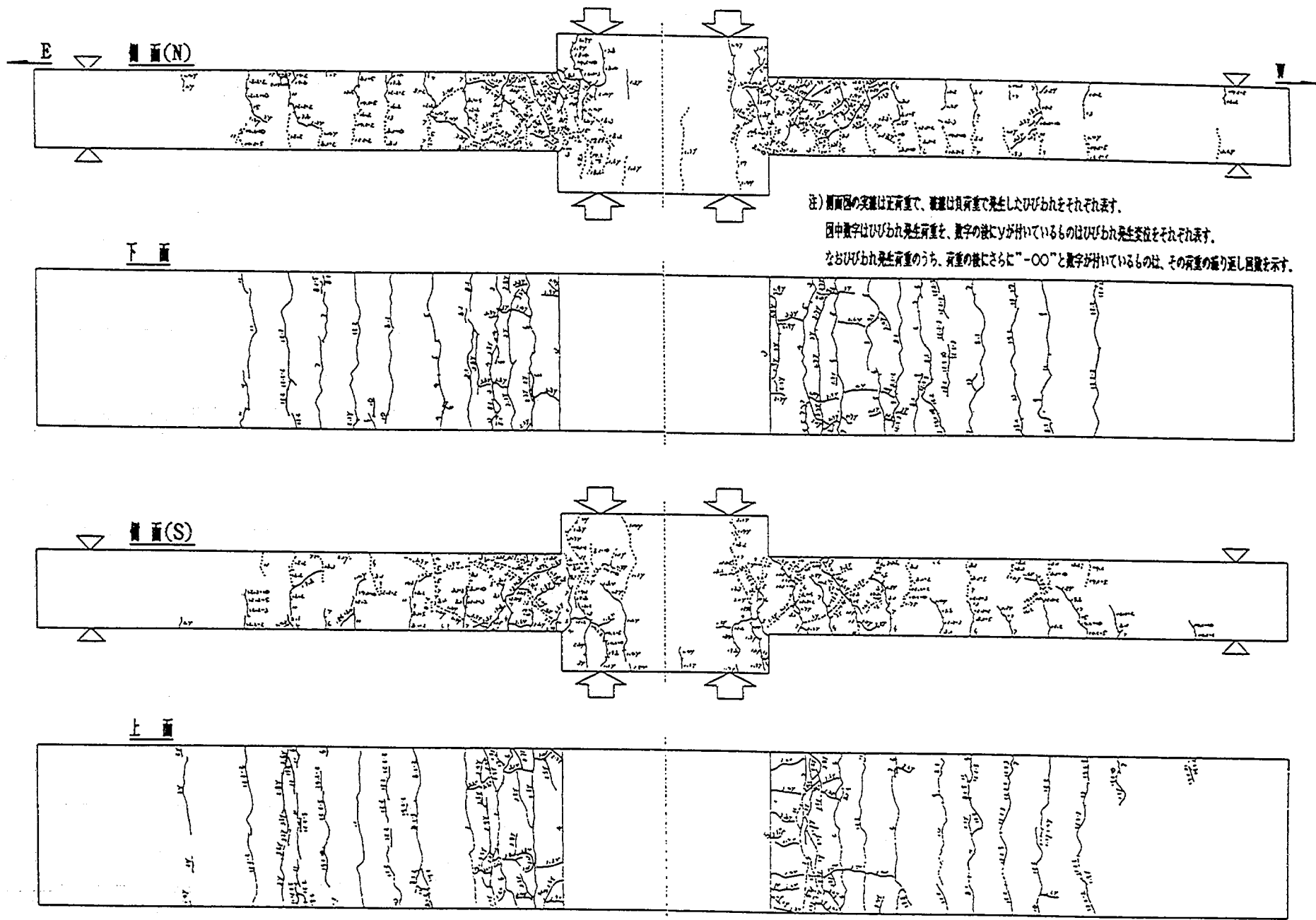


図-6 ひびわれ状況 供試体J：コンクリートひびわれ図

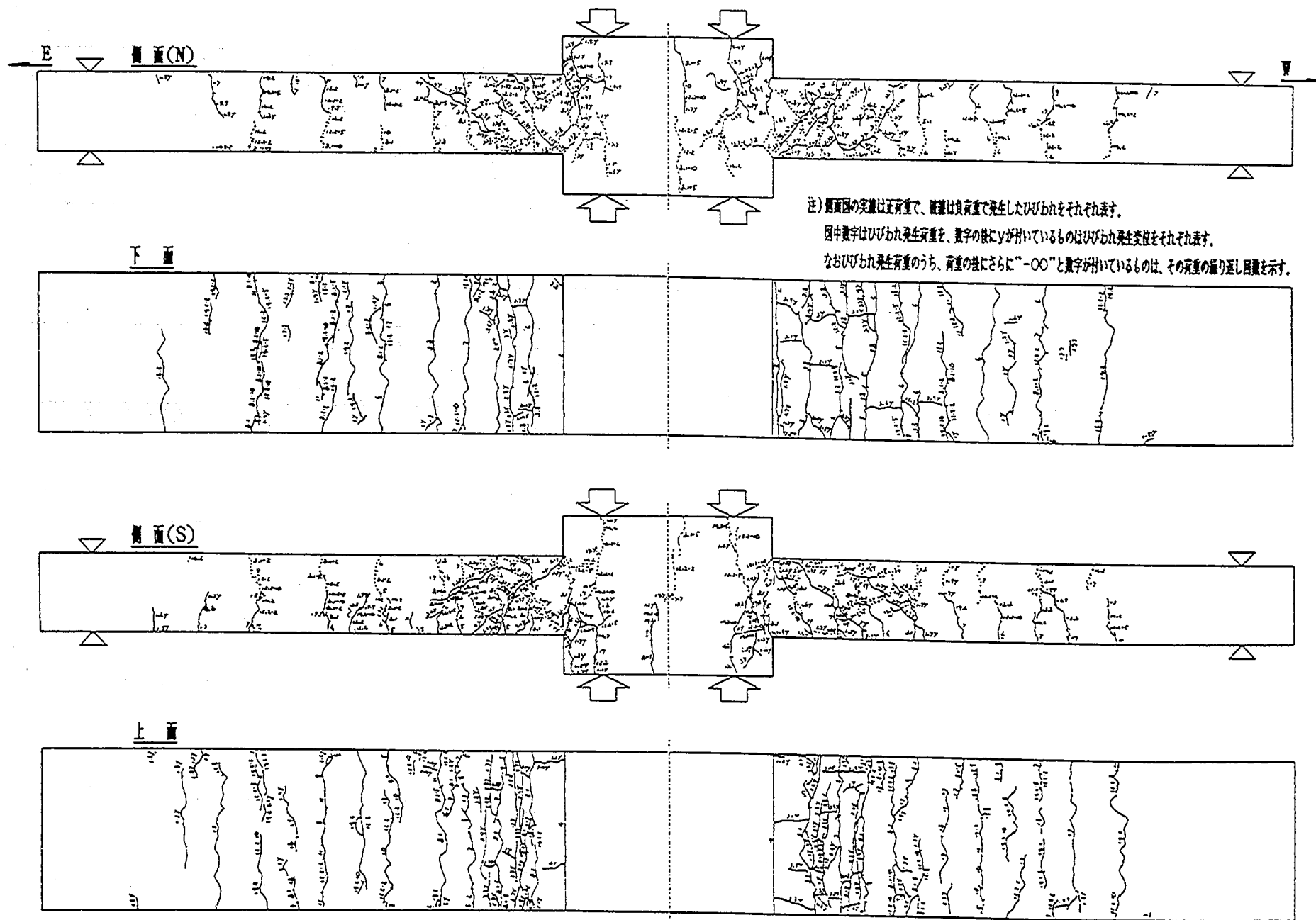


図-6 ひびわれ状況 供試体K：コンクリートひびわれ図

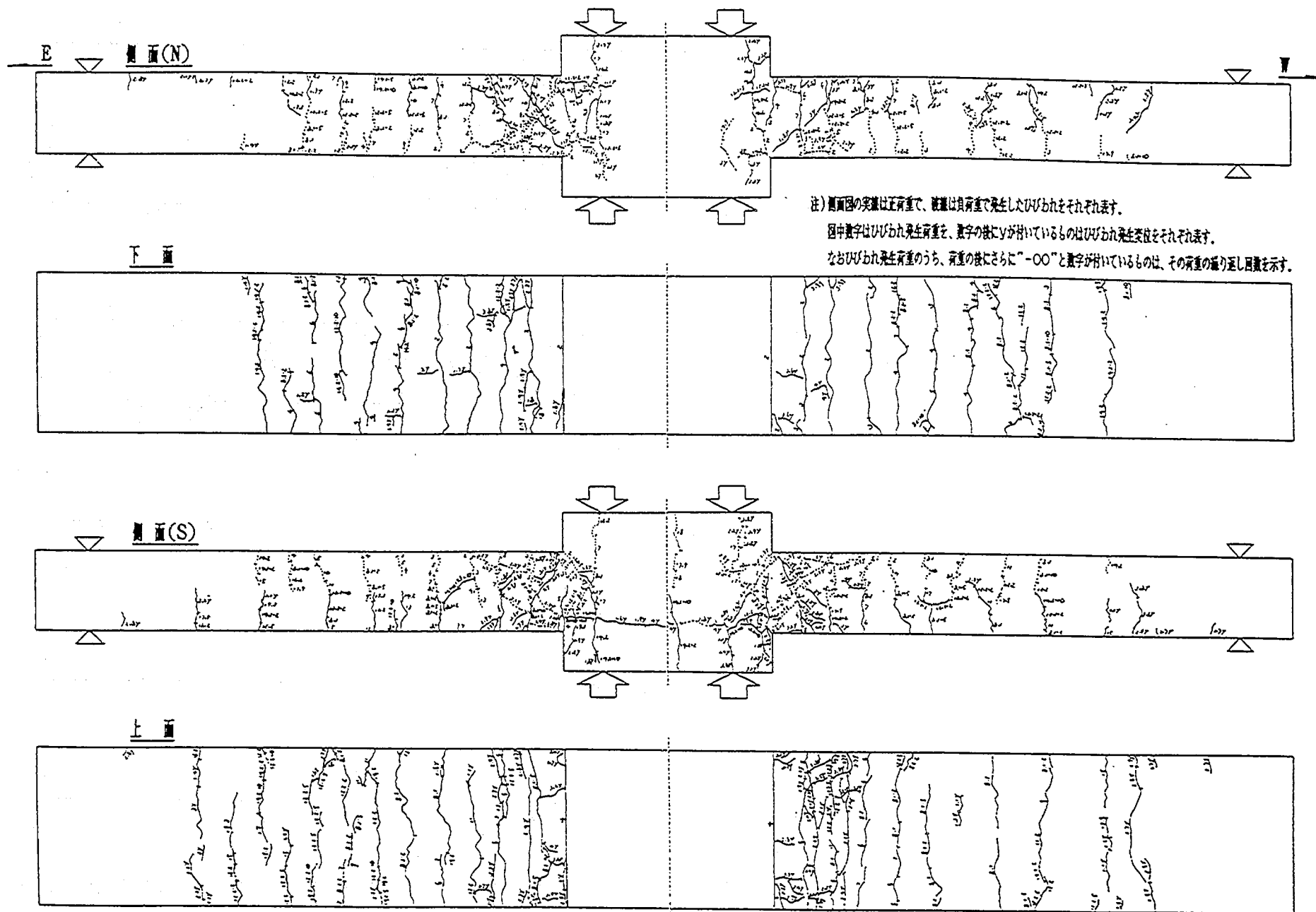


図-6 ひびわれ状況 供試体L:コンクリートひびわれ図

表-4 実験結果 (荷重、たわみ)

供試体		計算上の主鉄筋引張応力に達する荷重時のたわみ (mm)														実 降 伏 点				割裂ひび割れ 発 生 時		破壊形式
		許容 $\sigma_s=2000$				許容の5割増 $\sigma_s=3000$				公称降伏点 $\sigma_s=3500$				$\sigma_s=4000$								
		8. 1tf				12. 2tf				14. 2tf				16. 2tf								
		1回	平均	10回	平均	1回	平均	10回	平均	1回	平均	10回	平均		平均	荷重	平均	たわみ	平均	荷重	たわみ	
A	正	5.25	4.95	5.97	5.44	10.28	9.67	11.37	11.13	13.28	12.94	14.00	13.78	15.84	15.48	19.43	19.16	20.10	20.10			曲げ圧縮
	負	4.65		4.91		9.06		10.89		12.59		13.55		15.11		18.84		20.10				
B	正	3.37	3.32	4.07	3.84	6.94	6.19	7.94	7.02	9.81	8.68	11.10	9.88	12.80	11.50	19.47	19.89	17.10	16.59	18.92	24.15	付着割裂
	負	3.26		3.60		5.43		6.10		7.55		8.66		10.19		20.31		16.07		21.85	30.13	
C	正	3.74	3.66	4.83	4.42	7.60	6.78	8.63	7.64	10.05	9.09	11.36	10.40	13.15	12.00					17.98	16.69	付着割裂
	負	3.58		4.01		5.95		6.65		8.13		9.43		10.85						20.17	15.48	
D	正	3.59	3.40	4.27	3.95	7.05	6.52	8.33	7.55	9.70	8.89	10.69	9.76	12.35	11.18	19.28	20.45	17.03	16.56	18.49	28.07	付着割裂
	負	3.21		3.62		5.98		6.77		8.08		8.82		10.01		21.61		16.08		25.07	36.39	
E	正	3.74	3.36	4.42	3.93	7.96	7.22	9.15	8.36	10.73	9.64	11.92	10.83	13.63	12.26	18.52	19.21	16.82	16.15	18.97	36.10	付着割裂
	負	2.98		3.43		6.48		7.57		8.55		9.73		10.89		19.90		15.48		24.17	40.09	
F	正	3.87	4.00	4.51	4.58	7.30	6.98	8.75	8.38	10.40	9.89	11.79	10.99	13.46	12.68	19.52	18.90	16.00	16.86	19.52	16.00	付着割裂
	負	4.13		4.64		6.66		8.01		9.37		10.18		11.89		18.27		17.72		18.27	17.72	
G	正	3.75	3.72	4.46	4.29	7.58	6.85	8.79	8.24	10.45	9.67	11.62	10.84	13.44	12.40	18.53	19.14	16.76	16.25	17.35	26.12	付着割裂
	負	3.68		4.12		6.11		7.68		8.88		10.05		11.35		19.74		15.73		21.18	28.11	
H	正	4.02	3.99	4.80	4.63	8.42	7.83	9.73	8.97	11.38	10.42	12.93	11.60	14.98	13.35	18.20	19.24	18.80	17.83	18.20	18.80	付着割裂
	負	3.95		4.45		7.23		8.20		9.45		10.26		11.72		20.28		16.85		20.28	16.85	
I	正	4.45	5.12	5.26	6.04	8.98	9.81	10.40	11.27	12.12	12.95	13.18	13.97	15.03	15.73	18.25	18.16	17.56	17.94	22.00	80.22	付着割裂
	負	5.79		6.82		10.64		12.14		13.77		14.75		16.42		18.07		18.31				
J	正	4.70	5.32	5.41	6.08	9.27	9.79	10.53	10.97	12.25	12.63	13.12	13.44	14.92	15.19	19.83	19.06	20.01	20.01			曲げ圧縮
	負	5.93		6.75		10.31		11.41		13.00		13.76		15.46		18.28		20.01				
K	正	4.50	5.46	5.19	6.28	8.77	9.82	9.68	9.70	11.34	12.44	12.20	13.27	13.83	14.92	19.87	18.73	20.03	20.00			曲げ圧縮
	負	6.41		7.36		10.86		9.71		13.54		14.34		16.01		17.59		19.96				
L	正	6.20	5.80	6.97	6.58	10.79	10.45	11.83	11.51	13.55	13.22	14.48	14.06	16.23	15.81	19.29	18.55	20.08	20.05			曲げ圧縮
	負	5.39		6.19		10.11		11.18		12.89		13.64		15.38		17.80		20.02				

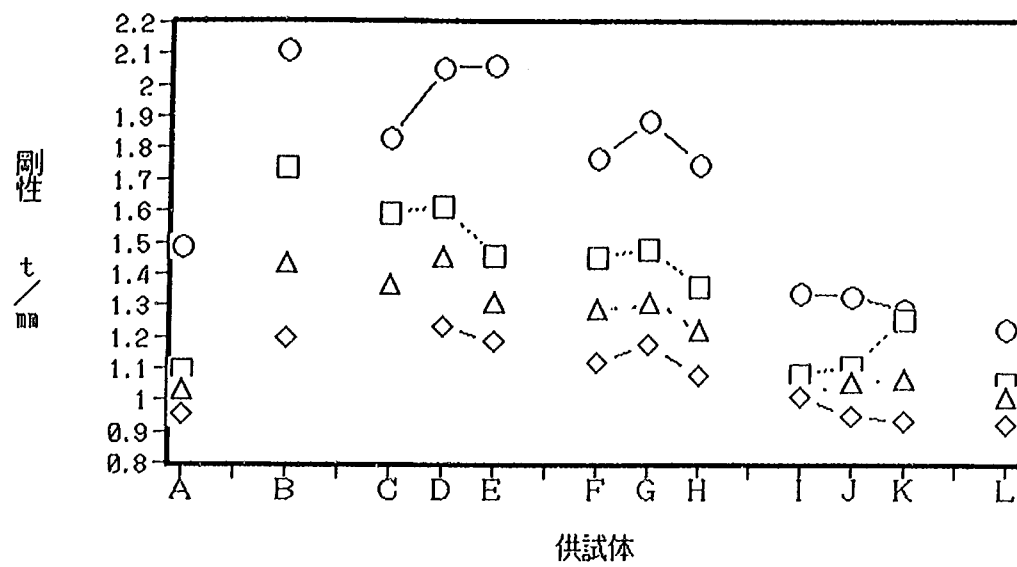
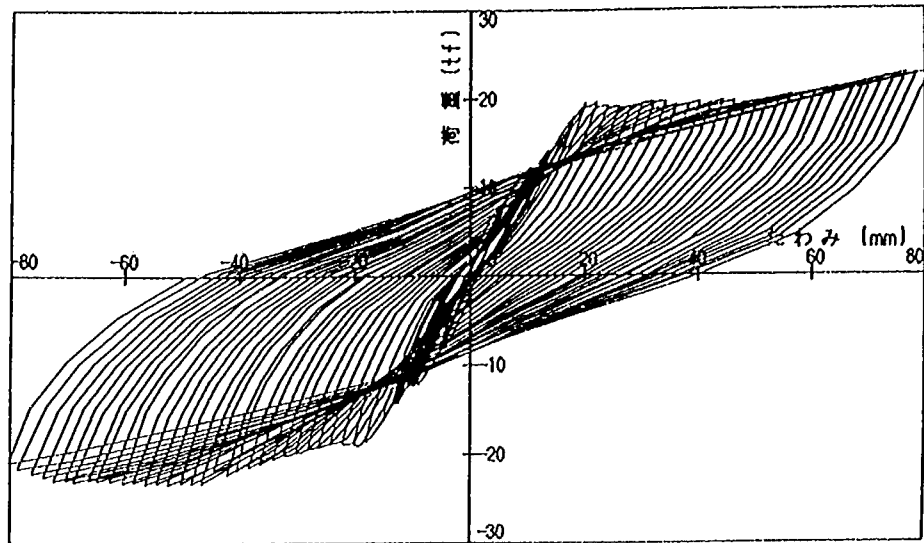
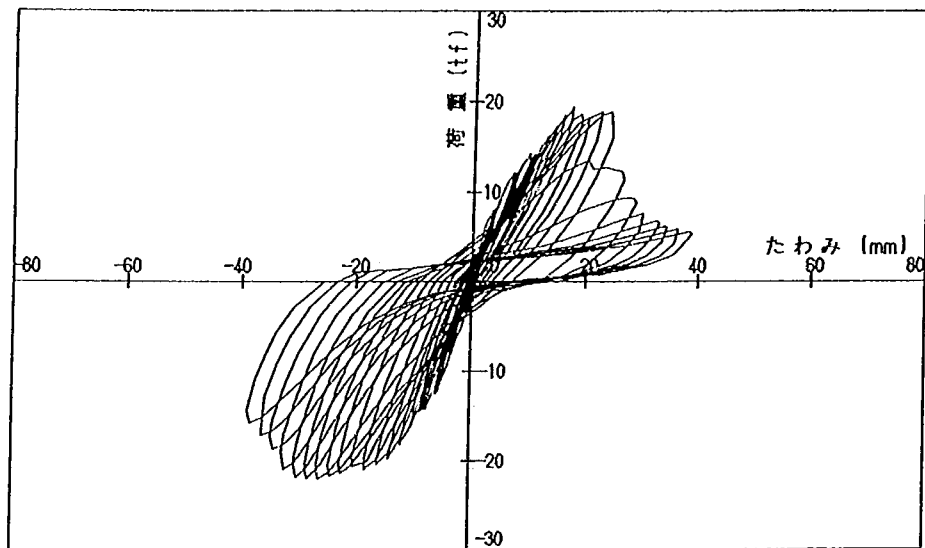


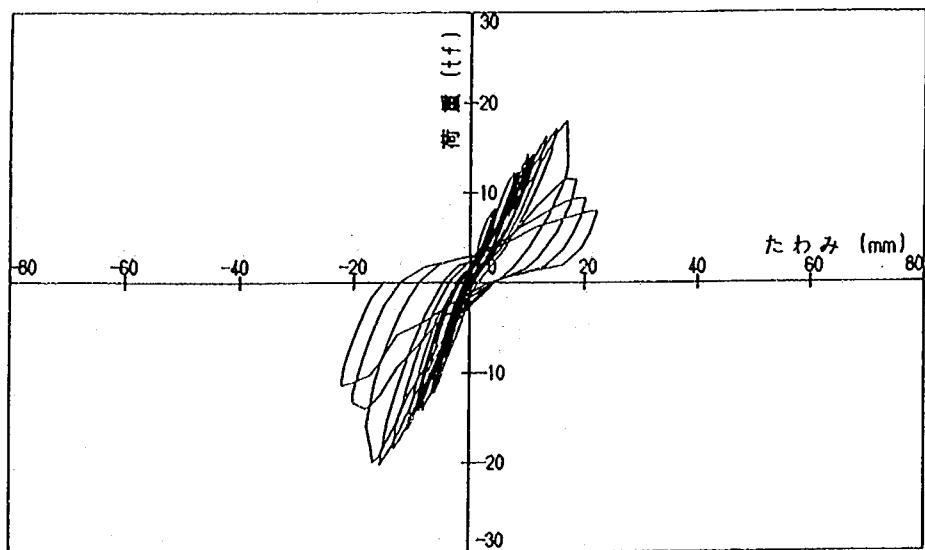
図-7 初期剛性



供試体 A : 荷重 - たわみ履歴線図

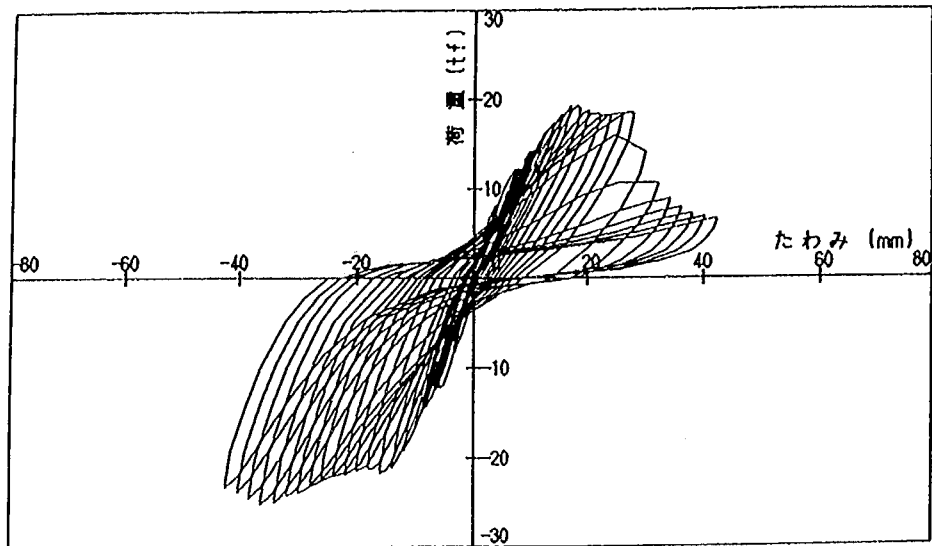


供試体 B : 荷重 - たわみ履歴線図

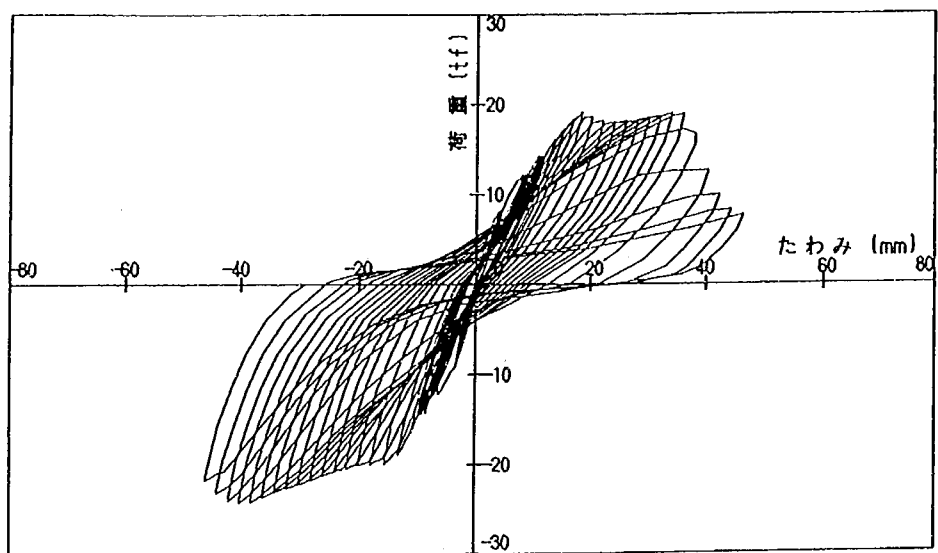


供試体 C : 荷重 - たわみ履歴線図

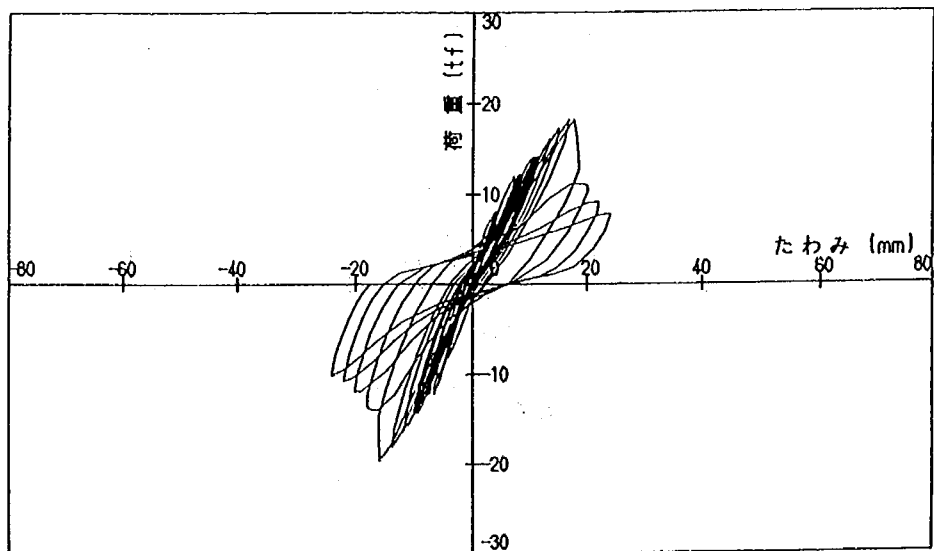
図-8 荷重-たわみ履歴曲線 (その1)



供試体 D : 荷重 - たわみ履歴線図

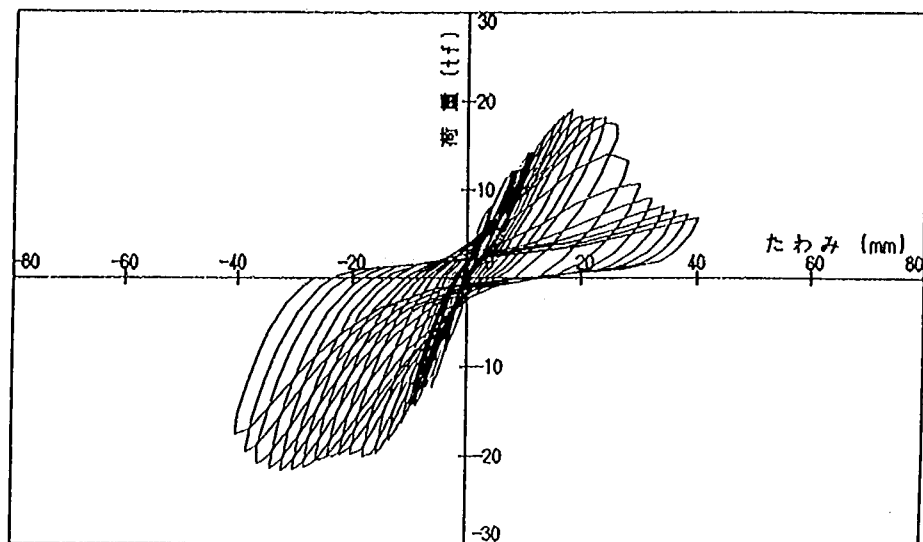


供試体 E : 荷重 - たわみ履歴線図

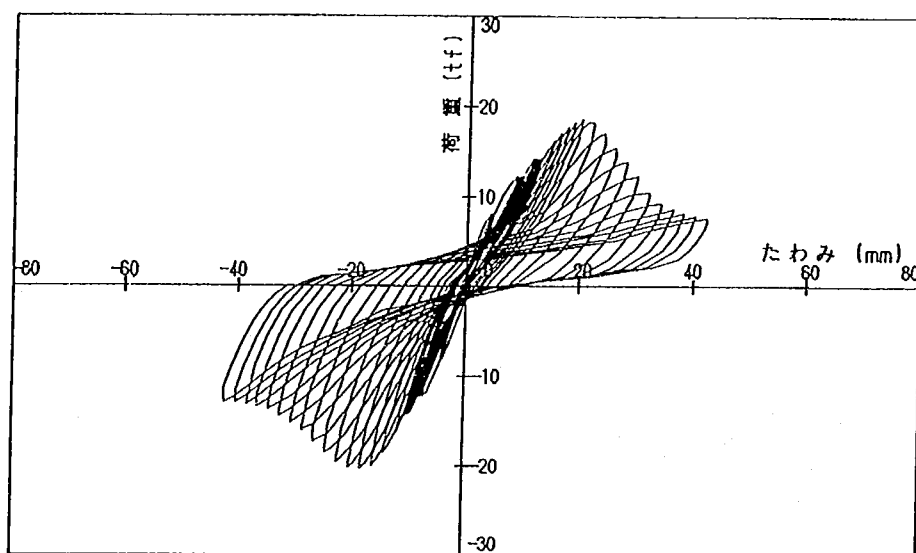


供試体 F : 荷重 - たわみ履歴線図

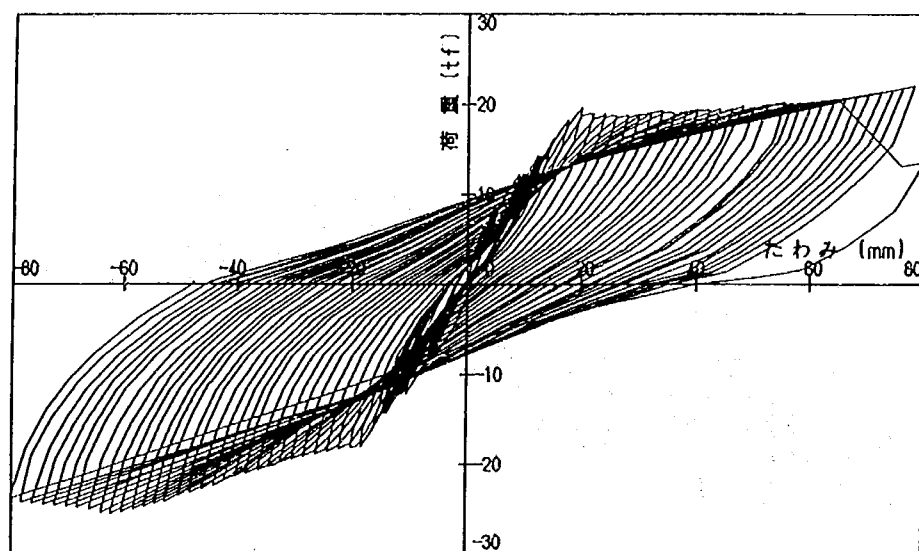
図-8 荷重-たわみ履歴曲線 (その2)



供試体 G : 荷重 - たわみ履歴線図

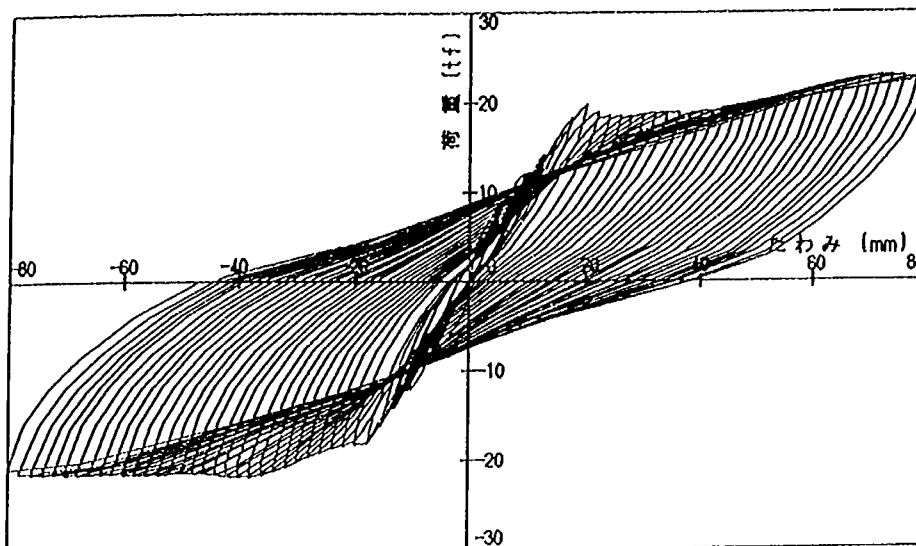


供試体 H : 荷重 - たわみ履歴線図

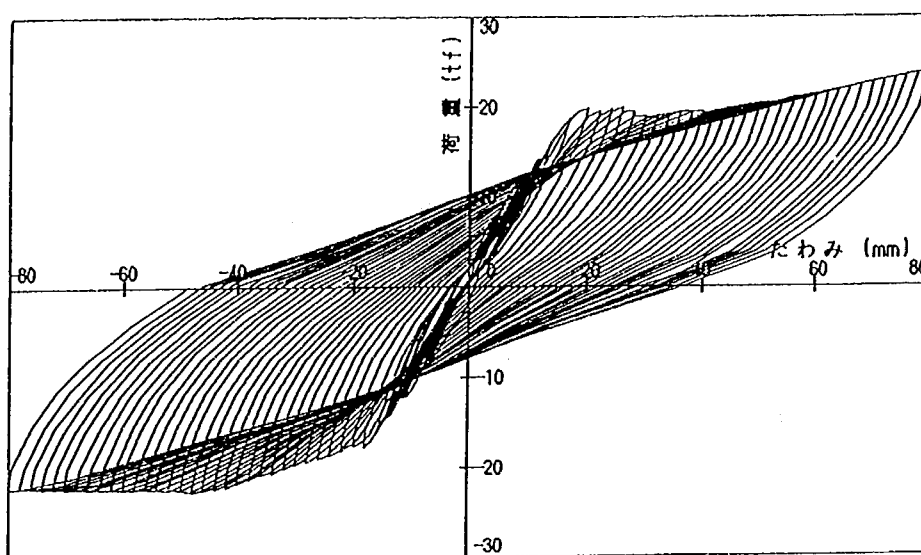


供試体 I : 荷重 - たわみ履歴線図

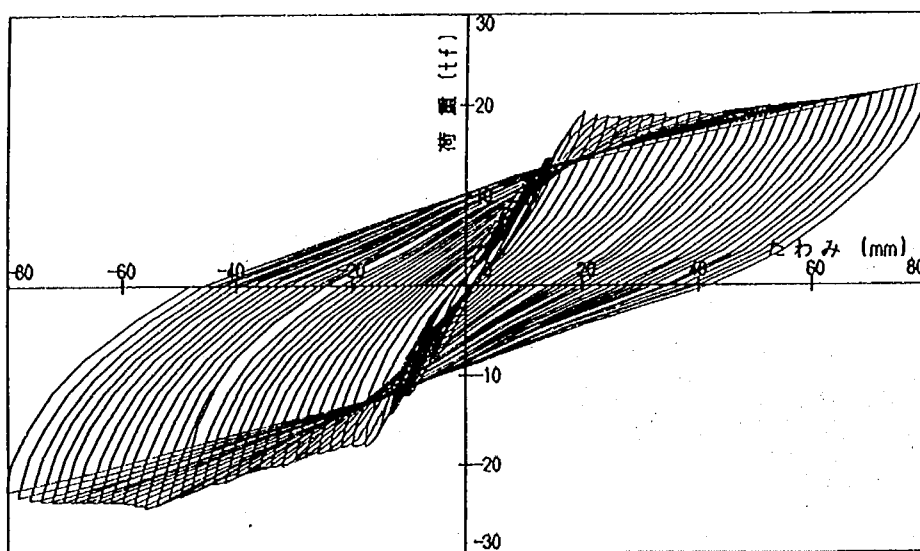
図-8 荷重-たわみ履歴曲線 (その3)



供試体 J : 荷重 - たわみ履歴線図

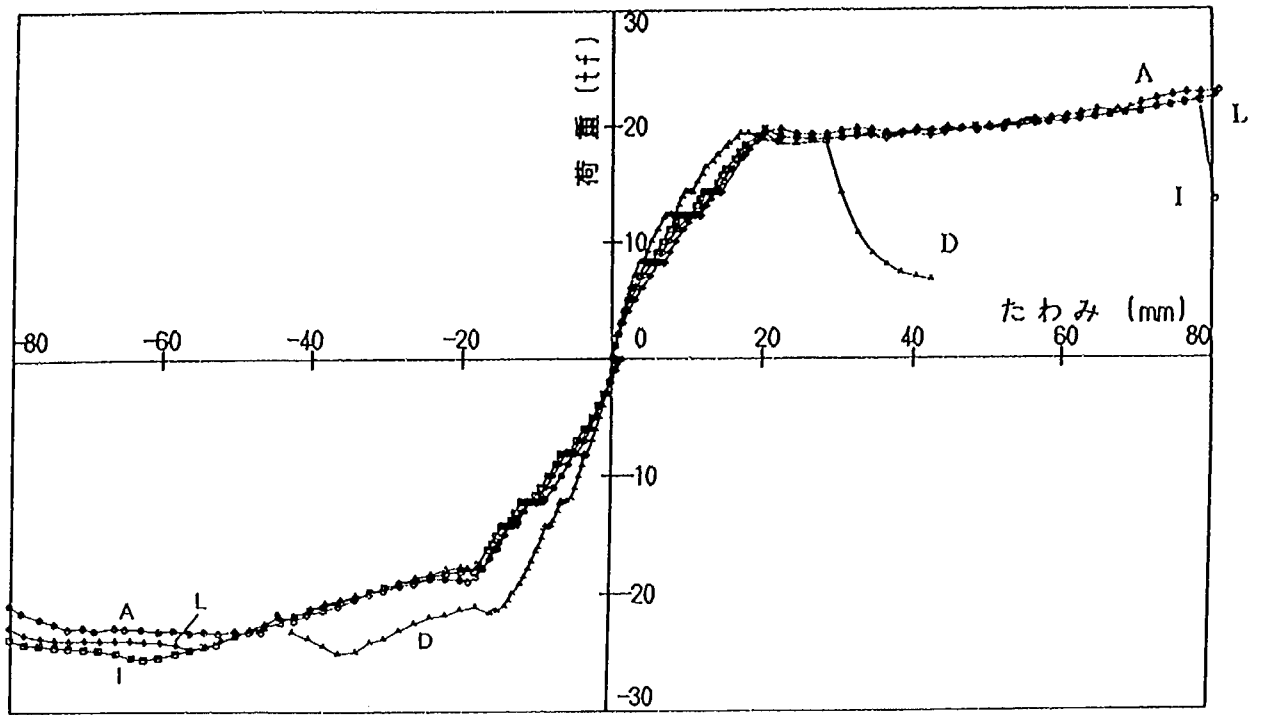


供試体 K : 荷重 - たわみ履歴線図

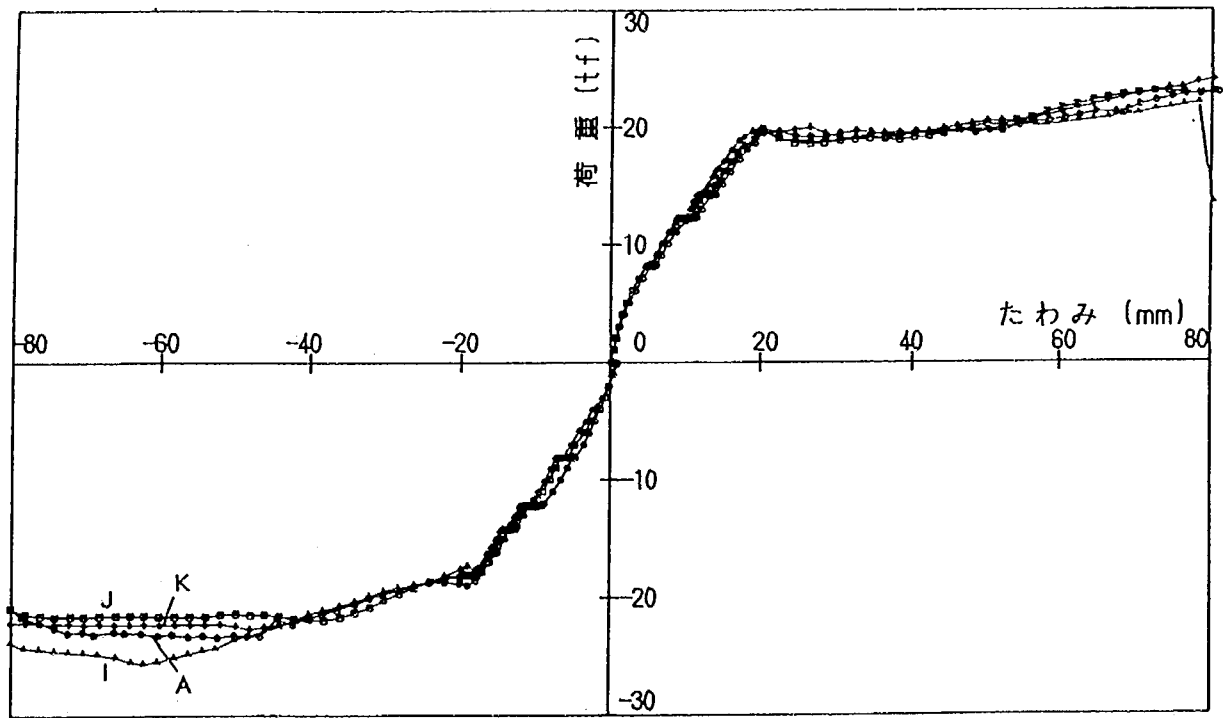


供試体 L : 荷重 - たわみ履歴線図

図-8 荷重-たわみ履歴曲線 (その4)

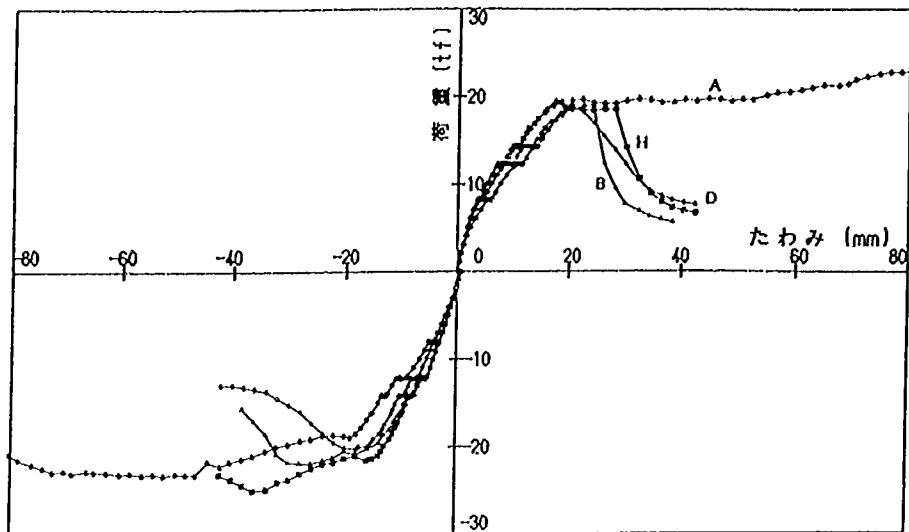


供試体 A・D・I・L：荷重－たわみ比較図
(a) 継手位置



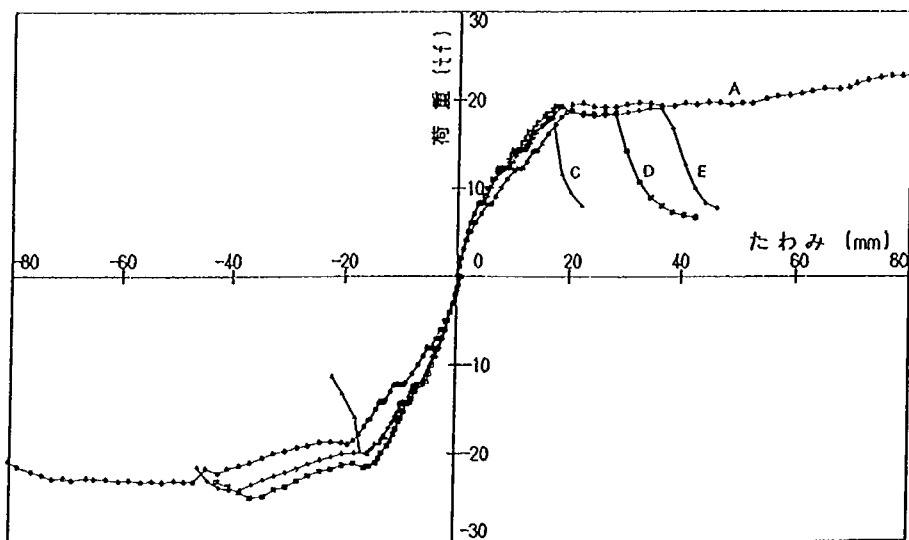
供試体 A・I・J・K：荷重－たわみ比較図
(b) 継手長

図-9 荷重－たわみ包絡線 (その1)



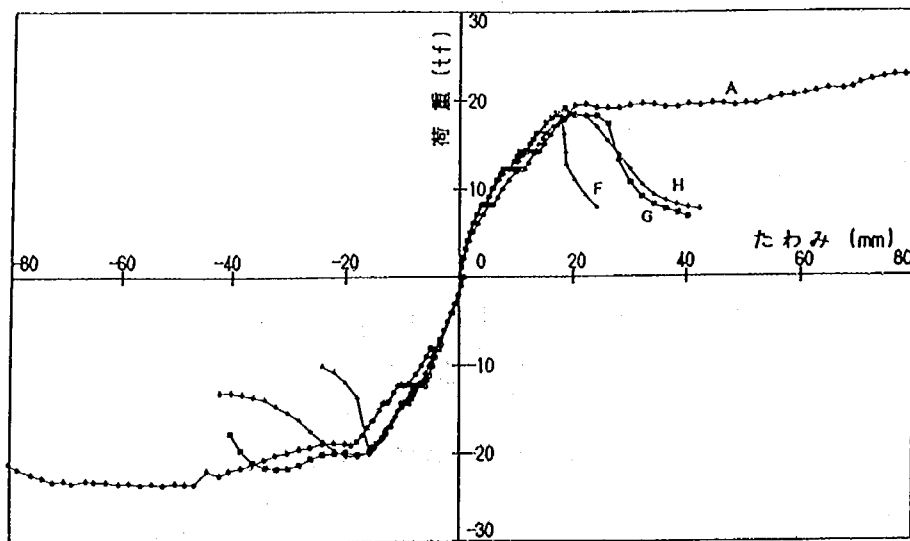
供試体 A・B・D・H：荷重－たわみ比較図

(c) 横補強筋一定 (0.4%)



供試体 A・C・D・E：荷重－たわみ比較図

(d) 横補強筋組数 (D10の場合)



供試体 A・F・G・H：荷重－たわみ比較図

(e) 横補強筋組数 (D6の場合)

図-9 荷重－たわみ包絡線 (その2)

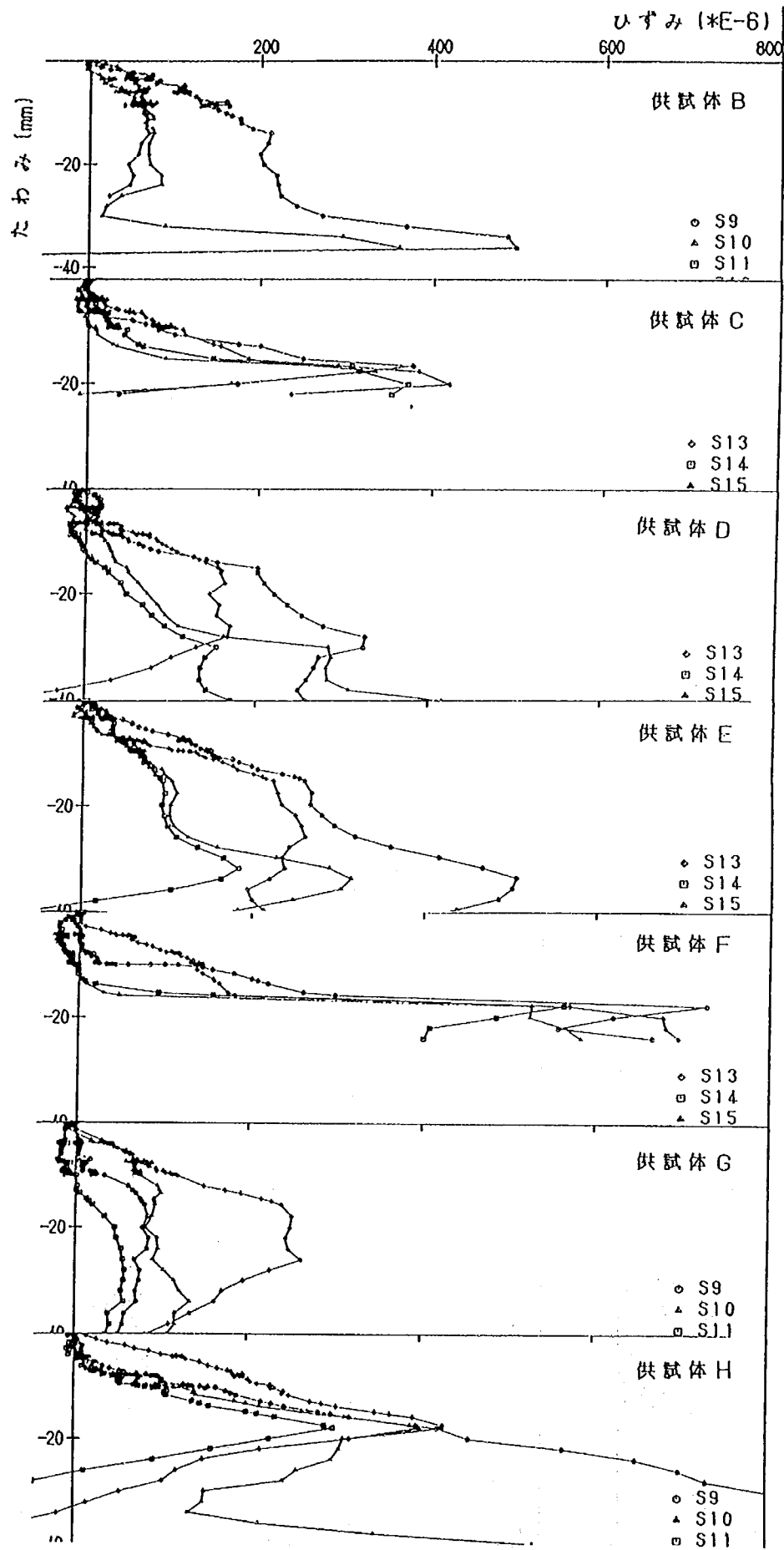
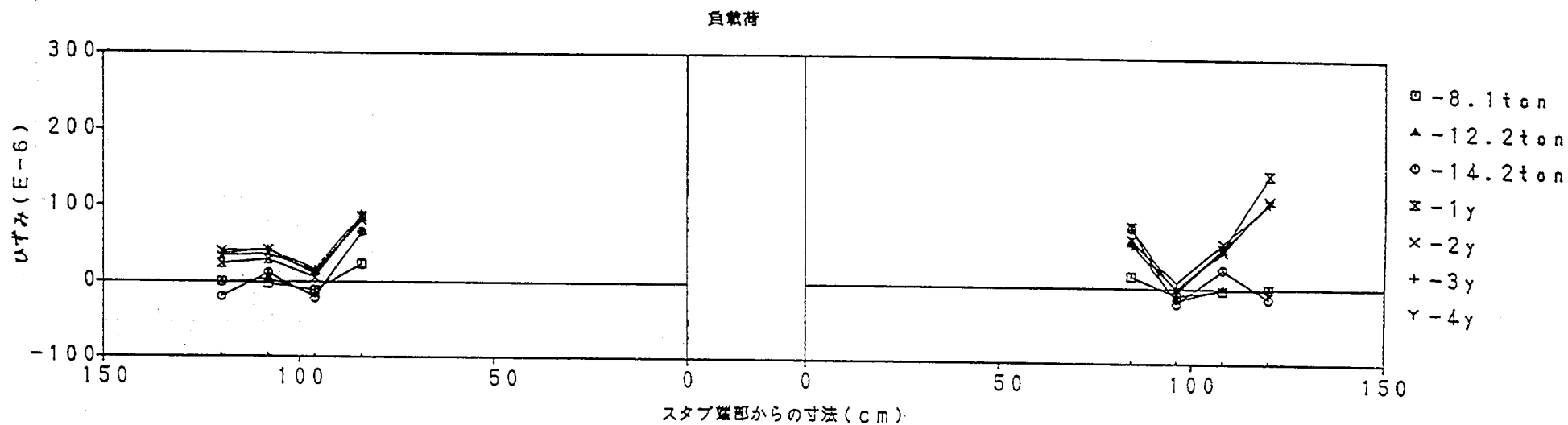
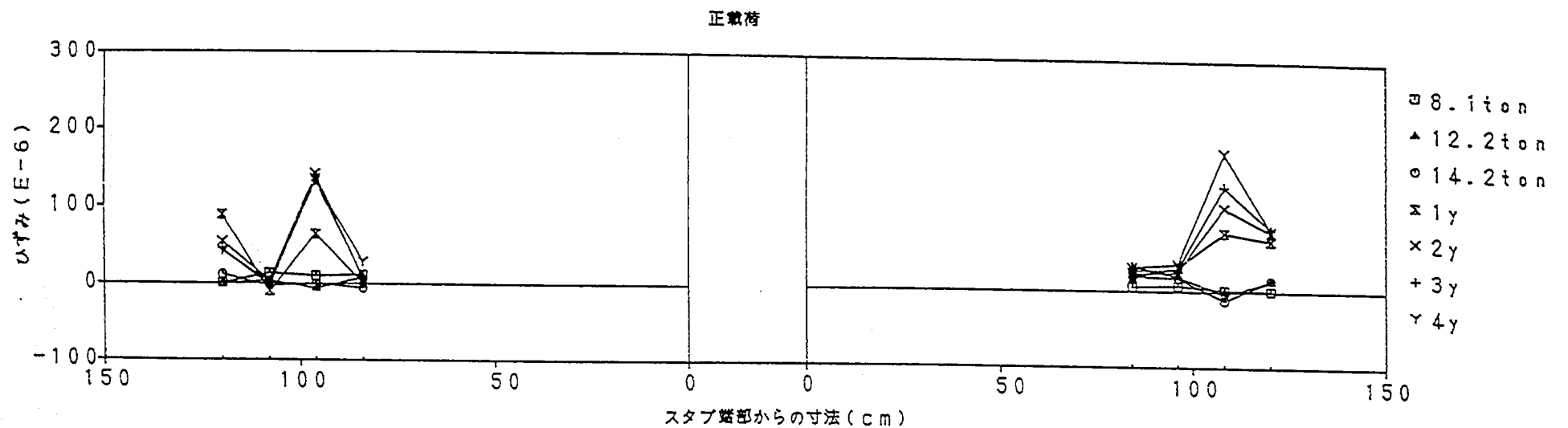
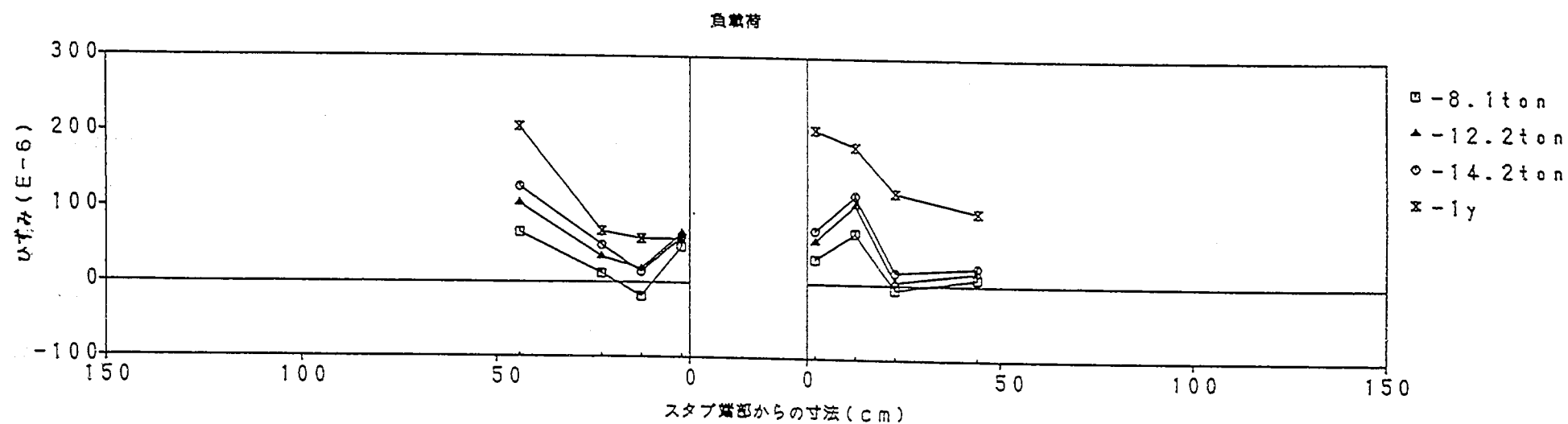
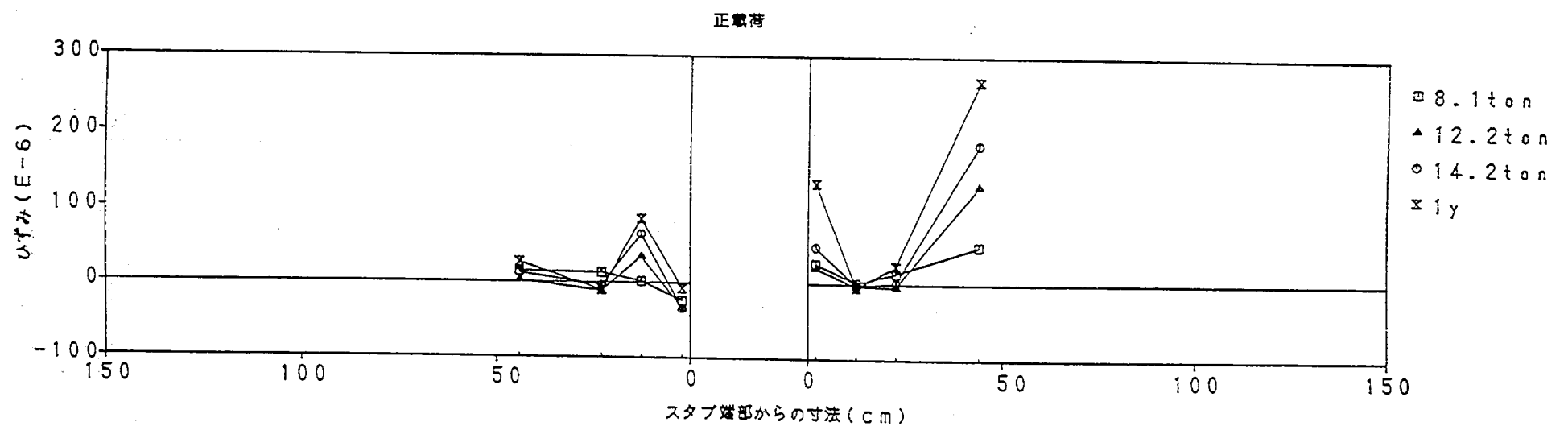


図-10 たわみ-横補強筋のひずみ図



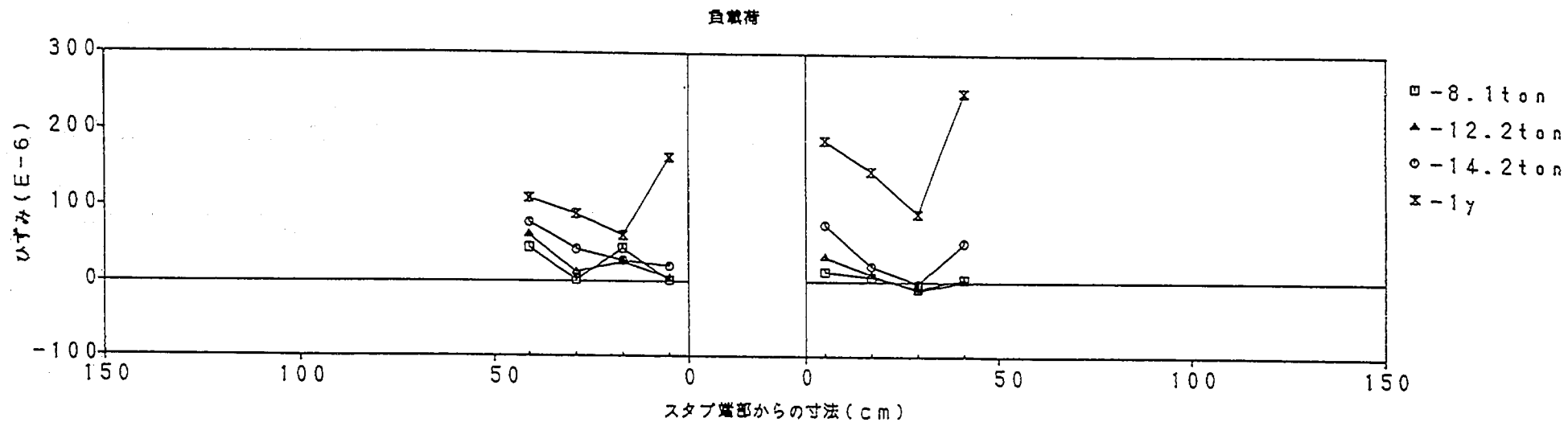
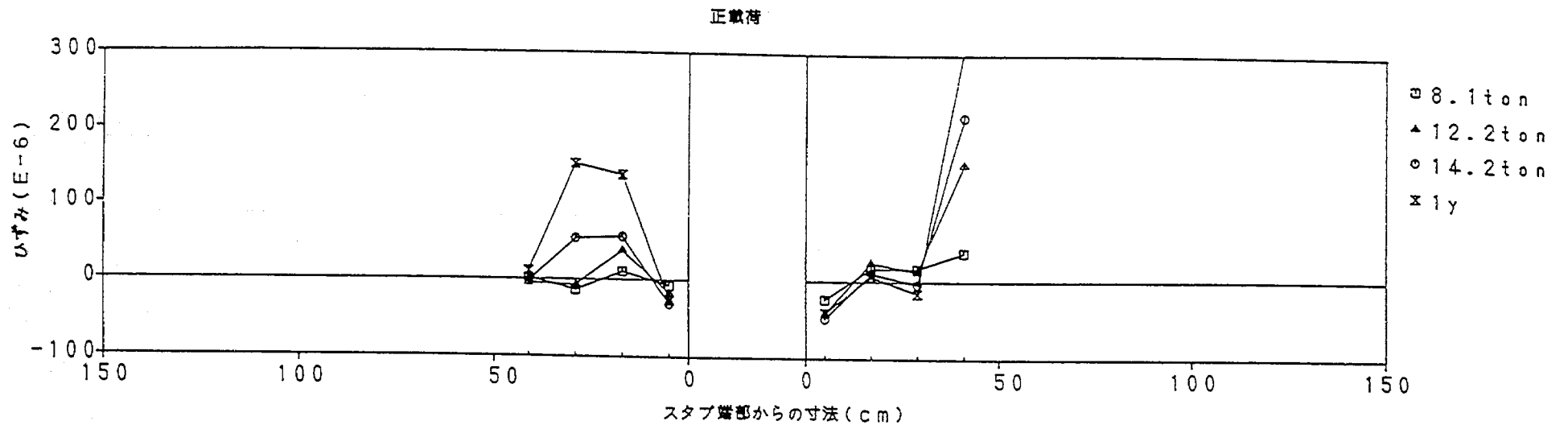
横補強筋ひずみ分布 (供試体A)

図-11 横補強筋のひずみ分布図



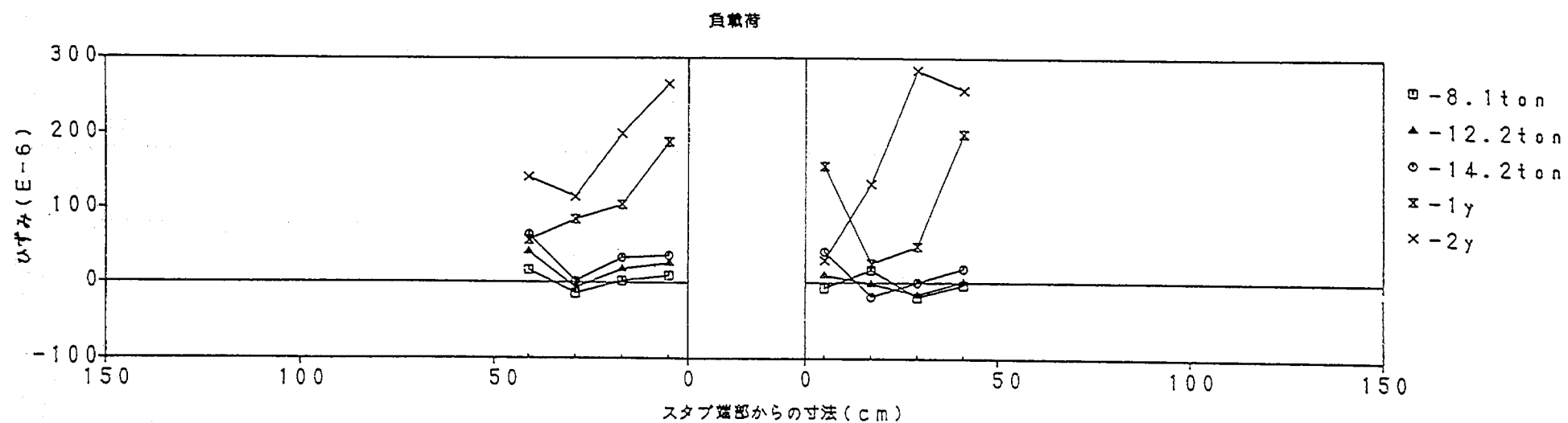
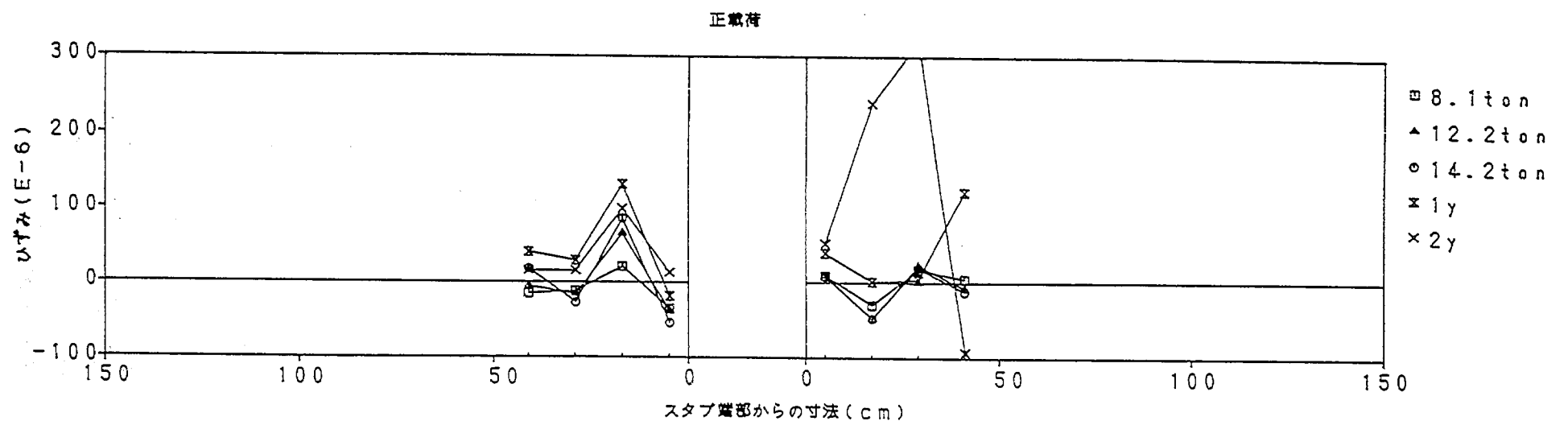
横補強筋ひずみ分布 (供試体 B)

図-11 横補強筋のひずみ分布図



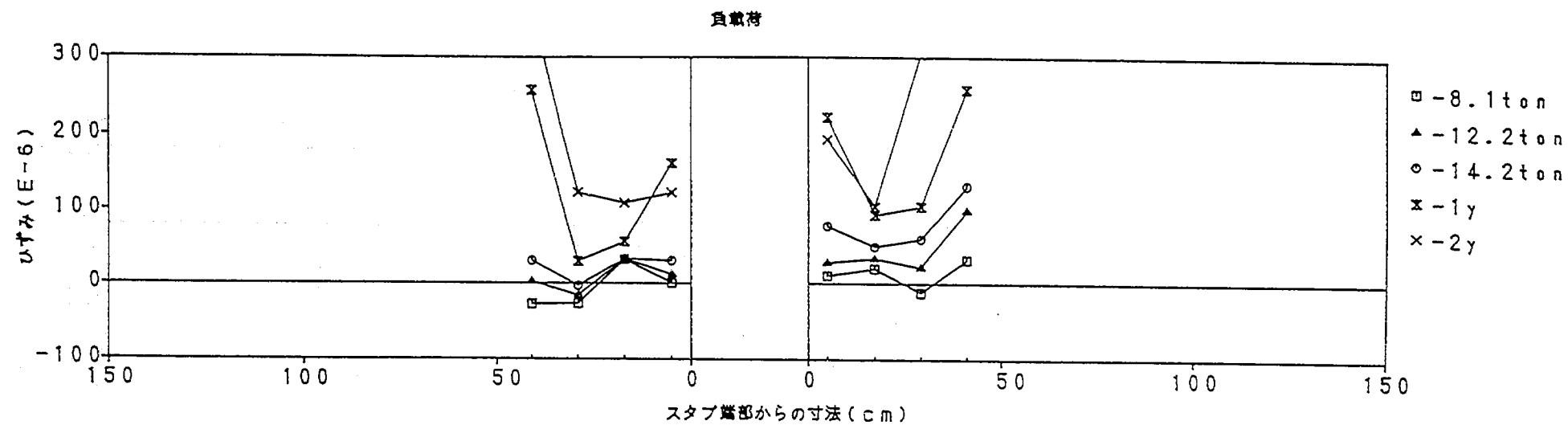
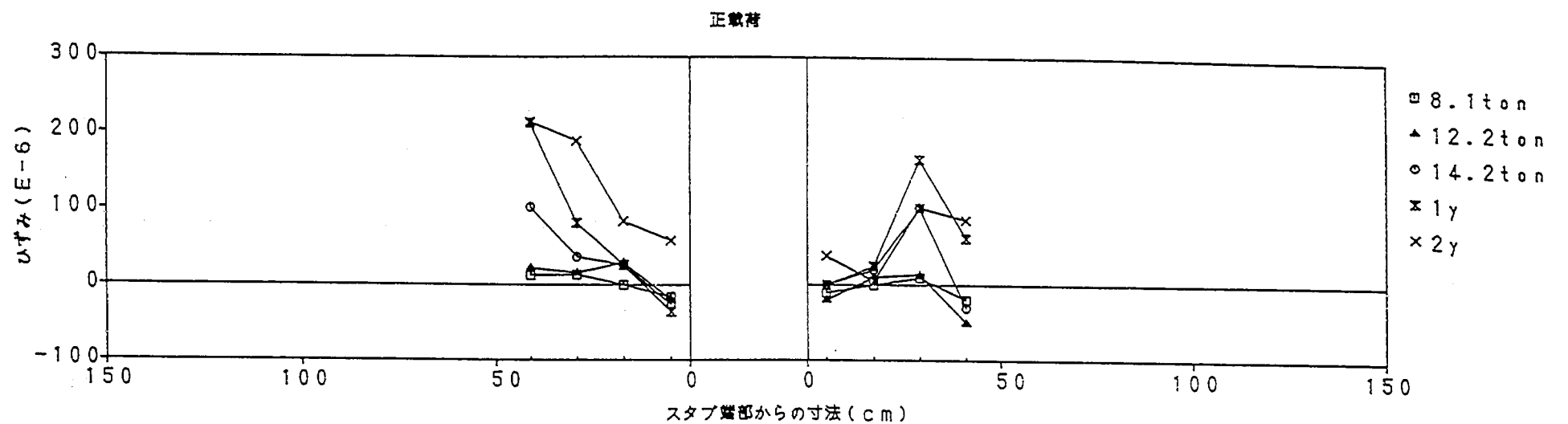
横補強筋ひずみ分布 (供試体 C)

図-11 横補強筋のひずみ分布図



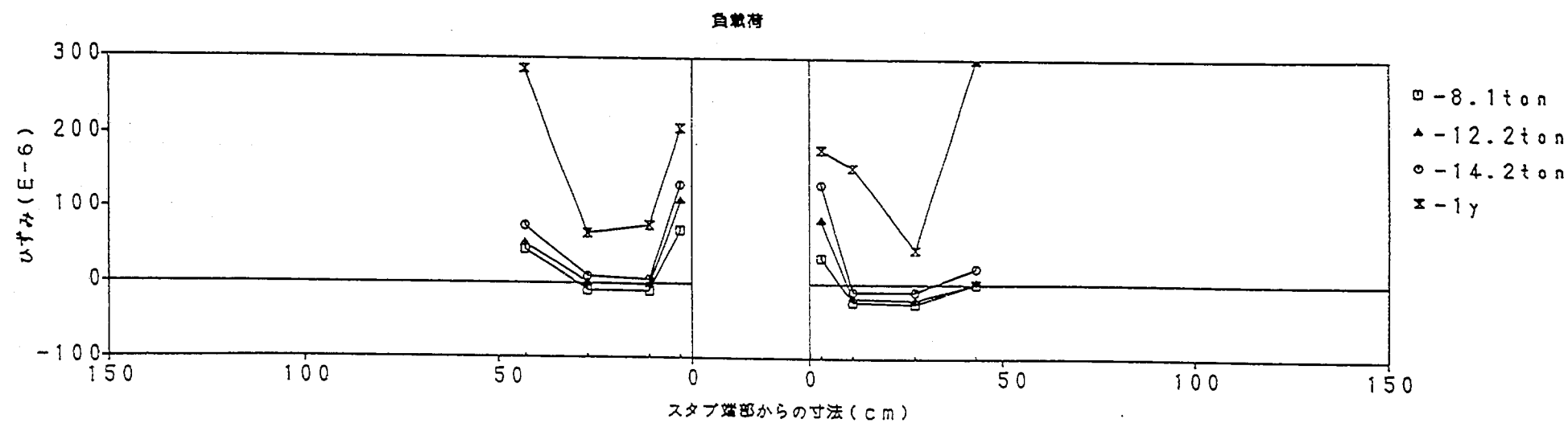
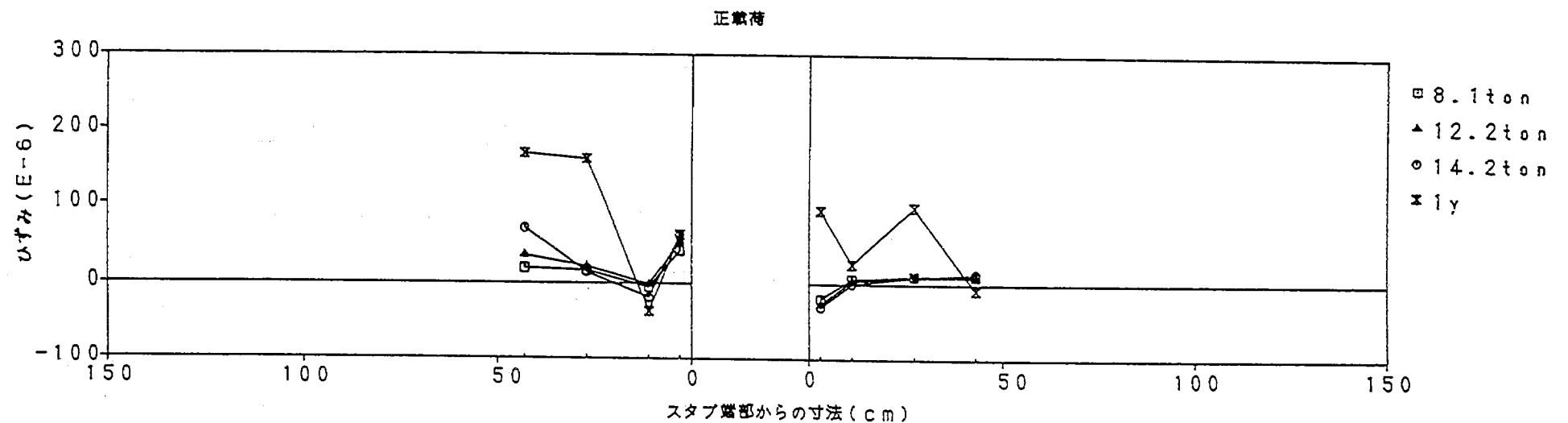
横補強筋ひずみ分布 (供試体D)

図-11 横補強筋のひずみ分布図



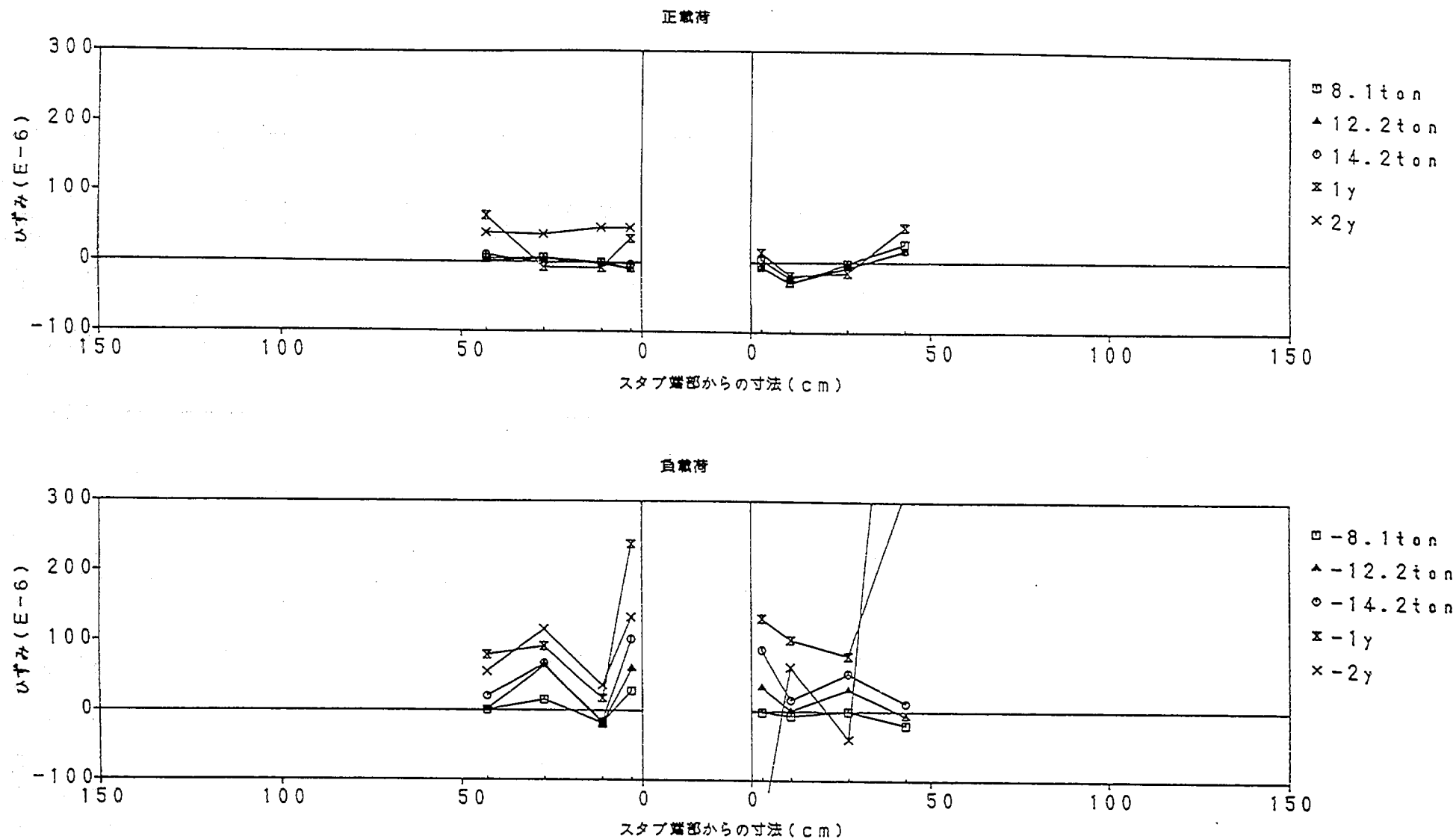
横補強筋ひずみ分布 (供試体 E)

図-11 横補強筋のひずみ分布図



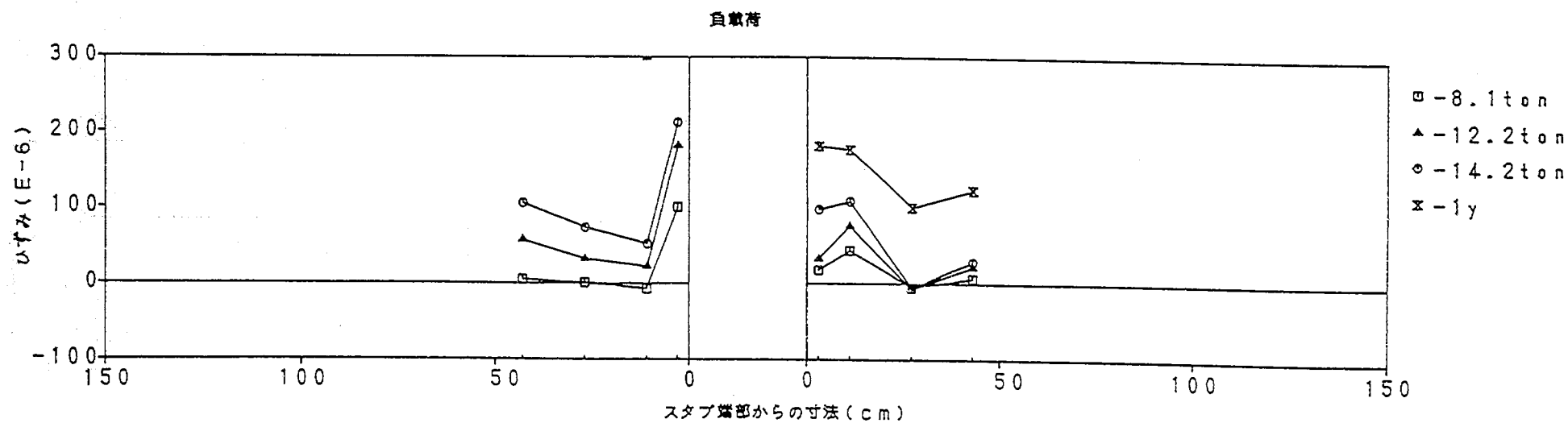
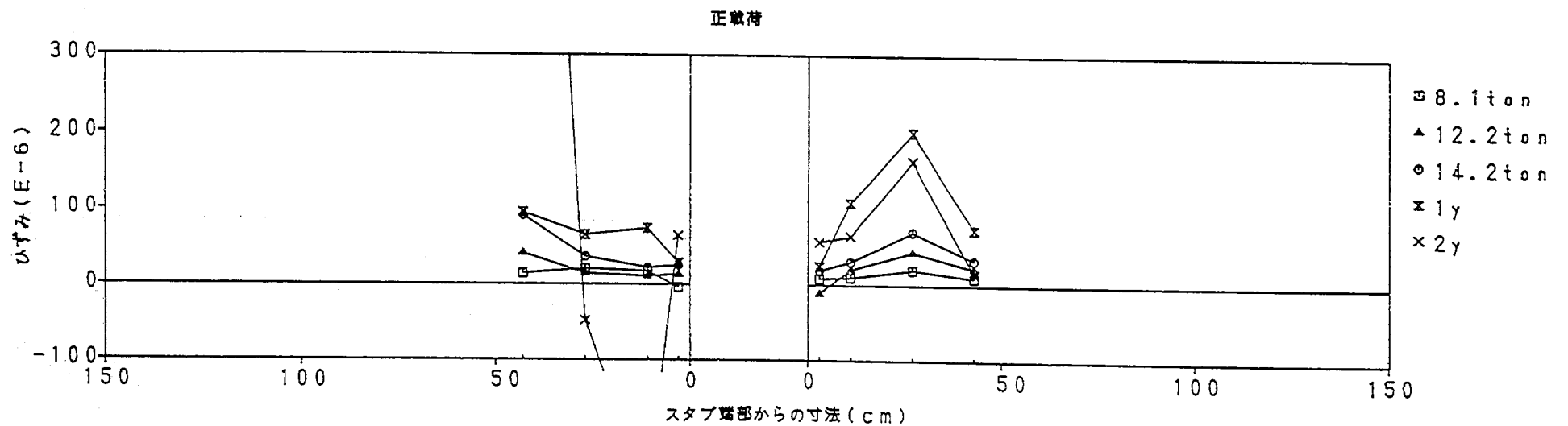
横補強筋ひずみ分布 (供試体F)

図-11 横補強筋のひずみ分布図



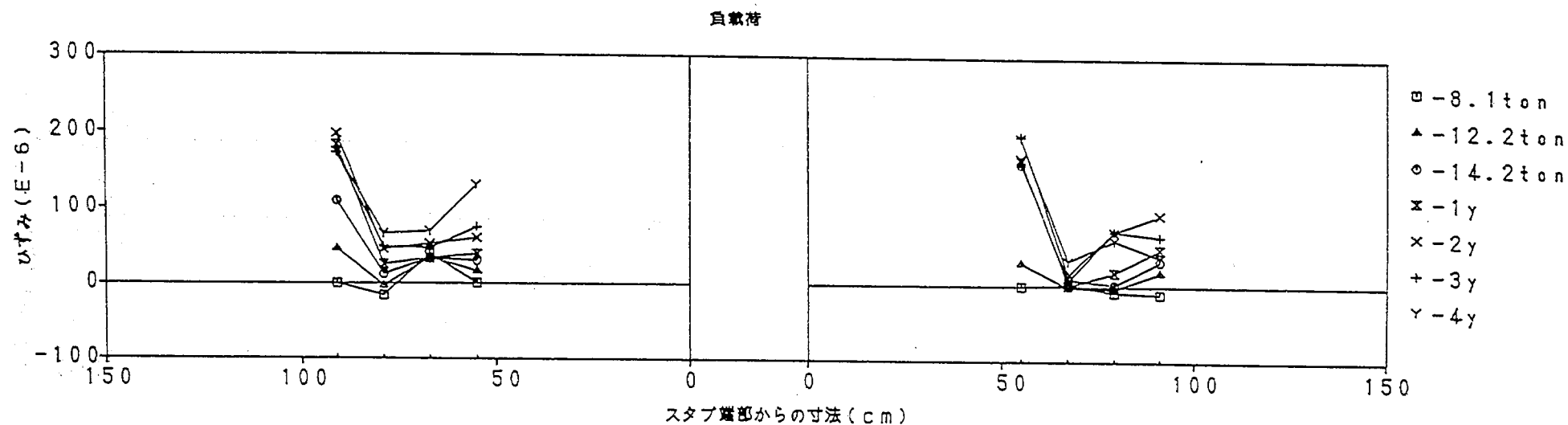
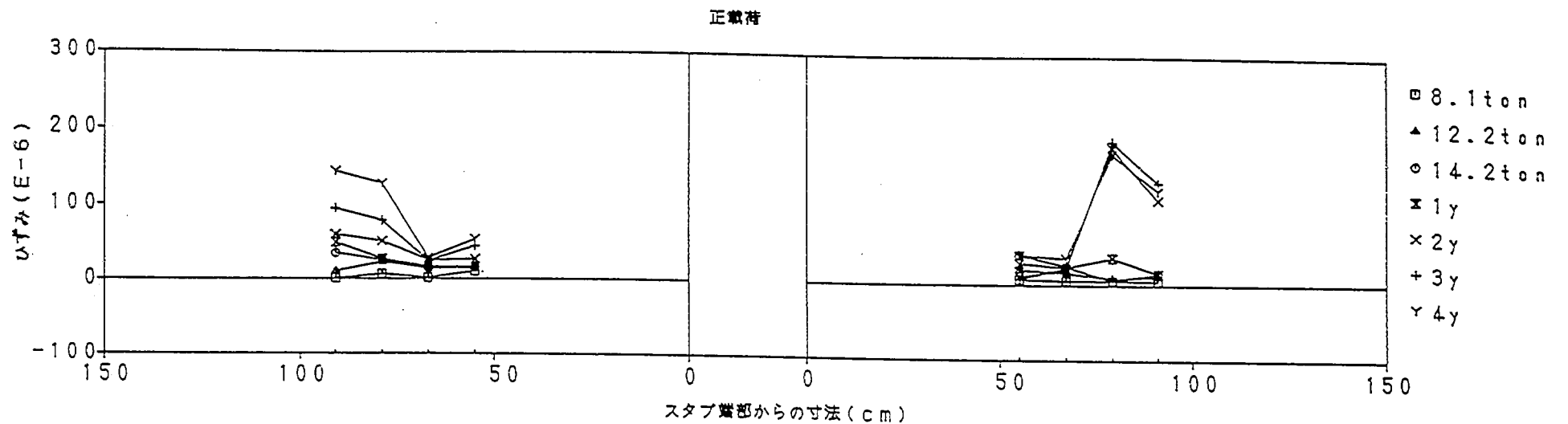
横補強筋ひずみ分布 (供試体G)

図-11 横補強筋のひずみ分布図



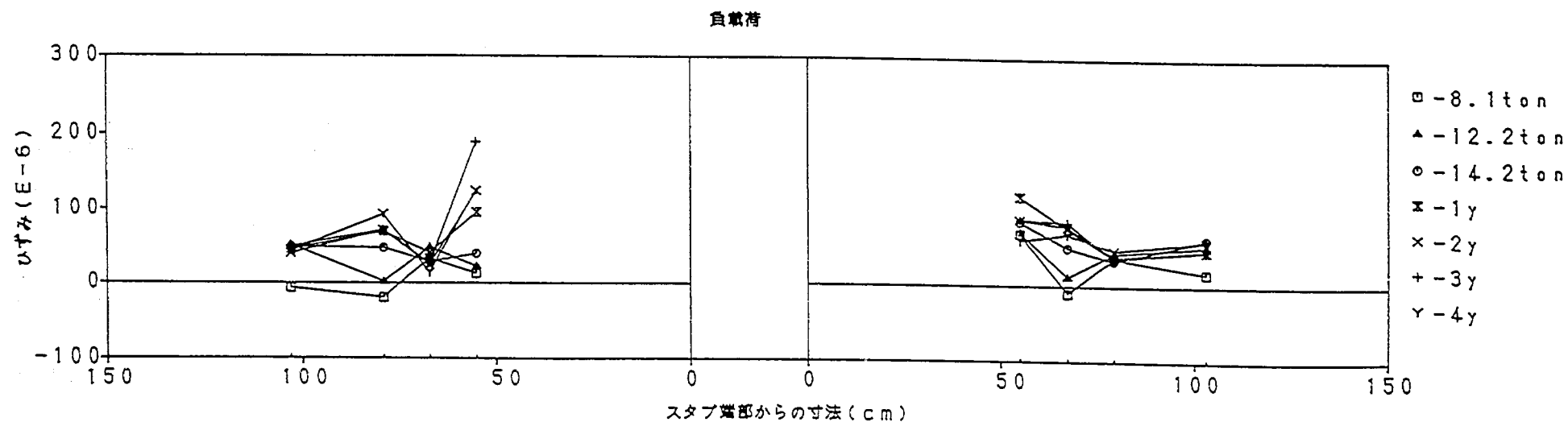
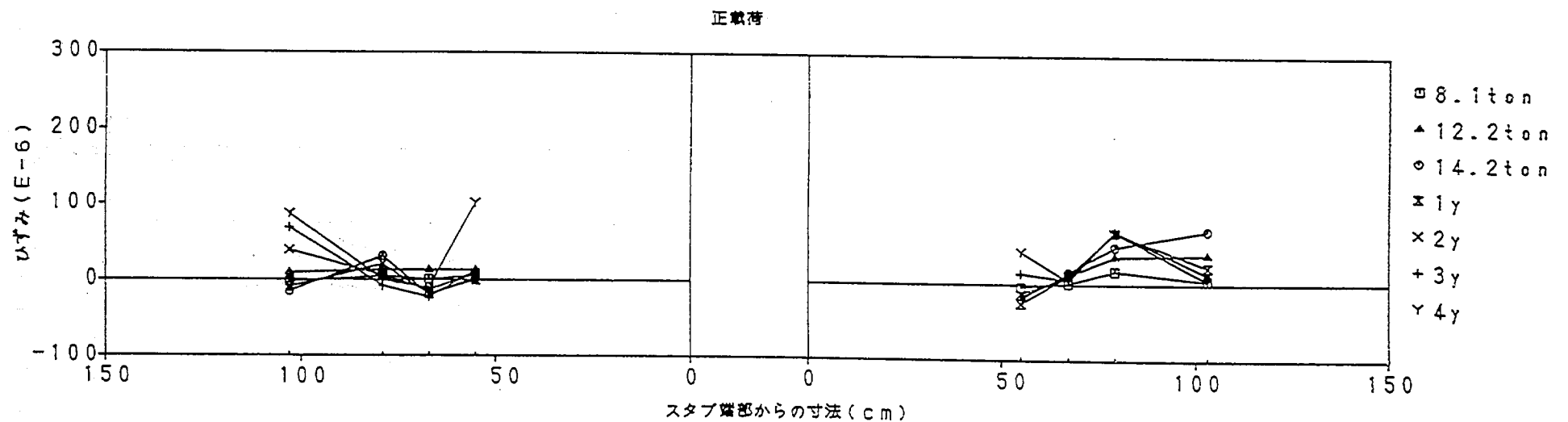
横補強筋ひずみ分布 (供試体H)

図-11 横補強筋のひずみ分布図



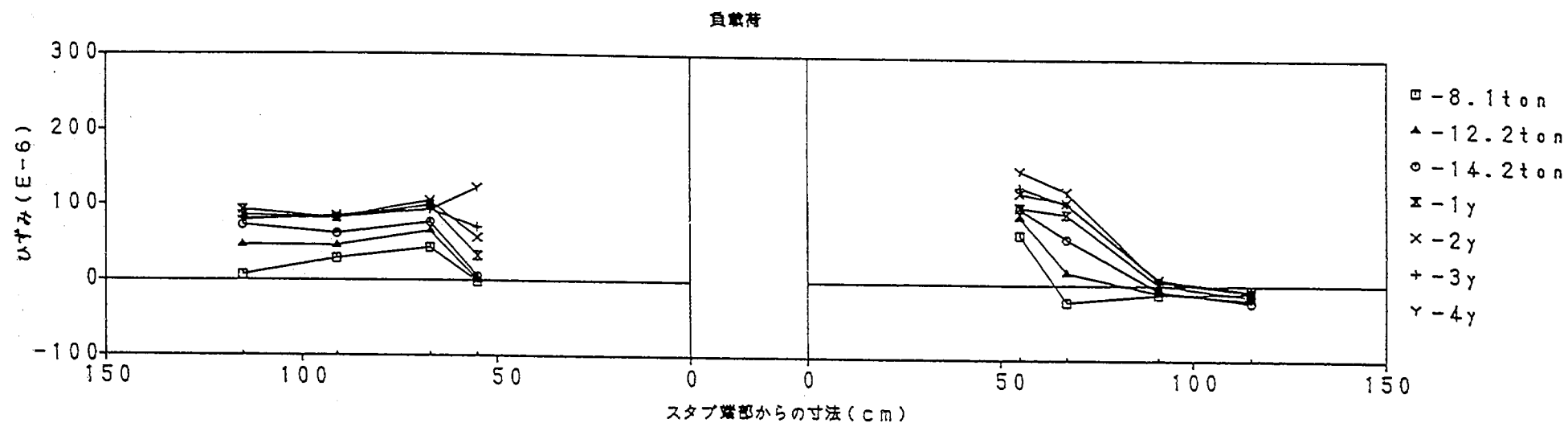
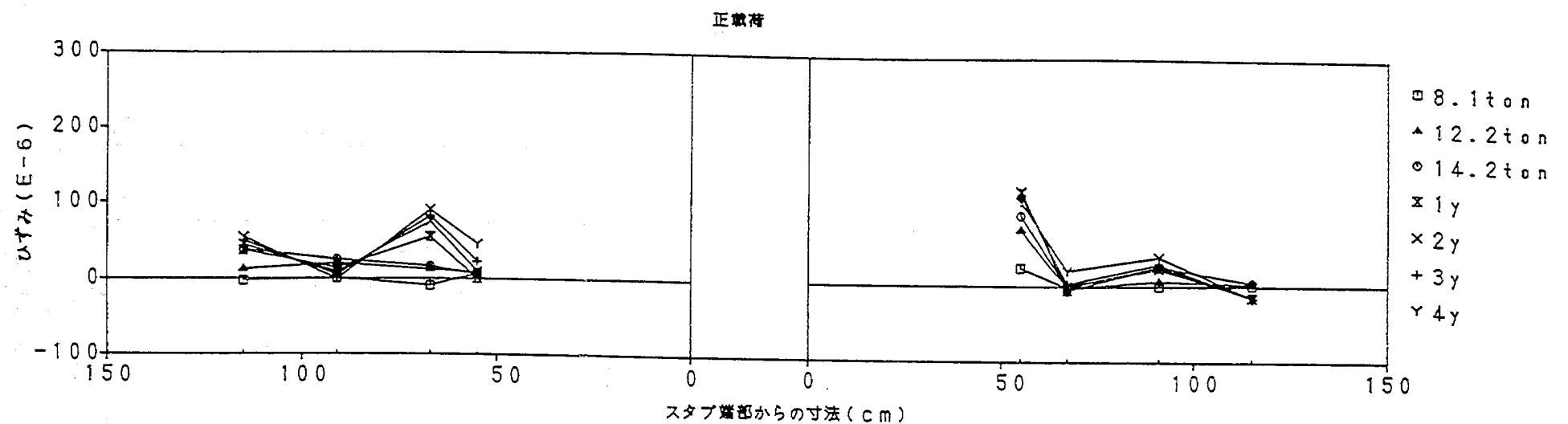
横補強筋ひずみ分布 (供試体 I)

図-11 横補強筋のひずみ分布図



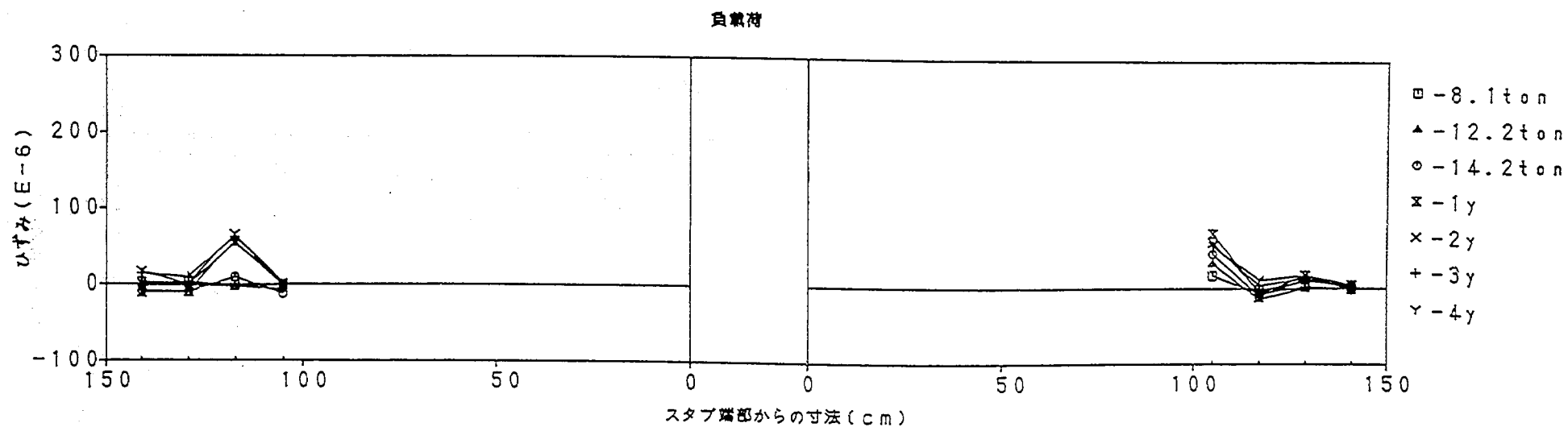
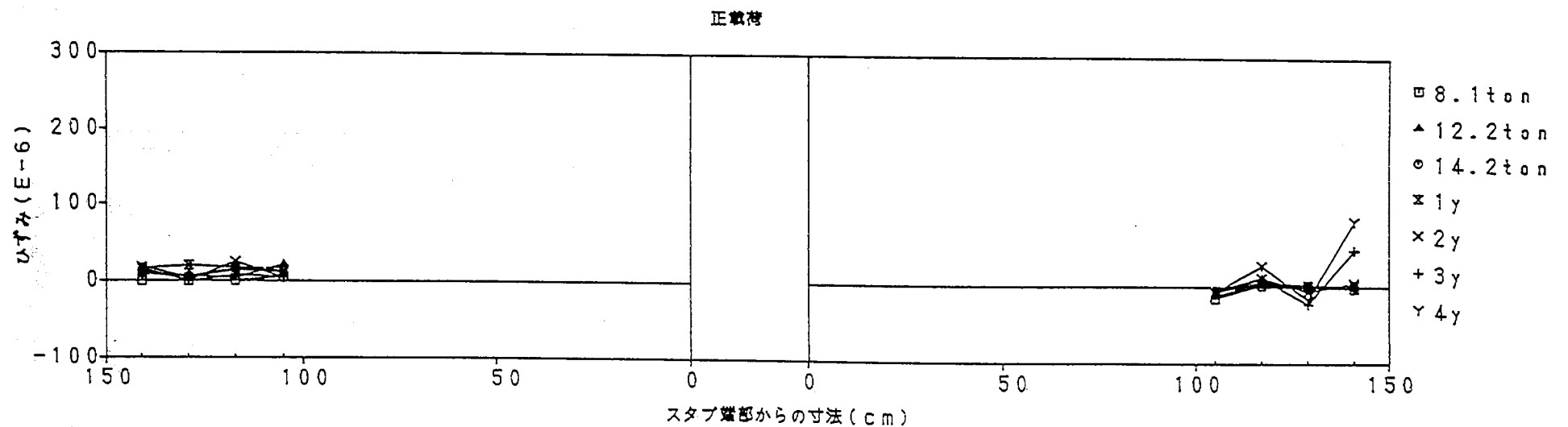
横補強筋ひずみ分布 (供試体 J)

図-11 横補強筋のひずみ分布図



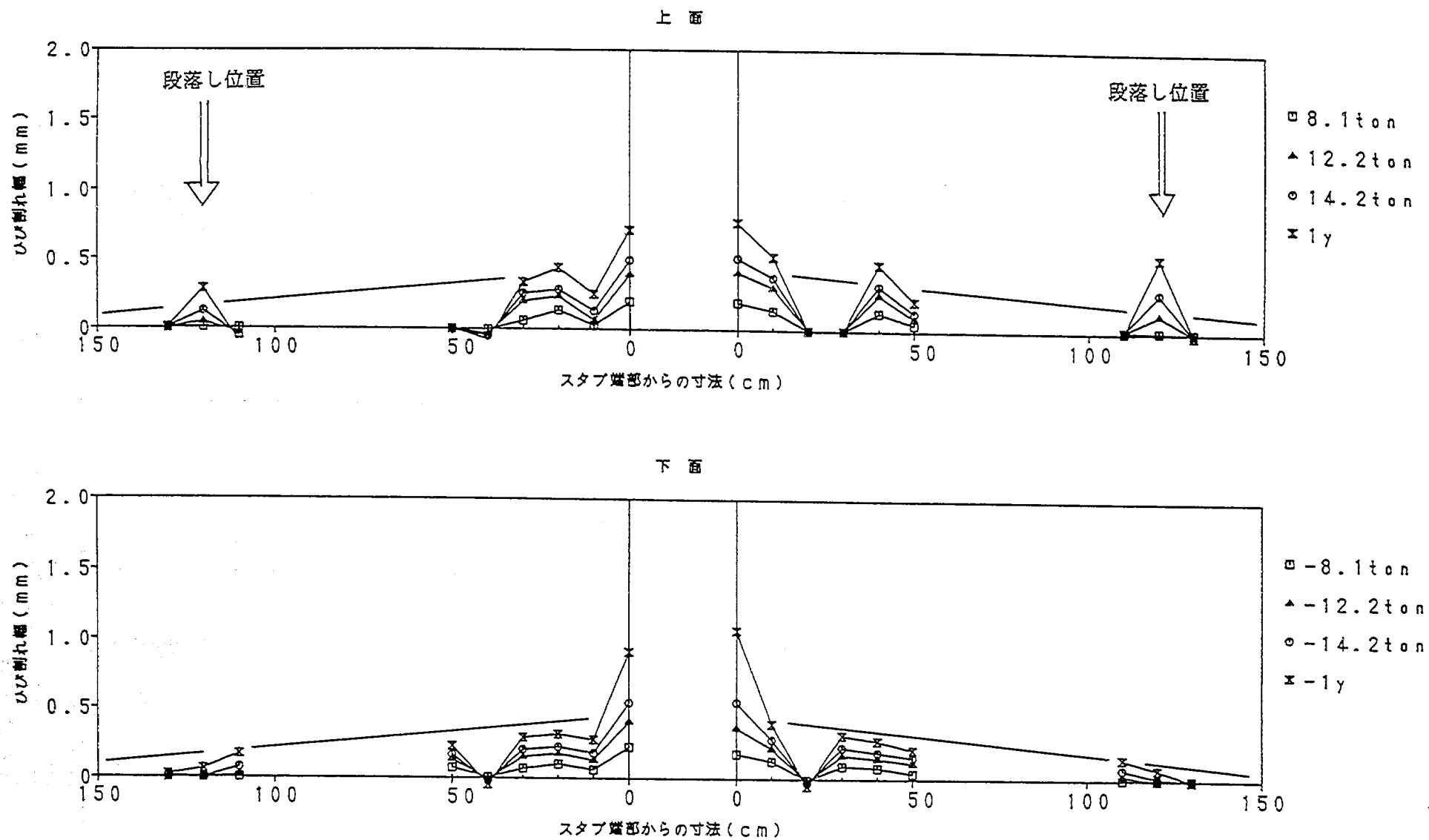
横補強筋ひずみ分布 (供試体K)

図-11 横補強筋のひずみ分布図



横補強筋ひずみ分布 (供試体L)

図-11 横補強筋のひずみ分布図



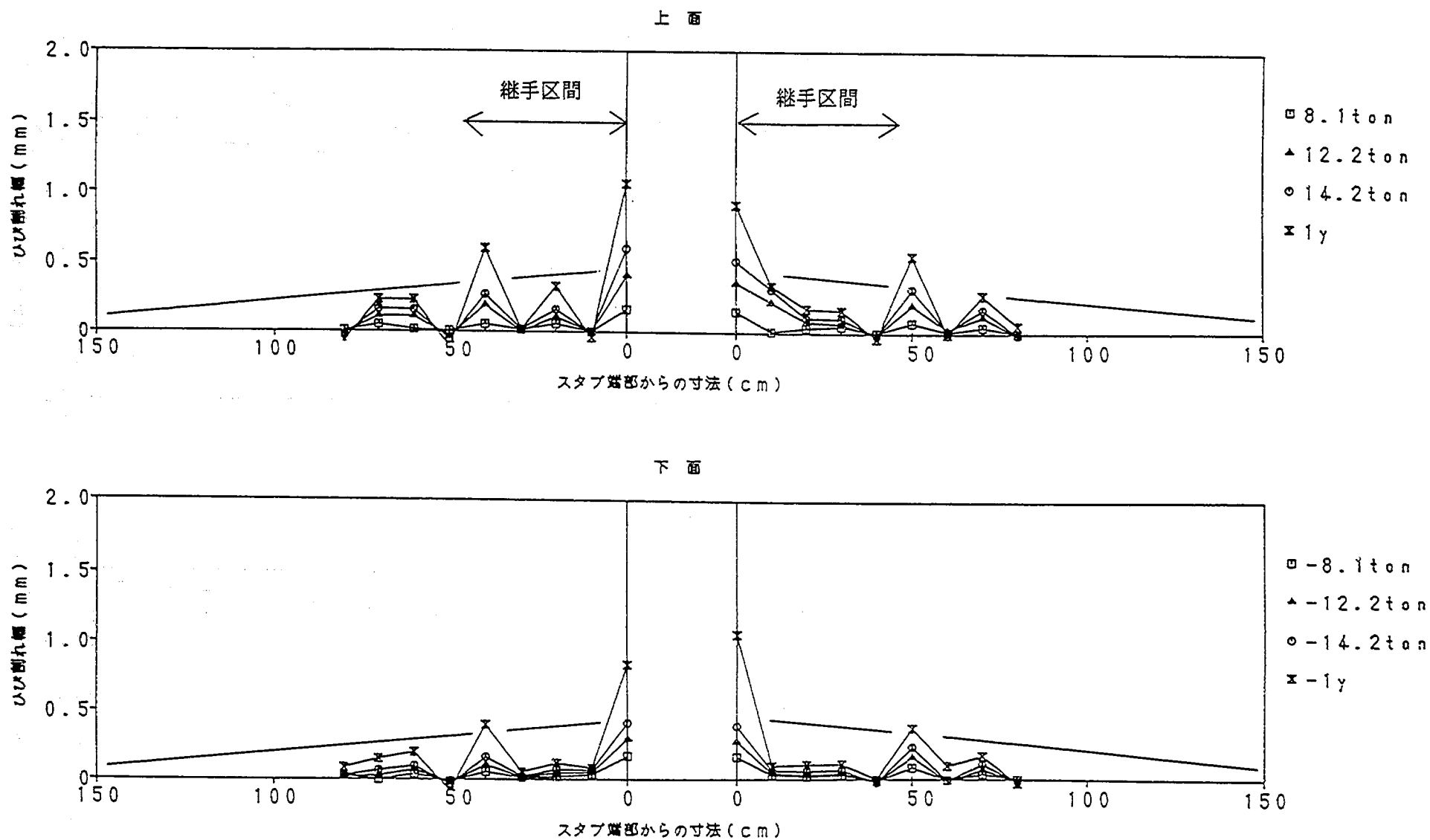


図-12 コンクリートひび割れ幅分布図 (供試体B)

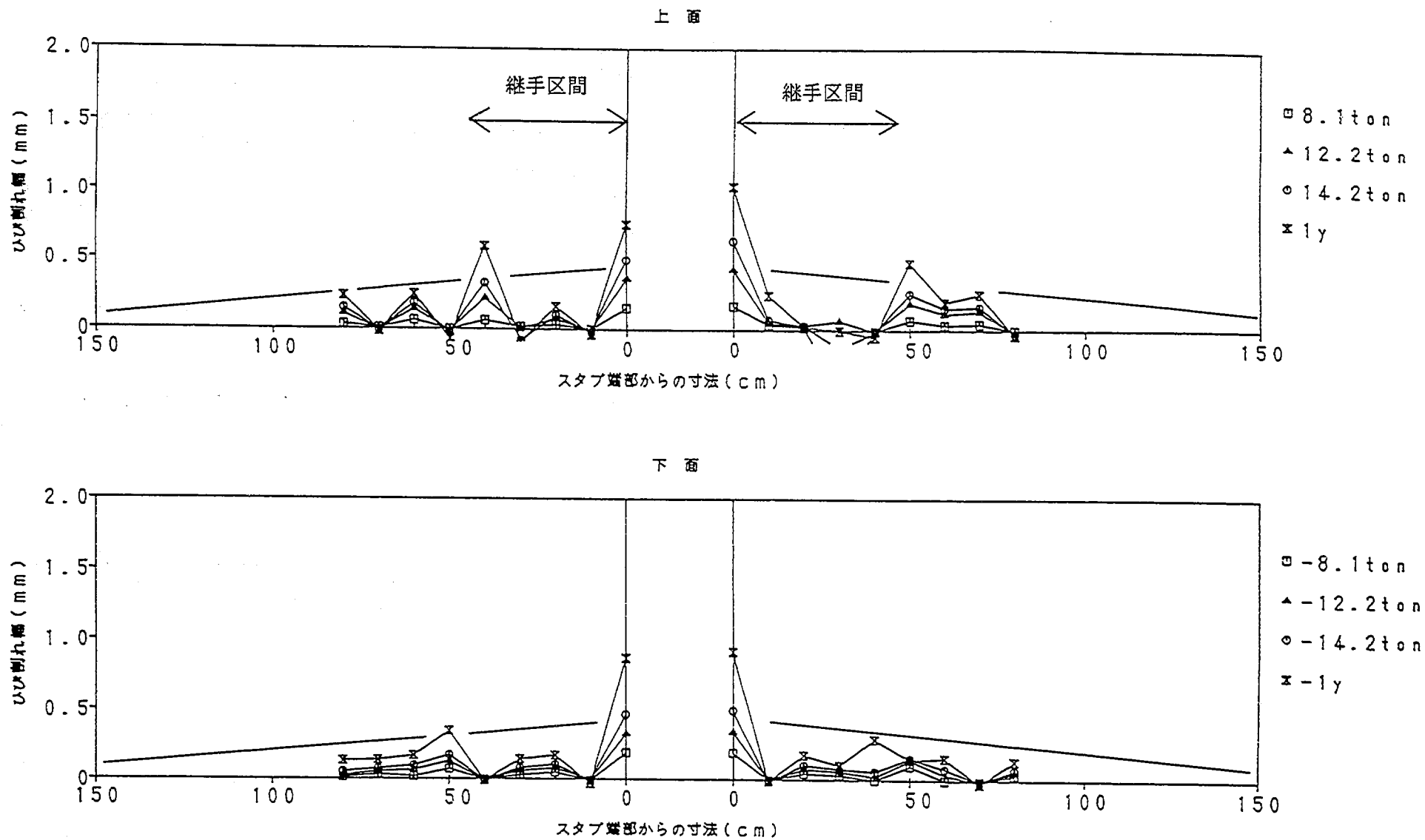


図-12 コンクリートひび割れ幅分布図 (供試体C)

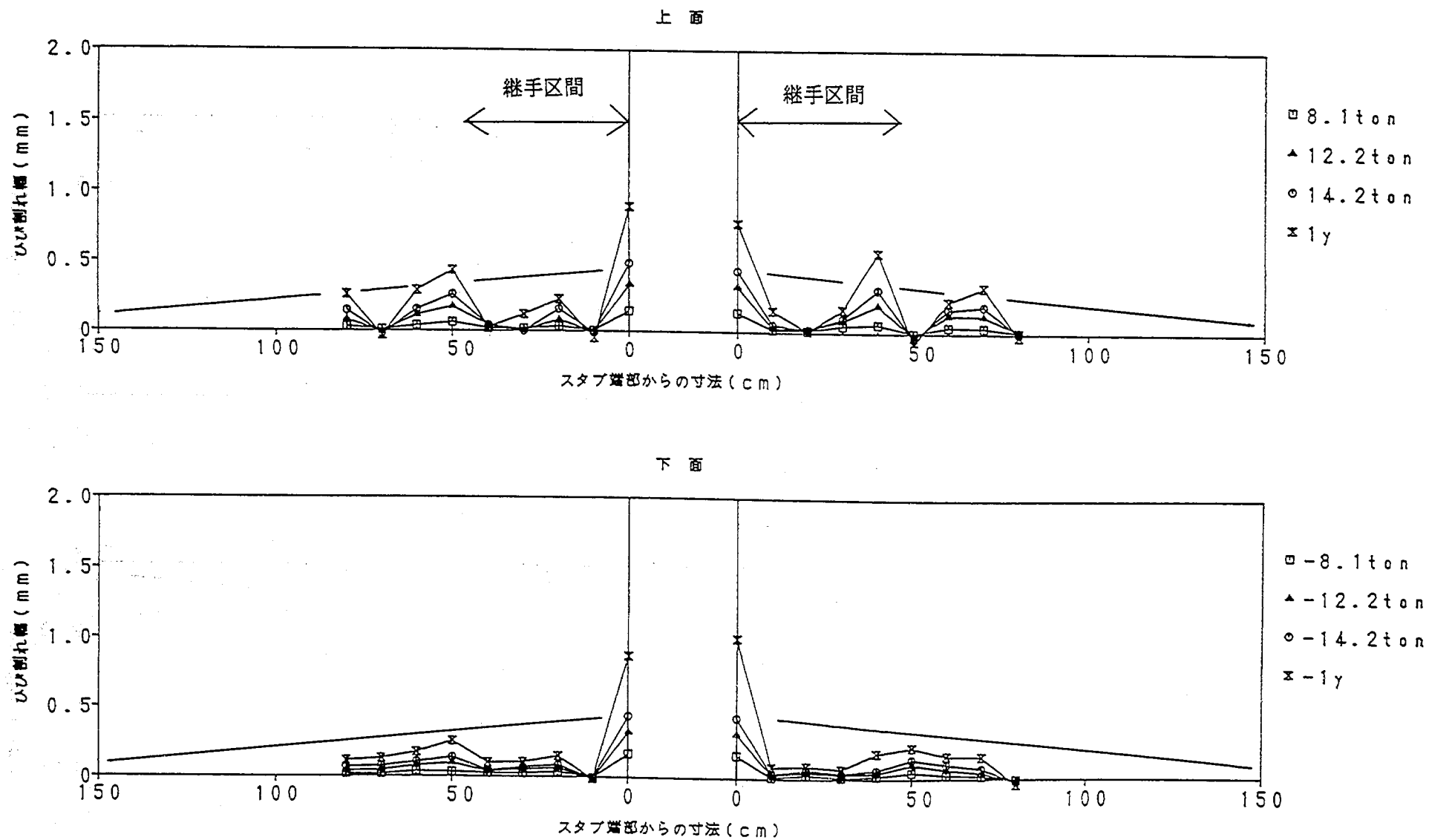


図-12 コンクリートひび割れ幅分布図 (供試体D)

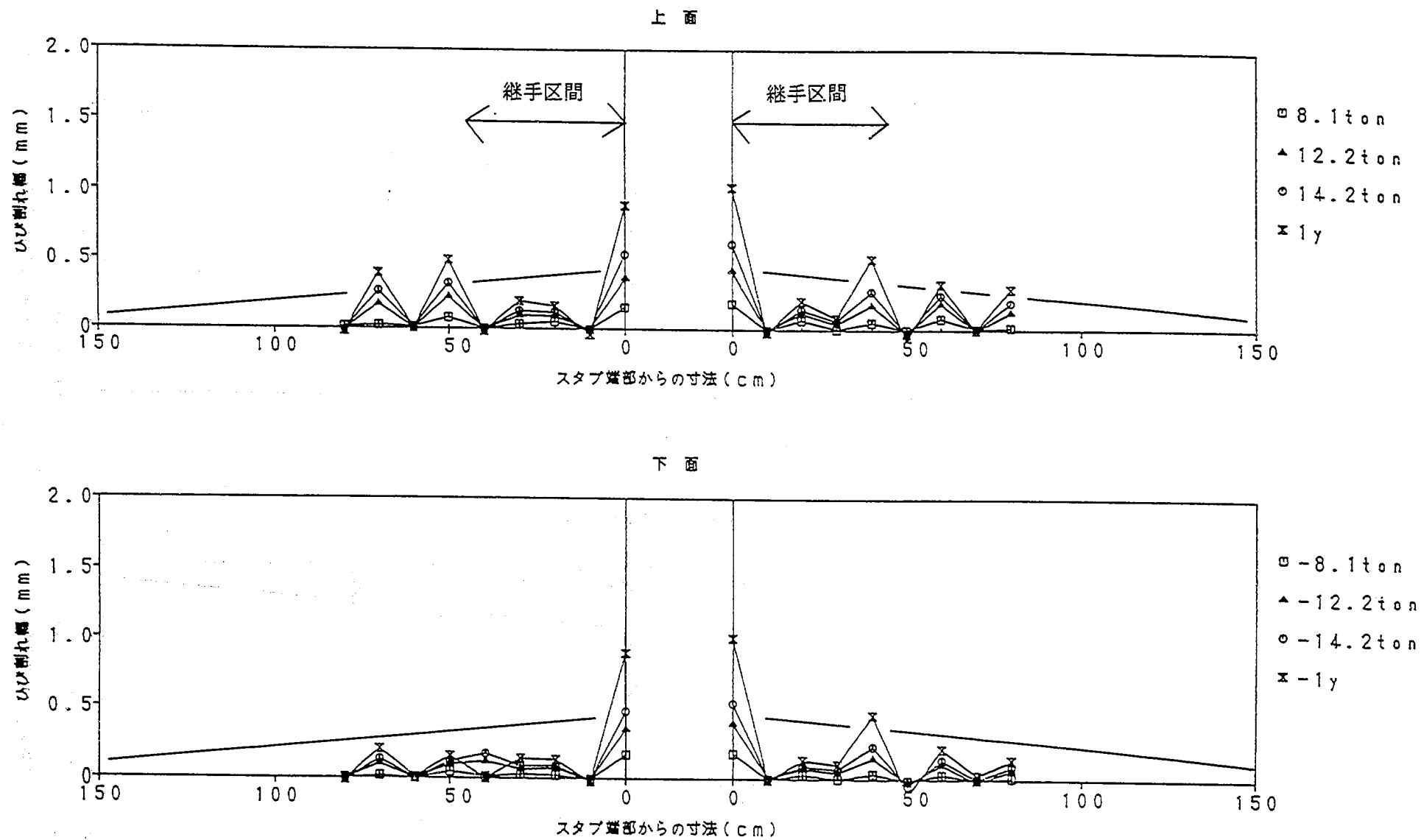


図-12 コンクリートひび割れ幅分布図 (供試体E)

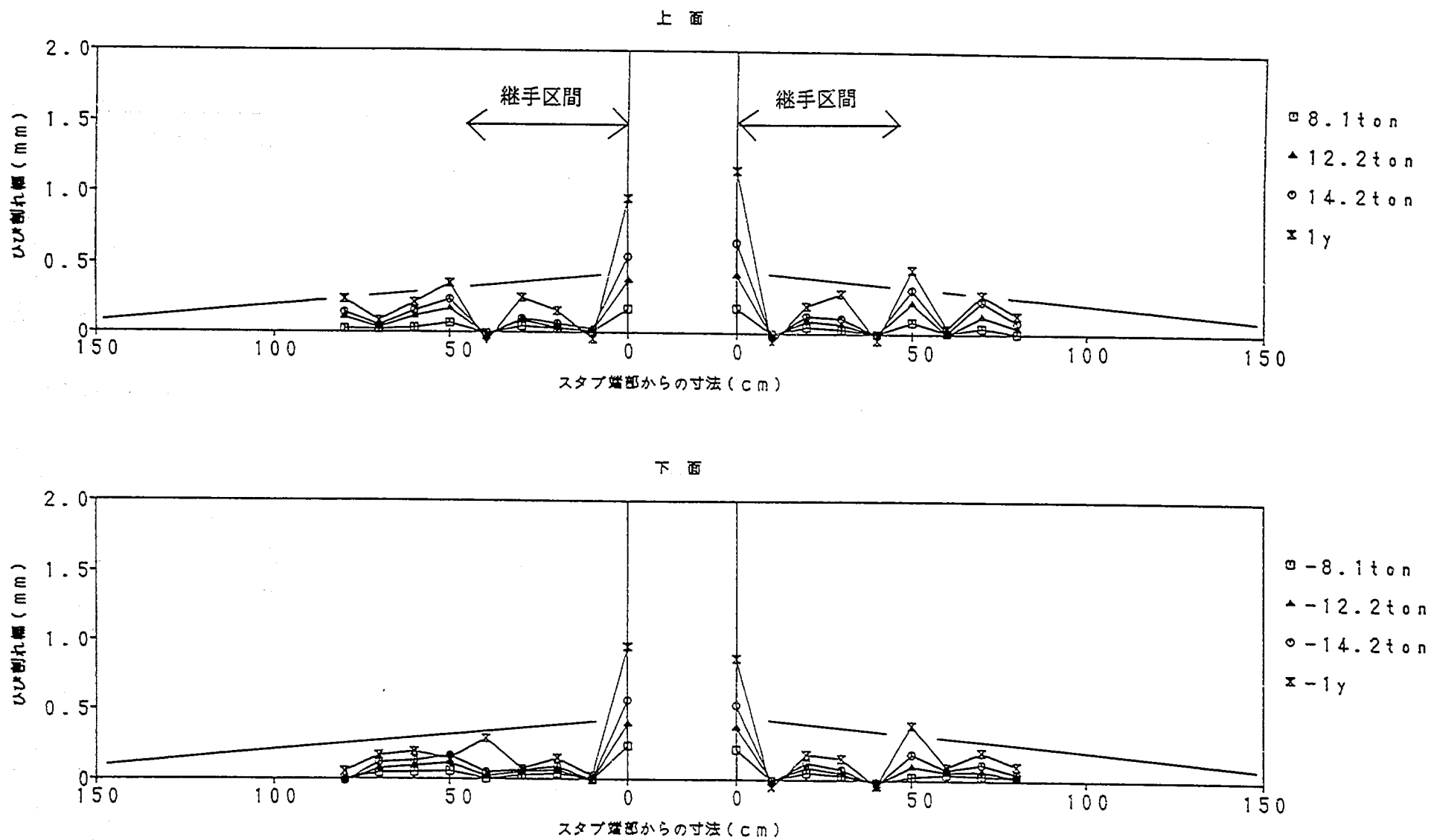
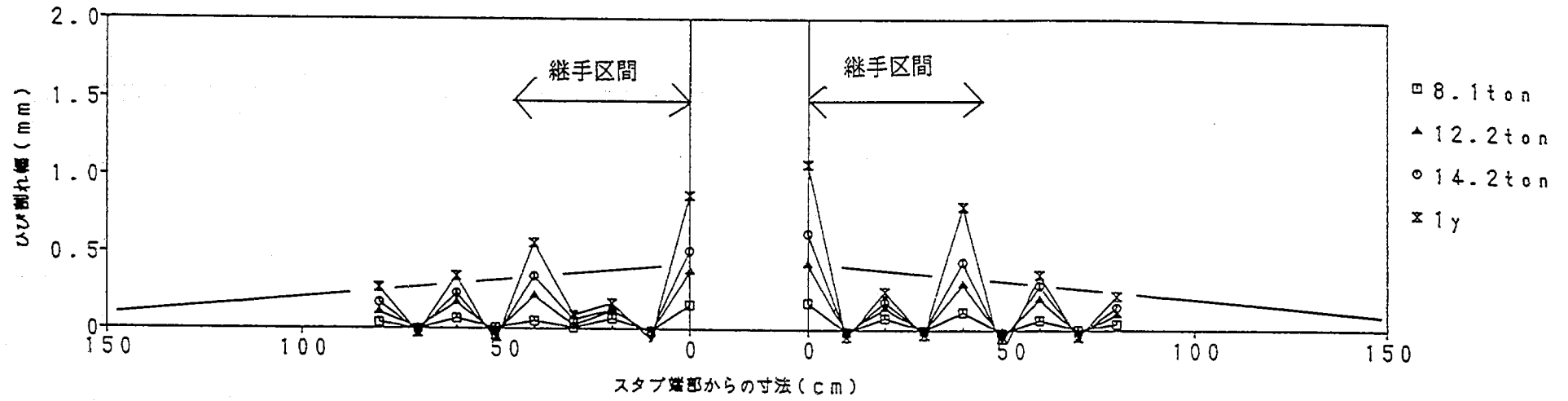


図-12 コンクリートひび割れ幅分布図 (供試体F)

上 面



下 面

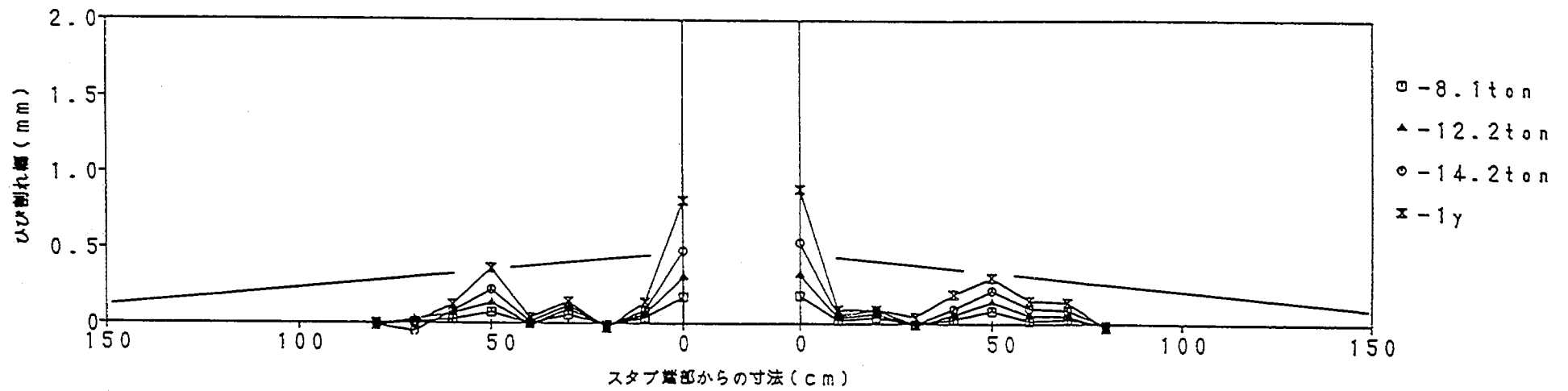


図-12 コンクリートひび割れ幅分布図 (供試体G)

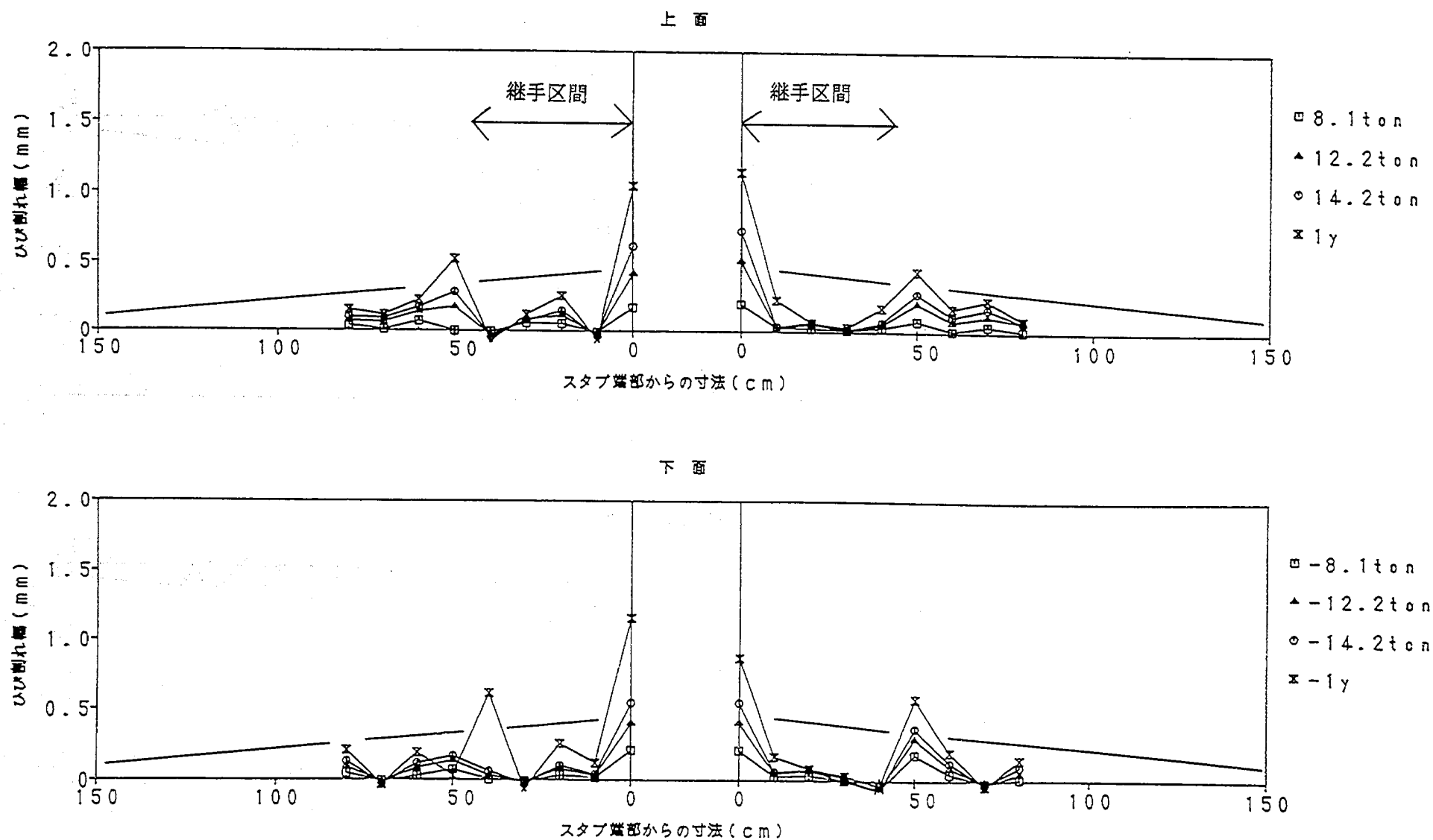


図-12 コンクリートひび割れ幅分布図 (供試体H)

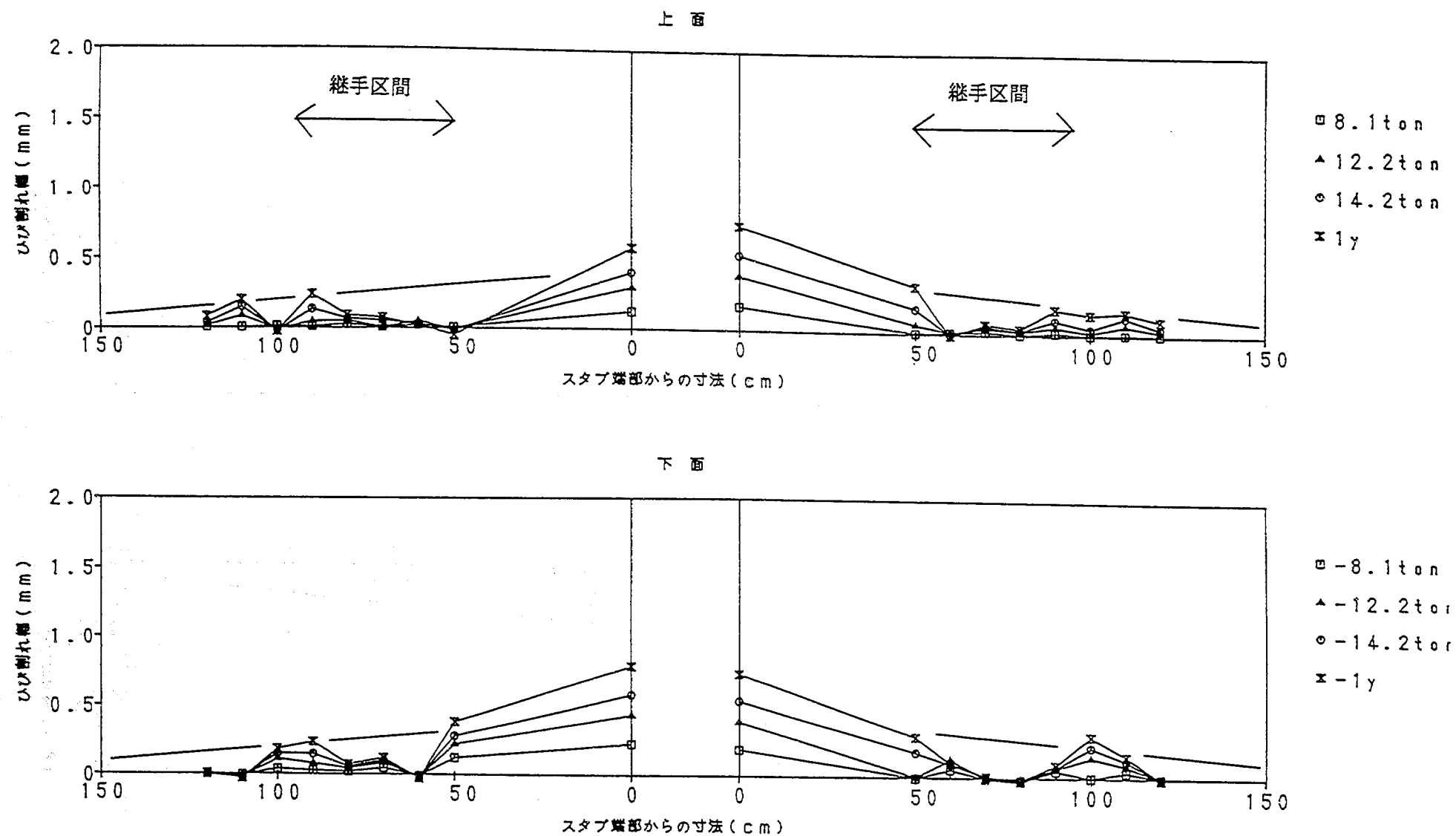


図-12 コンクリートひび割れ幅分布図 (供試体 I)

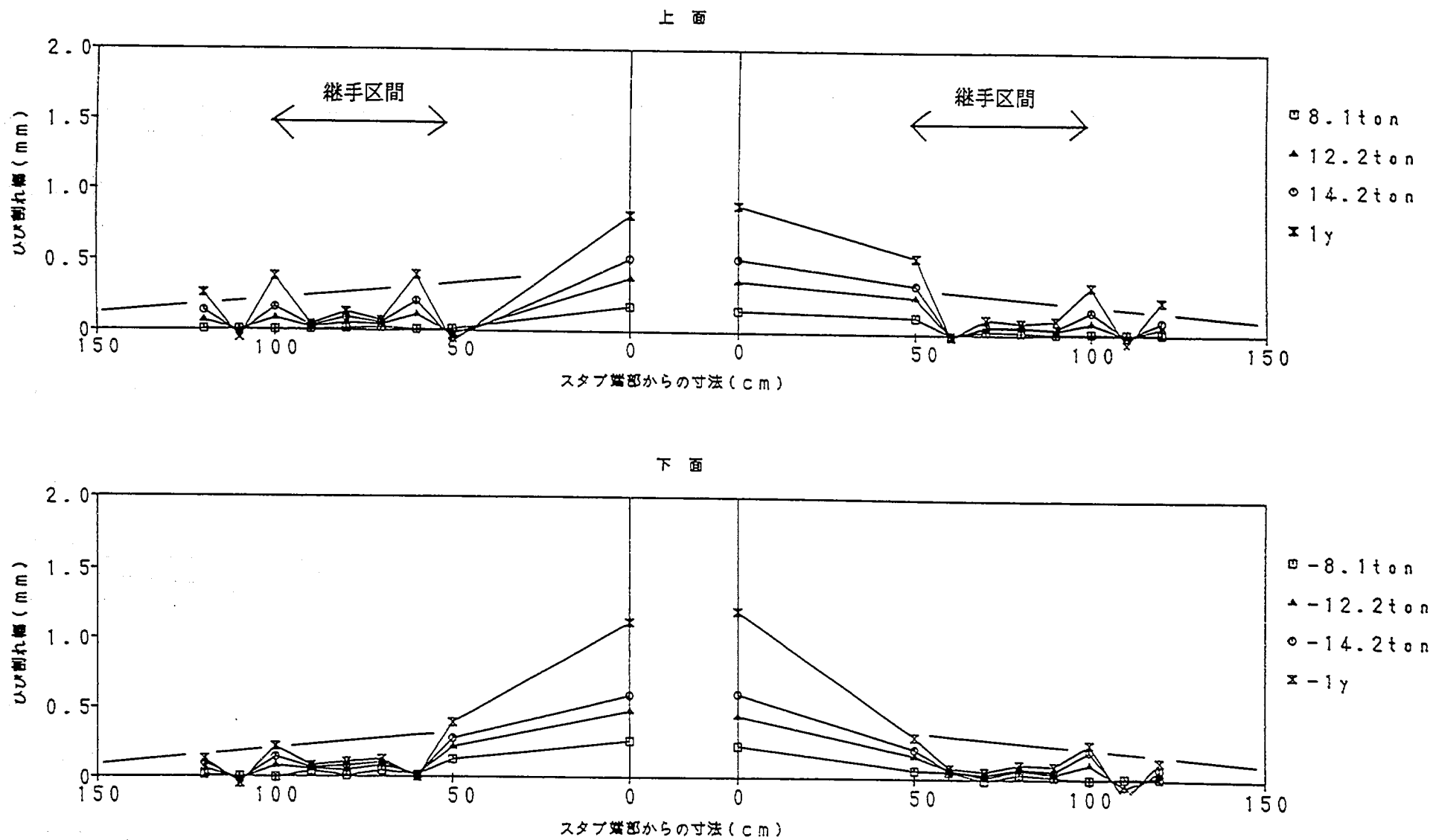


図-12 コンクリートひび割れ幅分布図 (供試体J)

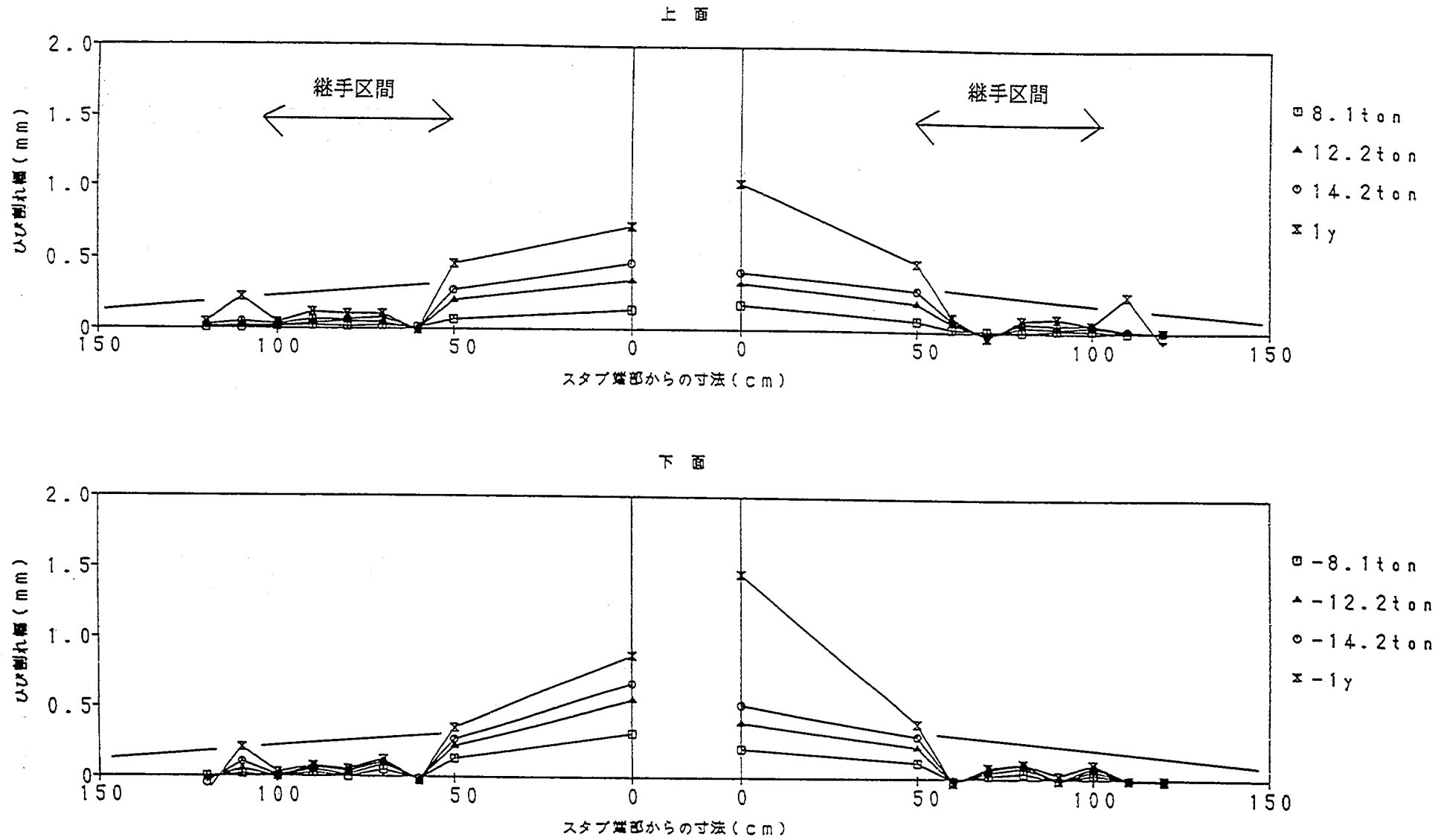


図-12 コンクリートひび割れ幅分布図 (供試体K)

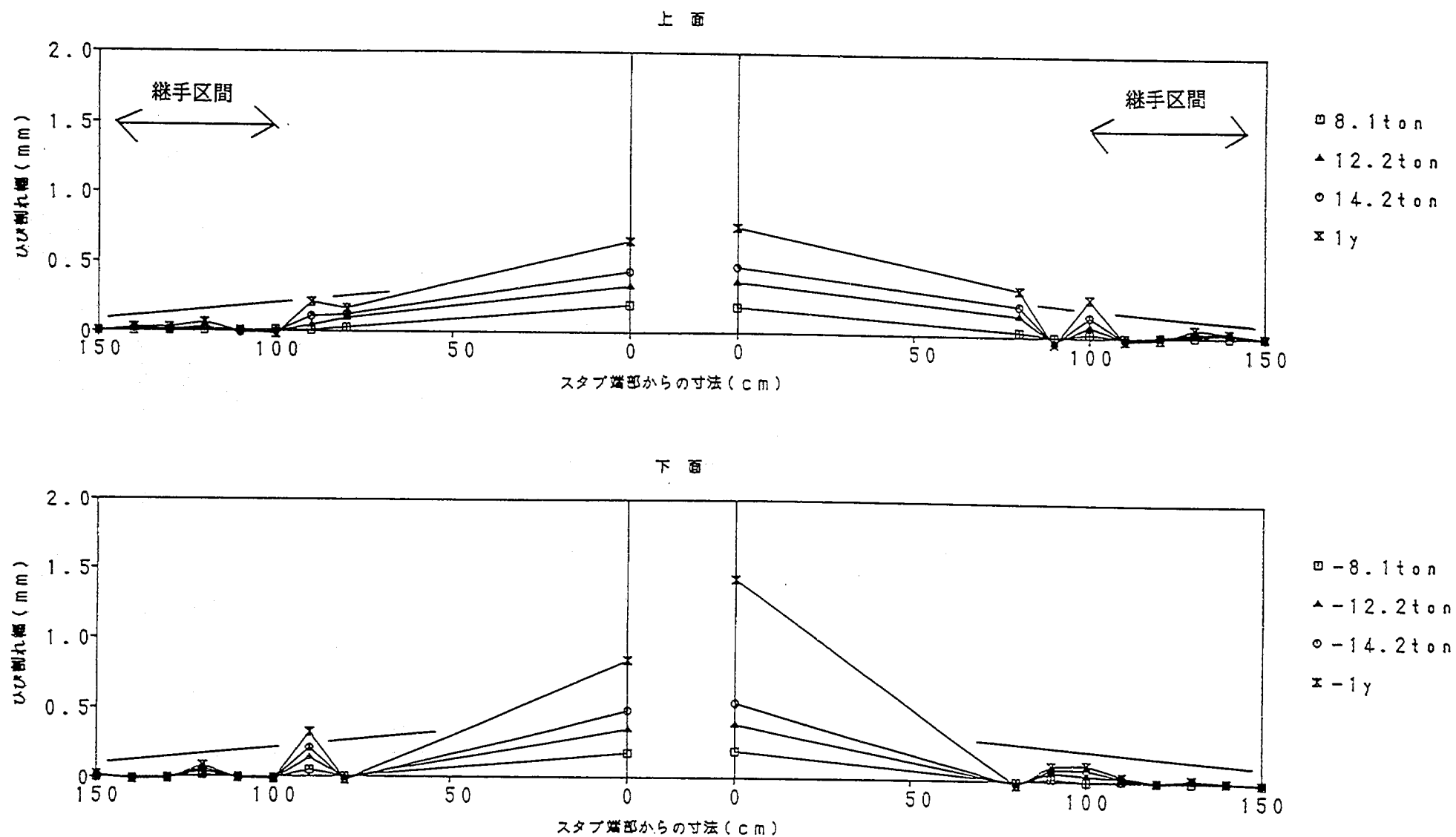


図-12 コンクリートひび割れ幅分布図 (供試体L)

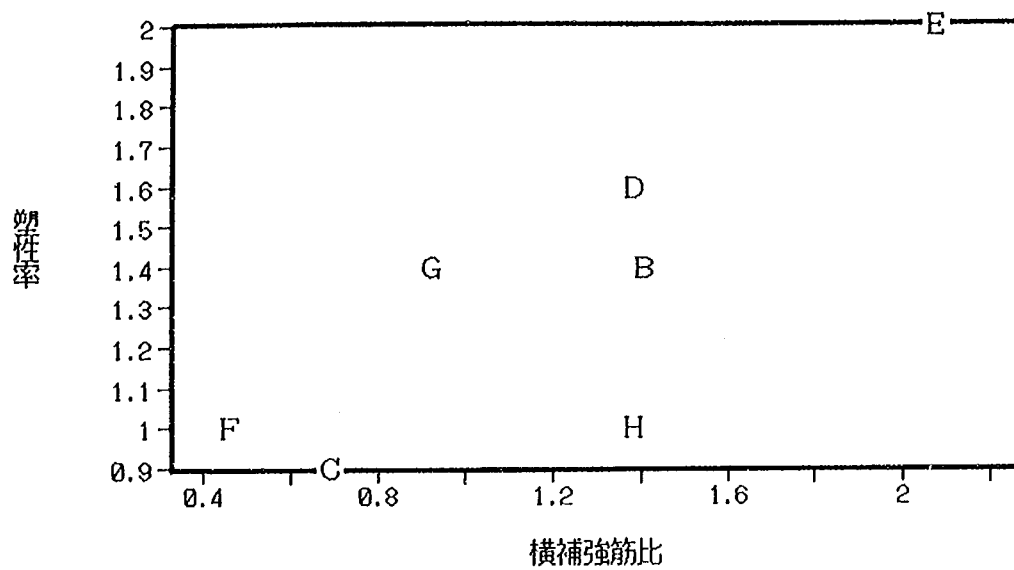


図-13 横補強筋とじん性

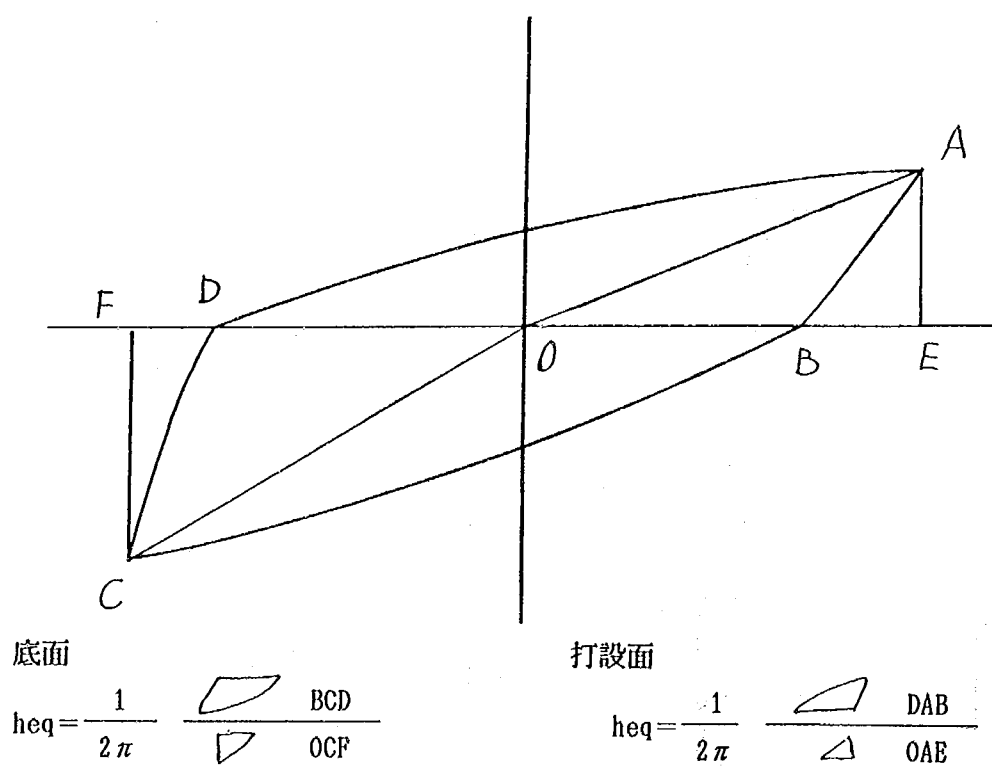
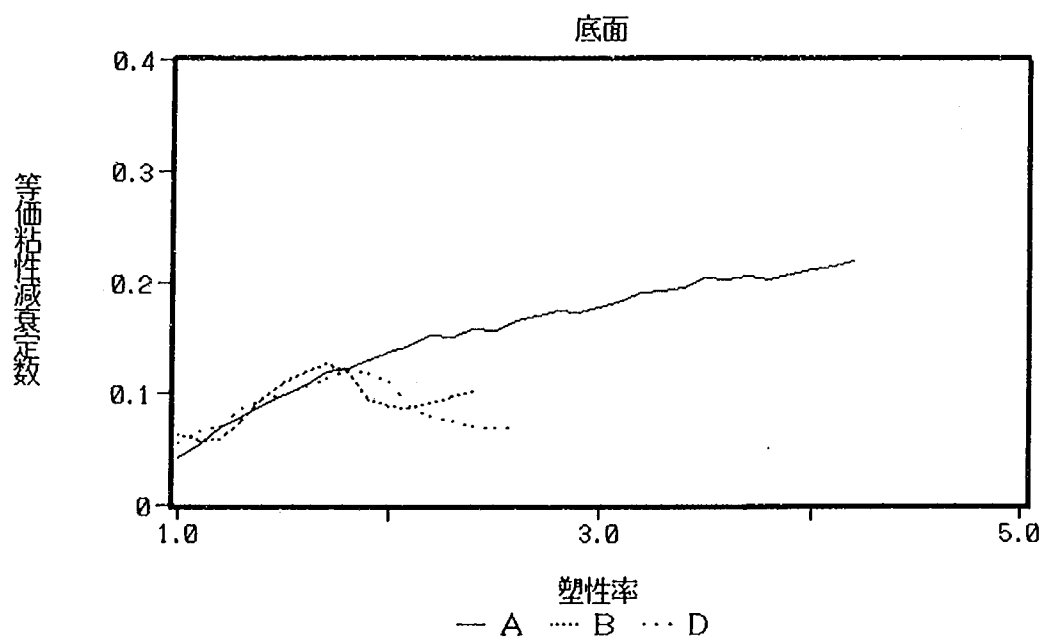
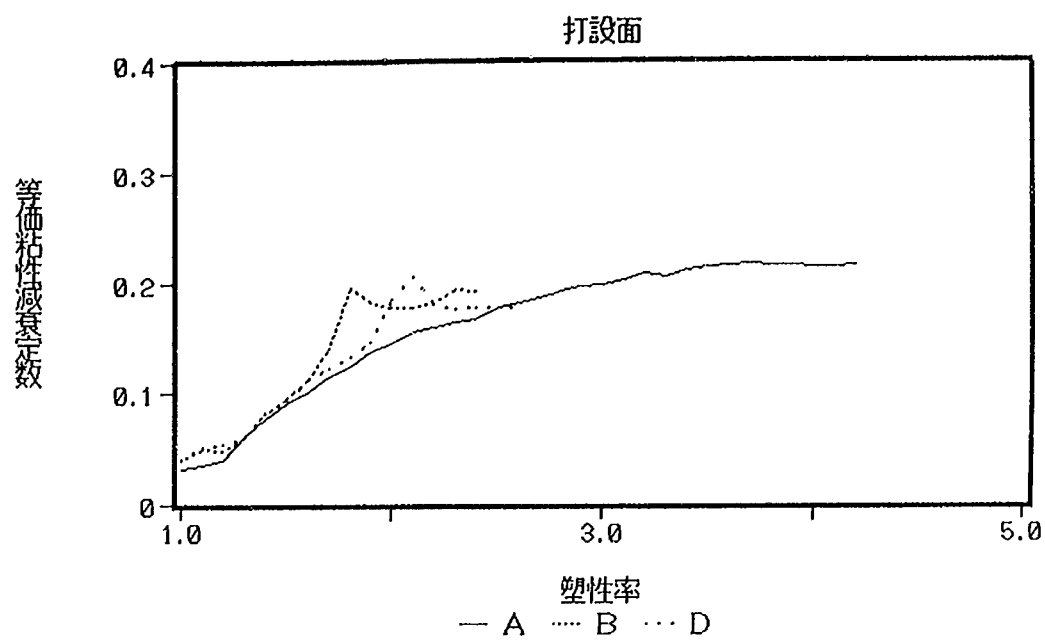
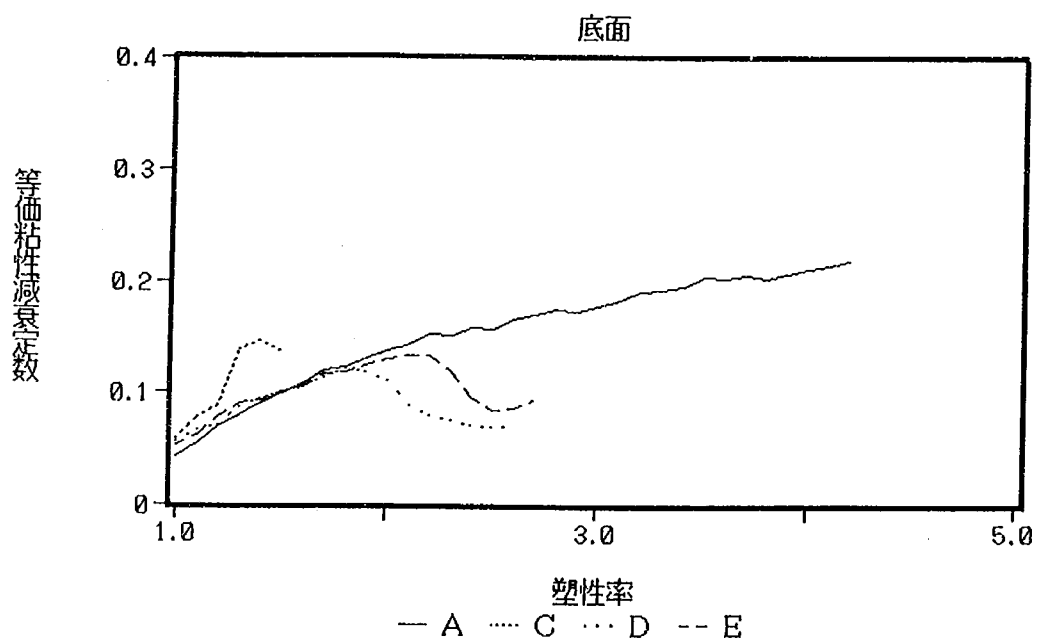
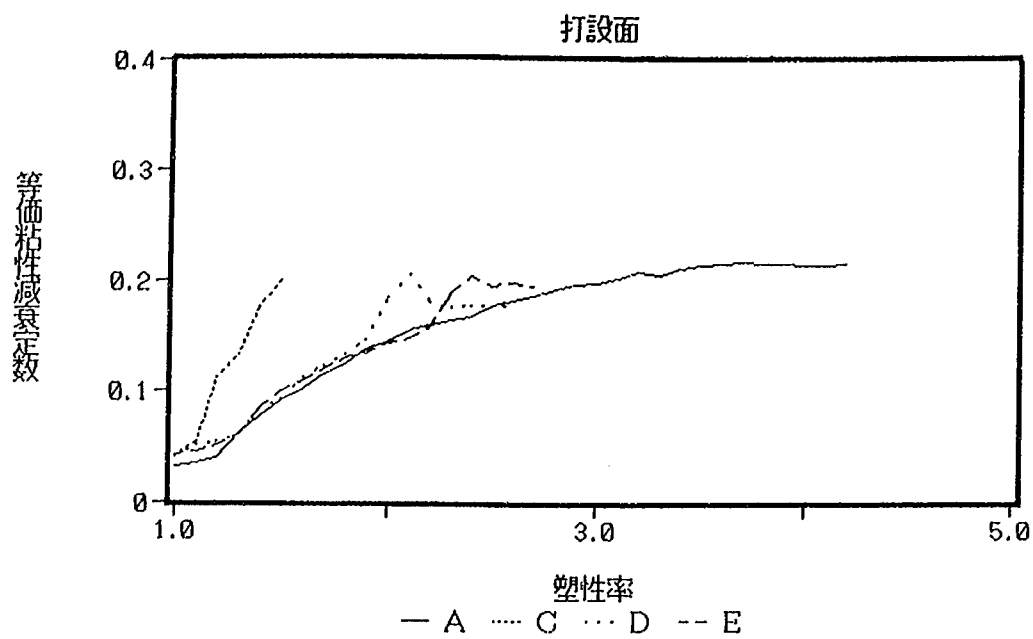


図-14 等価粘性減衰定数の求め方



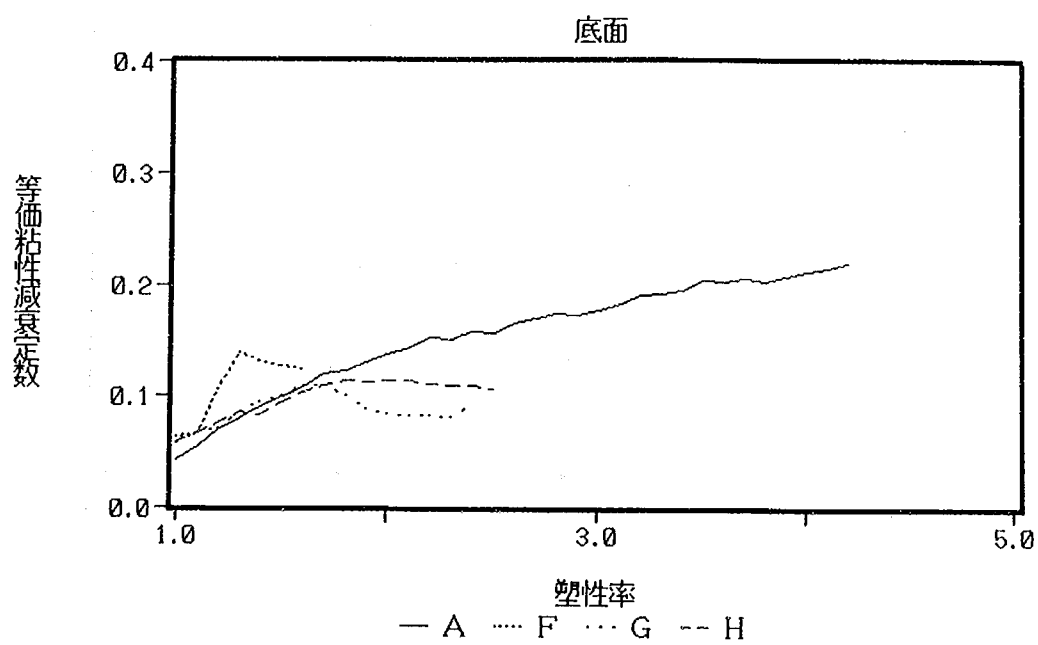
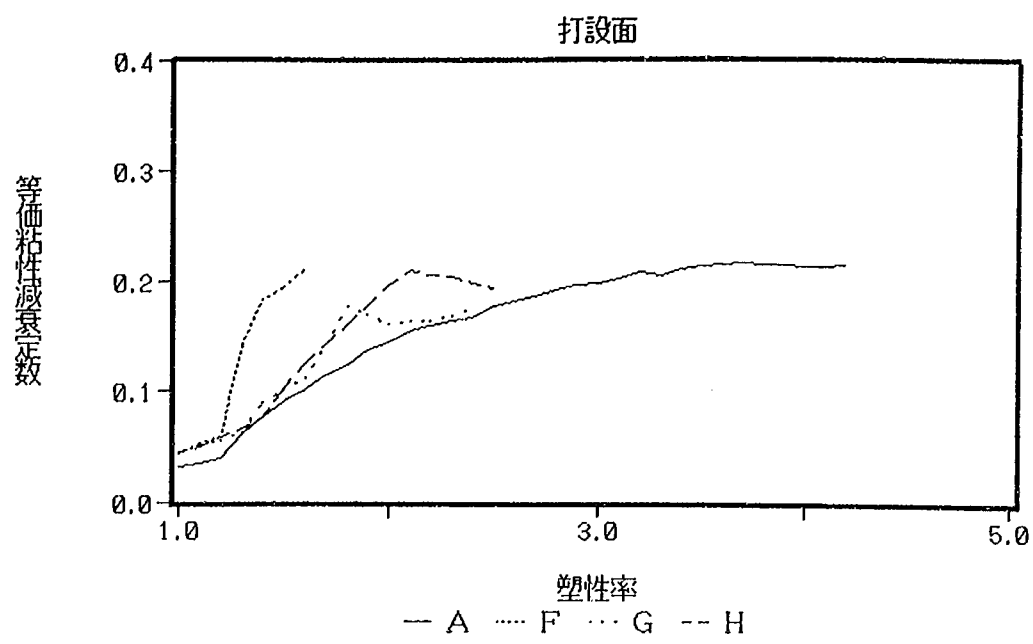
(1) 横補強筋比一定 (0.4%)

図-15 等価粘性減衰定数



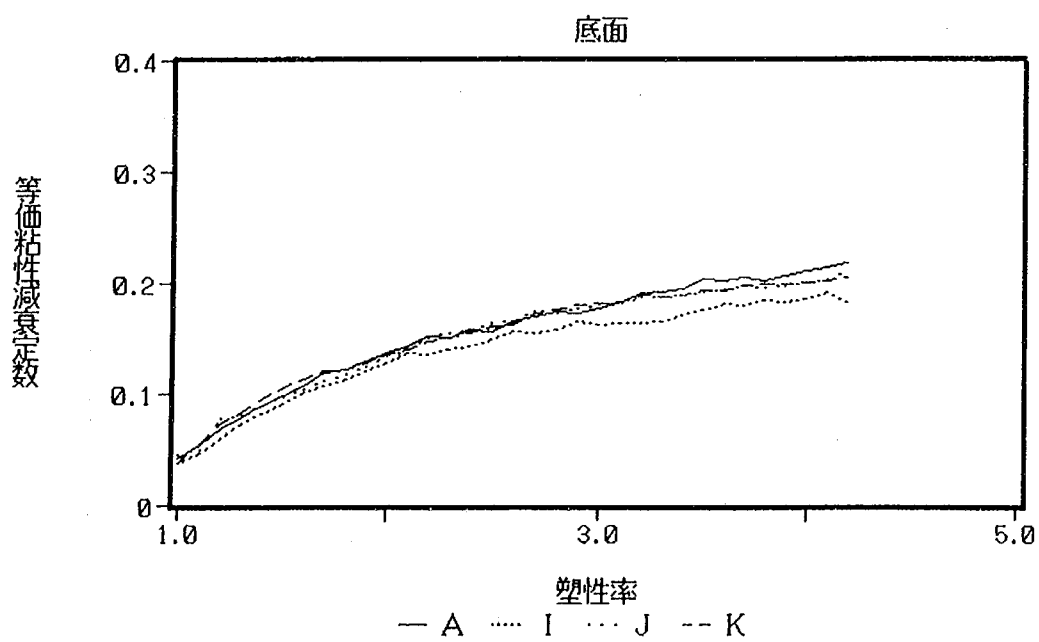
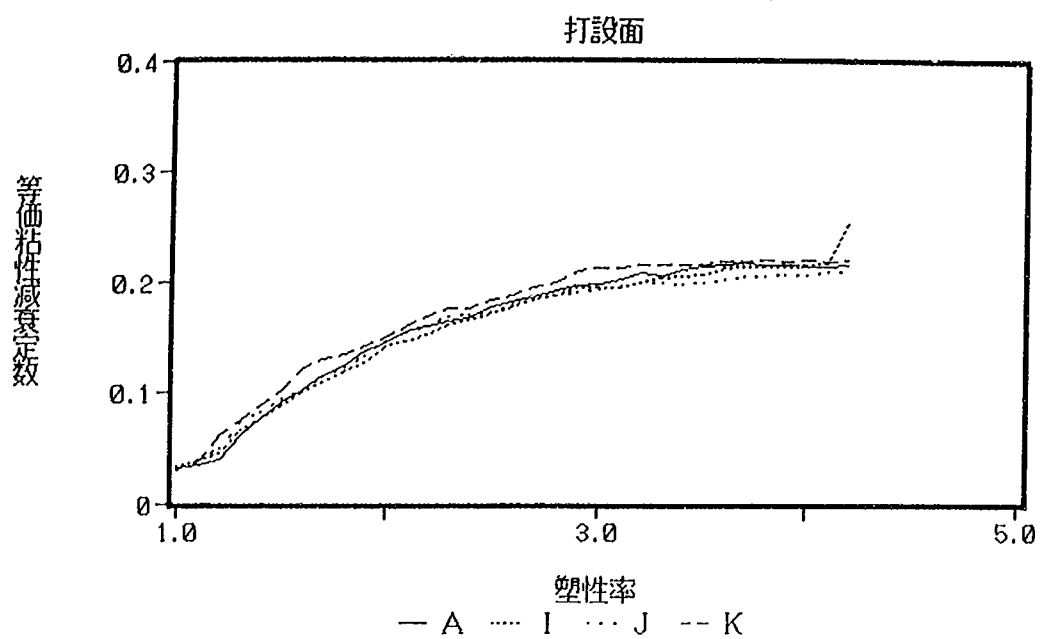
(2) 横補強筋径D10

図-15 等価粘性減衰定数



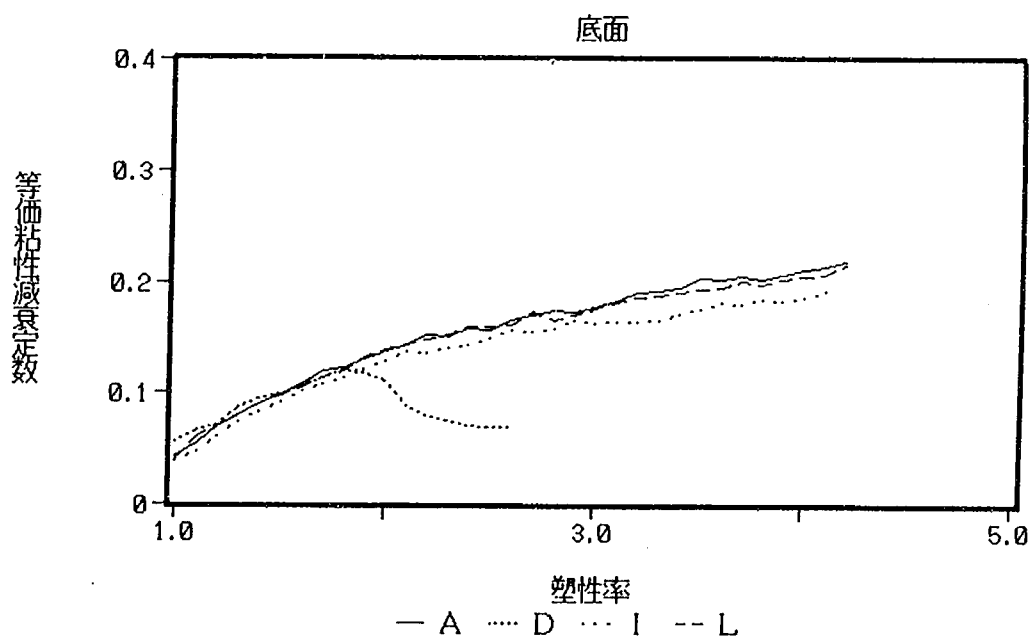
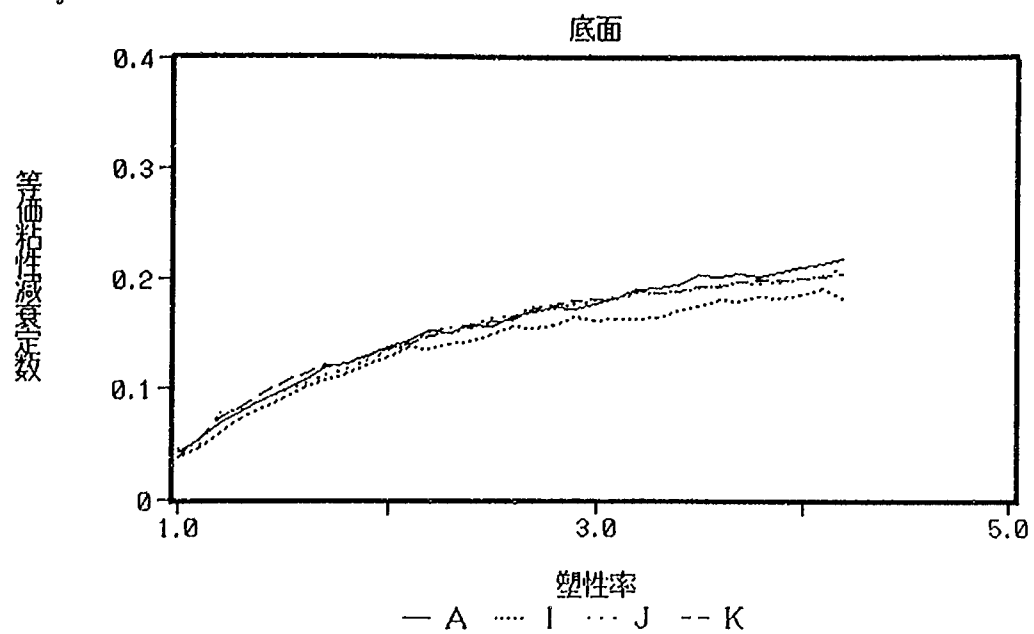
(3) 横補強筋径 D 6

図-15 等価粘性減衰定数



(4) 継手長打設面

図-15 等価粘性減衰定数



(5) 継手位置打設面

図-15 等価粘性減衰定数

自動化に適したコンクリート構造物の設計・
施工技術の開発に関する共同研究報告書(2)
— スポット溶接した鉄筋の強度試験—
— 全数継手に関する載荷実験—

ISSN 0386-5878
共同研究報告第118号
平成7年3月(1995)

建設省土木研究所 材料施工部 コンクリート研究室
財団法人先端建設技術センター
株式会社 大井組 株式会社 鹿島建設 株式会社 熊谷組
株式会社 大成建設 株式会社 清水建設 株式会社 西松建設
株式会社 間組 株式会社 飛島建設 株式会社 前田建設工業株式会社

要旨 建設省総合技術開発プロジェクト「建設事業における施工新技術の開発」では、
「自動化に適したコンクリート構造物の設計・施工技術の開発に関する研究」に関して、
1990年度より建設省土木研究所、財団法人先端建設技術センター、民間企業11社で共同研
究を実施した。本研究は、建設事業の高品質化、効率化、労働環境の向上を図る方策とし
て、鉄筋コンクリート構造物を対象にして、施工の合理化・省力化に当たって、現行諸基
準の問題点を検討し、合理化に適した設計・施工マニュアル(案)の作成を行うものである。
本報告書は、ユニット鉄筋の開発にあたり、以下の2点について実施した結果を取りま
とめたものである。

- ①鉄筋組み立てにスポット溶接を用いた場合の強度実験
- ②同一断面に継手を集めた場合(全数継手)の載荷実験

キーワード：鉄筋の加工・組立て、ユニット鉄筋、全数継手、正負繰り返し載荷、横補強筋、
じん性、スポット溶接、引張強度、疲労強度、せん断強さ、引裂き強さ、曲げ性状

郵便はがき

いは50
円切手
を下さ

305-□□

建設省土木研究所
材料施工部コンクリート研究室 御中

茨城県つくば市大字旭一番地

No. 003

No. 003

配布先氏名

配布先住所



共同研究報告書第118号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名 印

共同研究報告書第118号