

コンクリートの割裂引張試験に関する考察

—半無限板法による割裂引張試験
供試体内部応力度の弾性解析—

正会員 岸 谷 孝 一*
同 平 居 孝 之**

§1 序

コンクリートの引張強度を測定するにあたり，はりの折片を利用した割裂引張試験で測定出来ないものか検討を行った。はりの折片を正方形断面の角柱としてあるいは立方体に切断して用いる方法¹⁾で測定可能であるが，正方形断面の角柱として用いるとはりの折曲げ破断面の影響を処理するのが難解であり，立方体に切断するには手間がかかる。そこでいくつか考えられる方法について供試体内部応力度の解析と実験による検討の結果，割裂引張試験として利用出来ると考えられる方法があり，ここに報告する。また供試体内部応力度を計算するために考案した半無限板法についても説明する。

§2 計算方法の比較

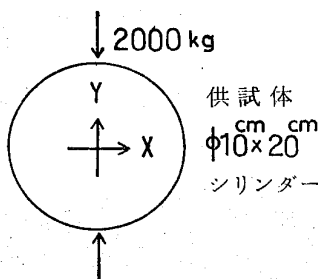
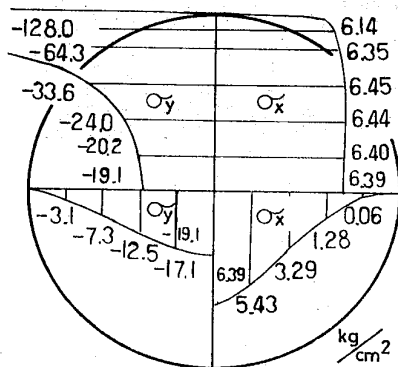


図-1 数値計算比較例



外縁分割点 96, 内部計算点 32, プログラム
285 行, データ 130 行, 算計時間 20 秒
(HITAC 8700/8800)

図-2 半無限板法

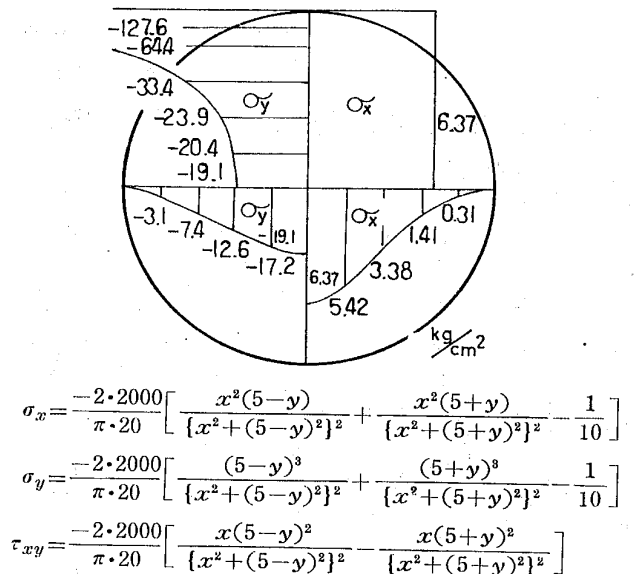
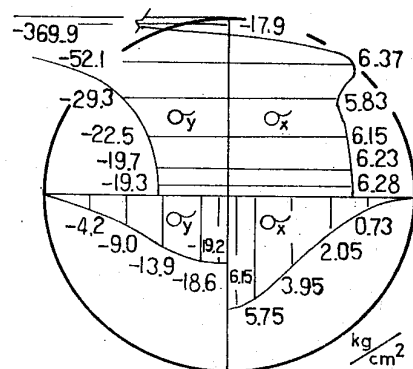


図-3 応力函数 (厳密解)



要素 161 節点 99, (1/4 円), プログラム
322 行, データ 262 行, 計算時間 38 秒
(HITAC 8700/8800)

図-4 有限要素法

図-1 に示すシリンダー型供試体割裂引張試験について供試体を弾性体 2 次元平面応力状態と考えたときの x 軸 y 軸上の主応力度を，半無限板法・応力函数・有限要素法により計算した値をそれぞれ図-2・3・4 に x 軸方向を σ_x , y 軸方向を σ_y として示す。主応力度表示点の xy 座標は半無限板法と応力函数では一致している。これに対して有限要素法では 1/4 円について要素を設定したた

* 東京大学教授 工博

** 東京大学大学院生

(昭和 49 年 3 月 11 日 日本稿受理: 討論期限昭和 50 年 1 月末日)

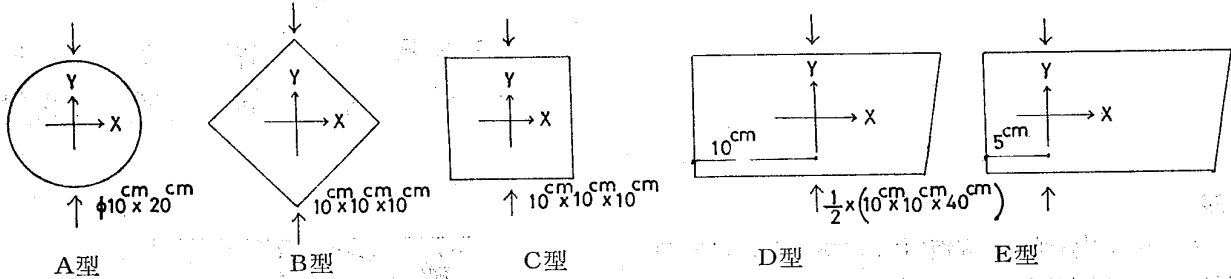
め、 x 軸あるいは y 軸に接する辺長 0.5 cm の三角形要素の主応力度で重心の座標に合せて表示してある。

一般に有限要素法では要素分割の影響が大きく、特に主応力度の方向を示す角度は要素設定に工夫を加えても誤差が生じやすいが、半無限板法ではそのようなことはなく、入力データ作成が簡単で計算値の近似性が良い。半無限板法は内部応力度計算点の設定が自由で便利な方

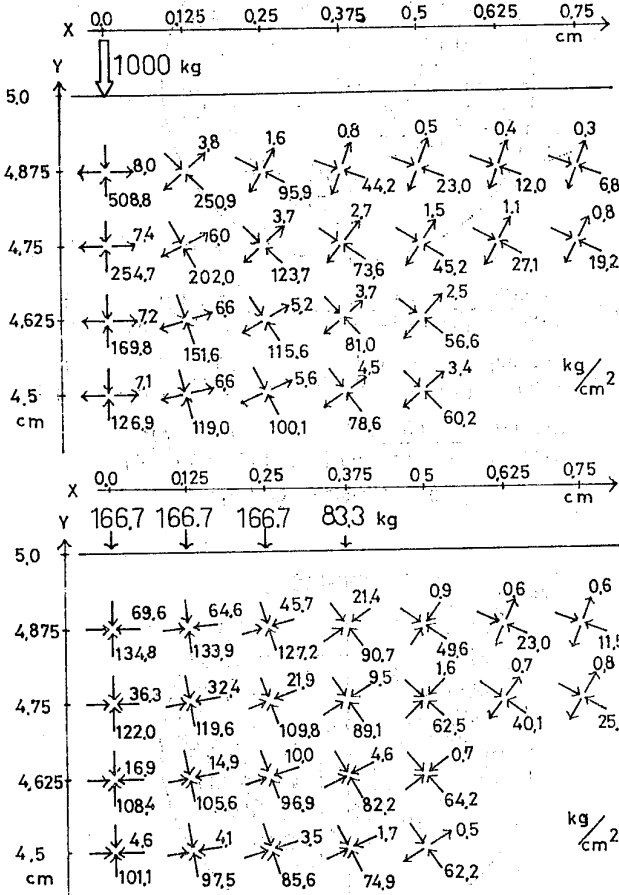
法であるが、利用出来る範囲は狭く、作用する外力がすべて判っており縁が凹でない弾性体多角形平板で近似出来る場合である。

§ 3 はりの折片を用いた割裂引張試験

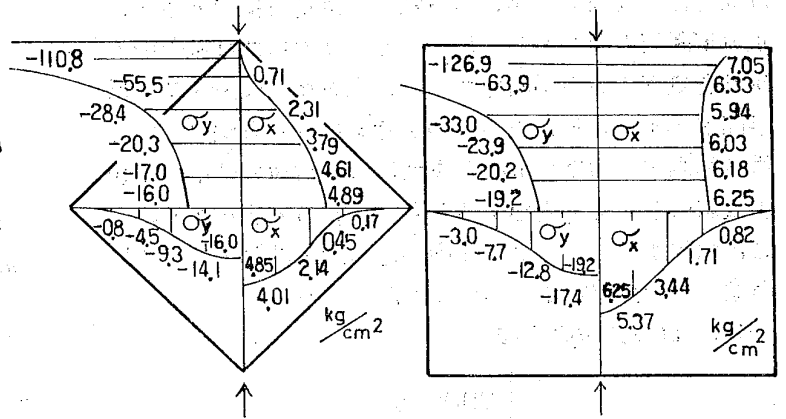
はりの折片を利用した割裂引張試験としては図—5 に示す B・C・D・E の場合が考えられた。これら A を含めて、集中荷重及び微小幅等分布荷重 (A では 2 000kg,



図—5 割裂引張試験方法



図—6 荷重点近傍の主応力度



図—7 B型集中荷重

図—8 C型集中荷重

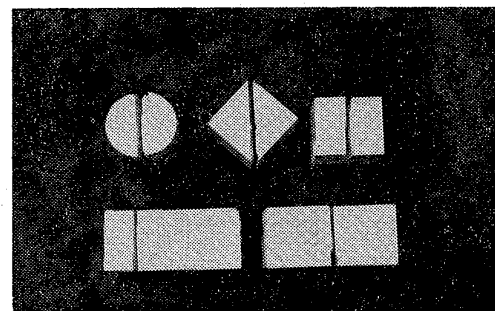
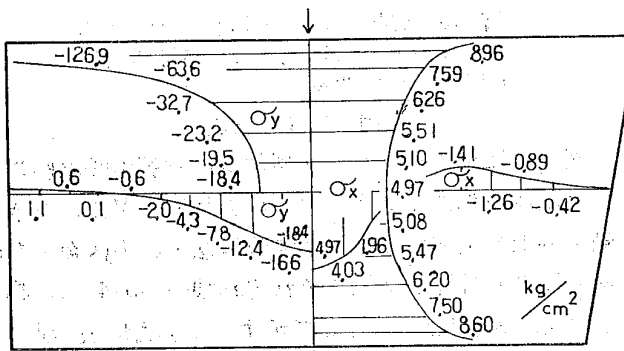
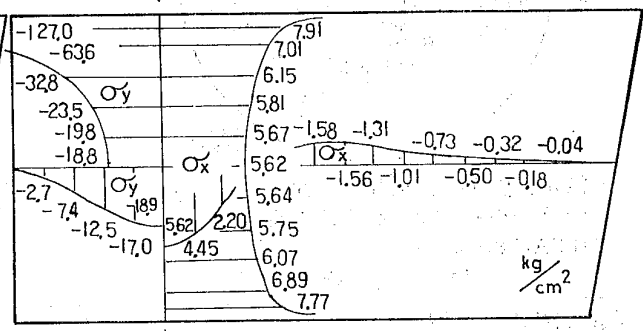


写真 割裂供試体



図—9 D型集中荷重



図—10 E型集中荷重

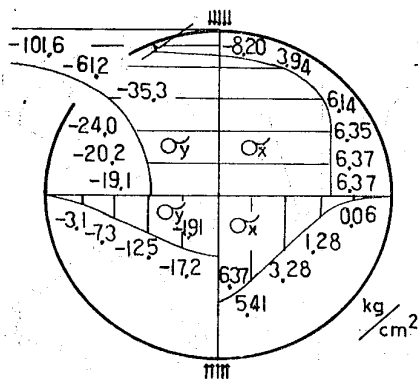


図-11 A型分布荷重

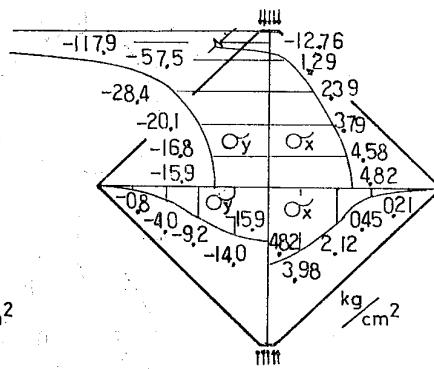


図-12 B型分布荷重

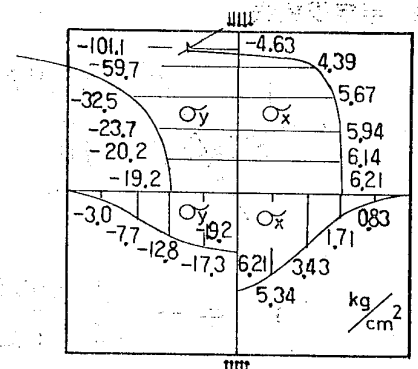


図-13 C型分布荷重

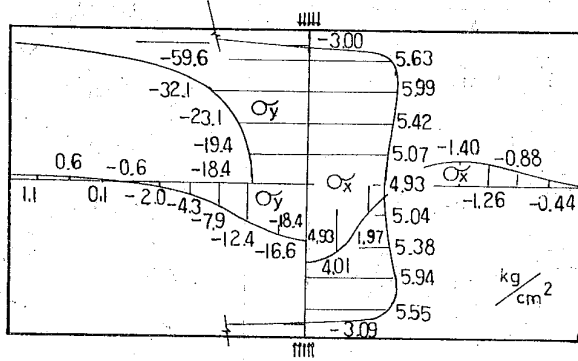


図-14 D型分布荷重

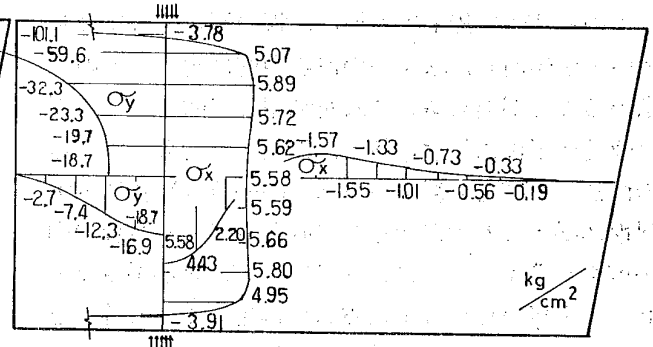


図-15 E型分布荷重

表-1 実験結果

												$\phi 10 \times 20$ 圧縮強度	$10 \times 10 \times 40$ 曲げ強度	
荷重治具	平鋼	100 ^{mm} 丸鋼	30 ^{mm} 丸鋼	8 ^{mm} 平鋼	10 ^{mm} 平鋼	100 ^{mm} 丸鋼	L型鋼	100 ^{mm} 丸鋼	30 ^{mm} 丸鋼	8 ^{mm} 平鋼	10 ^{mm} 平鋼			
内部応力度分布図	11	15												
引張強度係数	0.00637 $\times \frac{1}{2}$	0.00589												
ベースト	破壊荷重 ^{kg}	13000	6675	4403	7113	7000	5723	7490	6860	3913	6065	6435	350	98.3
	引張強度 ^{kg/cm²}	41.4	39.3	25.9	41.9	41.2	34.3	36.1	42.6	24.3	37.7	40.0		
	変動係数	16	6	12	17	28	15	21	20	10	20	15		
モルタル	破壊荷重 ^{kg}	11620	6158	4973	6468	7158	6058	6452	5910	5027	6445	6417	564	72.6
	引張強度 ^{kg/cm²}	37.0	36.3	29.3	38.1	42.2	36.3	31.1	36.7	31.2	40.1	41.5		
	変動係数	10	12	17	6	8	6	15	4	18	9	9		
コンクリート	破壊荷重 ^{kg}	11270	6203	5368	7170	6760	5415	6743	5865	5718	6228	6727	418	57.0
	引張強度 ^{kg/cm²}	35.9	36.5	31.6	42.2	39.8	32.4	32.5	36.5	35.5	38.7	41.8		
	変動係数	10	11	21	12	6	8	13	18	18	9	9		

B~Eでは1000kg)によりx張・y軸上に生じる主応力度の半無限板法による計算値を、x軸方向を σ_x 、y軸方向を σ_y として図7~15に示す。荷重点近傍の主応力度を図5c(図8,13)について示すと図6となる。図11~15の荷重も図6の等分布荷重と同じであり、これを荷重幅を同じとした数種の不等分布荷重として計算しても内部応力度に大差は現れなかったがさらに検討が必要である。y軸上の引張主応力度 σ_x の最大値より算出した引張強度係数と実際に測定した破壊荷重より計算した引張強度を表1に示す。

以上より

- 引張主応力度はy軸上で最大となり、この面で生じる破壊は引張破壊と考えられるが、y軸方向に圧縮応

力が存在している。

- y軸上の引張主応力度分布は、A型と分布荷重のC・E型(図3, 11, 13, 15)がよい。
- 集中荷重では荷重点近傍の引張主応力度が大きく集中荷重に近い荷重状態は不適當である。
- 実験結果では、荷重治具に供試体せいと同径の鋼柱を用いたC型とE型がJIS²⁾に示されるA型に近似した引張強度となる。

このようにはりの折片をそのまま用いて、はり折片の破断側でない端部に内接する円柱がはり上下面と接する接線上において載荷する方法(図5のE型)で、供試体せいと同径の鋼柱を荷重治具とする割裂引張試験により引張強度を測定出来ると考えられる。

§ 4 半無限板法

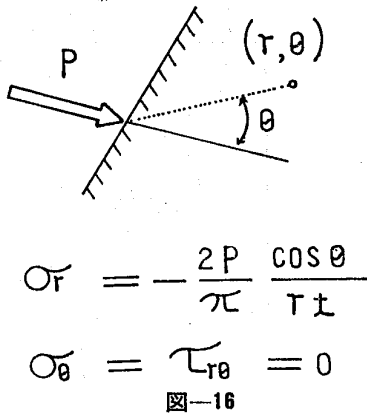


図-16

厚さ t の弾性体半無限板の縁に、板の幅に様に分布する集中力が作用した場合の内部応力度は図-16³⁾ のように求めることが出来る。これを利用して凹でない外周をもつ弾性体平板に任意の外力が作用して釣合っている場合の内部応力度を計算する方法。図-17 の①に示す様な弾性体平板に外力が作用して釣合っている場合の内部応力度を計算するために、②に示す多角形平板で近似させる。半無限板の縁上に点Aに作用している外力と同値の集中力が作用した時の半無限板内部応力度は、図-16の様に計算で求めこれを σ_{A1} とする。この半無限板を③の様に②と同じ形状の多角形平板で点線の如く切り取り、点線内の応力度が切り取った後も変化しない様な仮想外力が縁上に作用していると考え。同じ事を④⑤の様に外力の作用している他の点についても行って重ね合わせると、⑥に示す様に②に仮想外力が作用した場合となり、このときの内部応力度は $\sum_{\alpha=A}^F \sigma_{\alpha 1}$ で計算される。この仮想外力を解除するため⑦の如く仮想外力を打消す外力を与える。この外力の縁に垂直方向成分の単位面積当りの全縁周にわたる平均値を応力のフィルター $\bar{\sigma}_{f1}$ とすると、⑧に示す外力は応力のフィルター $\bar{\sigma}_{f1}$ が作用している⑨と、残りの成分が作用している

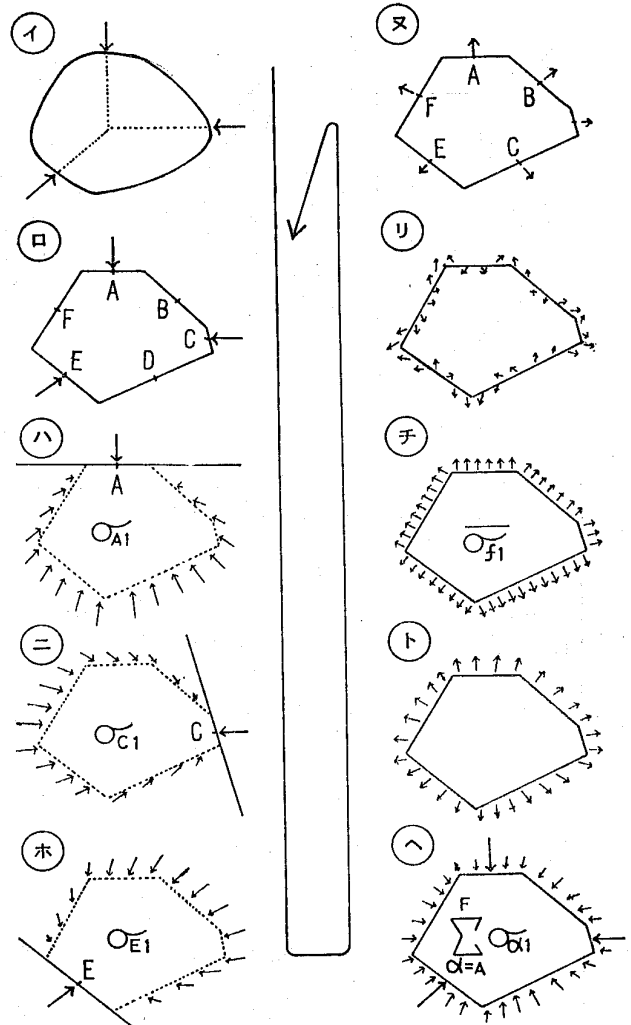


図-17

①に分けられる。この⑨の場合を⑧の様に集中外力により近似させれば、これは外力の状態が変化しただけで②に示した計算開始の場合と同じであり、計算を繰返すことが出来る。この繰返す計算により内部応力度は半無限板内部応力度 $\sum \sigma_{\alpha 1}$ と応力のフィルターによる内部応力度 ($\sigma_x = \sigma_y = \bar{\sigma}_{f1}$, $\tau_{xy} = 0$) によって次式の様に集積されていく。

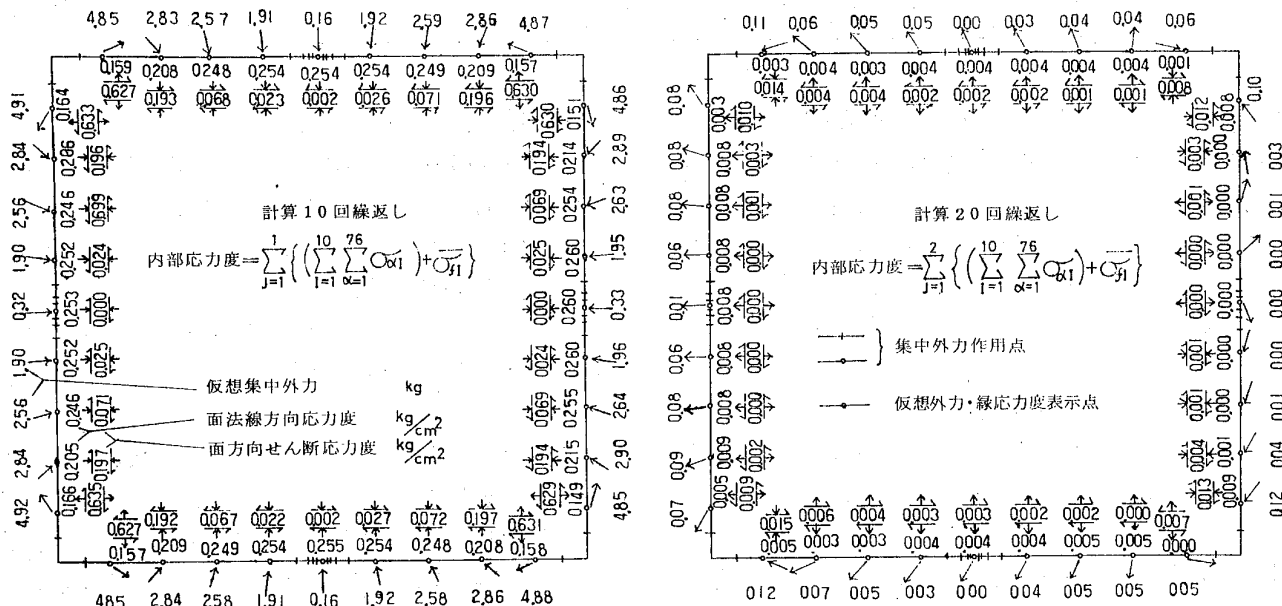
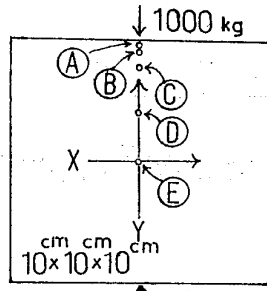


図-18 仮想外力と縁上の応力度



- σ_x 表示点座標 cm
- A (0.0 4.75)
 - B (0.0 4.5)
 - C (0.0 4.0)
 - D (0.0 2.0)
 - E (0.0 0.0)

① 式による $\sigma_x = \sum_{i=1}^n \left\{ \left(\sum_{\alpha=1}^{76} \sigma_{\alpha i} \right) + \bar{\sigma}_{f1} \right\}$

② 式による $\sigma_x = \sum_{j=1}^m \left\{ \left(\sum_{i=1}^{10} \sum_{\alpha=1}^{76} \sigma_{\alpha i} \right) + \bar{\sigma}_{fj} \right\}$

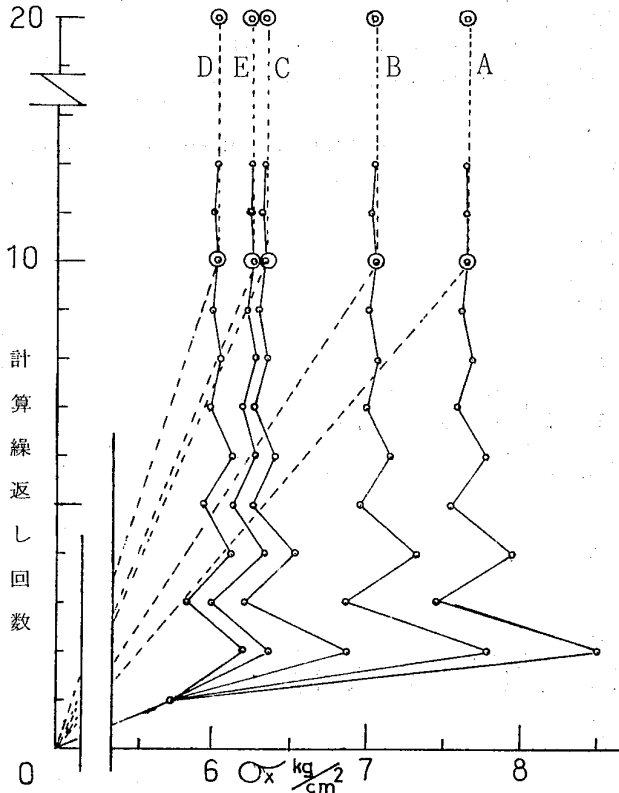


図-19 計算過程

$$\left\{ \left(\sum_{\alpha=A}^F \sigma_{\alpha 1} \right) + \bar{\sigma}_{f1} \right\} + \left\{ \left(\sum_{\alpha=A}^F \sigma_{\alpha 2} \right) + \bar{\sigma}_{f2} \right\} + \dots + \sum_{j=1}^n \left\{ \left(\sum_{\alpha=A}^F \sigma_{\alpha j} \right) + \bar{\sigma}_{fj} \right\} \dots (1)$$

また仮想外力打消し計算を数回続けて行った後、応力のフィルターをまとめて作用させる方法では (2) 式となる。

$$\sum_{j=1}^m \left\{ \left(\sum_{i=1}^l \sum_{\alpha=A}^F \sigma_{\alpha i} \right) + \bar{\sigma}_{fj} \right\} \dots (2)$$

さきの図-8 の場合について実際の計算過程を図-19 に示す。仮想外力が $\sqrt{0.5}$ kg 以下になった時を計算繰返しの打切りとすると、① 式では 12 回、② 式では 20 回で計算を終了する。② 式による計算 10 回目と 20 回目の仮想外力と外縁上に存在する応力度を示すと図-18 になる。繰返し計算 20 回目において仮想外力と外縁上の応力度に左右上下の対称性がなくなっているのは、仮想外力が小さくなって計算誤差の影響が大きくなった

集中荷重作用点分割例	等分布荷重 w / 単位長さ A 計算線長 = 12.66 A
分割例 1 $\alpha = A$	
分割例 2 $\alpha = \frac{1}{2}A$	
分割例 3 $\alpha = \frac{1}{4}A$	
分割例 4 $\alpha = \frac{1}{8}A$	
分割例 5 $\alpha = \frac{1}{16}A$	

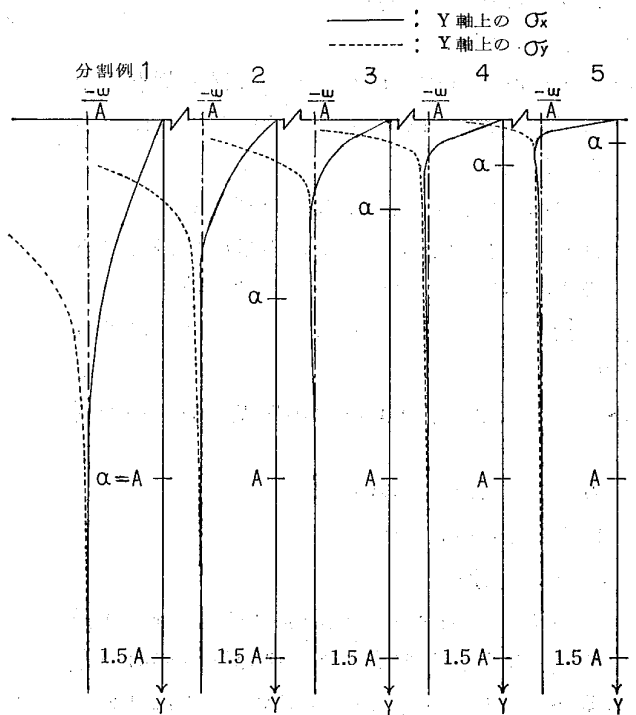


図-20 外縁分割点の影響

めである。

分布荷重を集中力で置換える操作をするので、集中力作用点近くの誤差を調べなければならない。そのため図-20 に示す様に単位厚さの半無限板の縁に等分布荷重がかかっている時、これを 5 つの外縁分割例について y 軸上の応力度 $\sigma_x \sigma_y$ の計算値と真の応力度 $\sigma_x = \sigma_y = -w/A$ を比較すると、最小分割間隔を a として $y < a$ では差が大きく、 $a < y < A$ では僅かに異なり、 $A < y$ ではほぼ等しいことが判る。これはサン・ブナンの定理³⁾と一致する。それ故内部応力度計算点を近くにもつ外縁は集中力作用点から隣りの作用点までの間隔と同じ距離以上離れた所に内部応力度計算点がある様に、集中力作用点を設定しなければならない。

§5 むすび

はりの折片を用いたコンクリートの割裂引張強度の測定方法を提案したが、荷重装置について各種のコンクリ

ートで試験する必要がある。半無限板法については参考にプログラムを示すので、利用可能な問題をお持ちの方はぜひ試みられたい。

参 考

- 1) 建築学大係 13. 建築材料学
- 2) JIS A 1113 コンクリートの引張強度試験方法
- 3) Theory of Elasticity by S.P. Timoshenko, J.N. Goodier

プログラム解説

NPRO : 計算モデルの数

NMOD(I) : 計算モデルの番号

ND : 外縁分割点の数

NS : 内部応力度計算点の数

T : モデルの厚さ

外縁分割点座標 DP (I, 1~2) と外縁分割点に作用する集中外力 P (I, 1~2) = (大きさ, 作用方向) の入出力。

モデルの単位厚さについて計算を続ける。

I 番目の外縁分割点から I+1 番目の外縁分割点までの距離=R(I) 方向=FF(I) の計算。

外縁分割点は任意の点を始点として右回りに番号を付ける。

I 番目の外縁分割点が直線上か頂点にあるかの判定。

直線上 : $G(I) = 180.0$

頂点上 : $G(I) = 999.0$

AS : 外縁の全長

A(I) : I 番目の外縁分割点が受け持つ外縁の長さ。頂点上に外縁分割点がある時は隣りの直線上にある外縁分割点を受け持つ外縁の長さに加算する。頂点上の外縁分割点の両隣りは必ず直線上の外縁分割点を設定する。

頂点には集中外力を作用させない。

内部応力度計算点座標 SP(I, 1~2) の入出力。

C(I, 1~3) : 内部応力度計算点の応力度マトリックス

$$C(I, 1) = \sigma_x$$

$$C(I, 2) = \sigma_y$$

$$C(I, 3) = \tau_{xy}$$

```

C C C C C C C C
      SEMI-INFINITE PLANE METHOD   ----T.HIRAI----
C C C C C C C C C C C C C C C C C C
      PROGRAM   NO. 104
C
      MAIN
C
      COMMON A(200),B(200,3),C(100,3),D(200,200,2),E(200,100,2),FF(200),
      1P(200,2),R(200),G(200),DP(200,2),SP(100,2),ND,NS,T,AS,ICC
C
      DIMENSION NMOD(5)
C
      READ (5,1020) NPRO,(NMOD(I),I=1,5)
1020  FORMAT (6I5)
C
      DU 15 IPR0=1,NPRO
C
      WRITE (6,2020) IPR0,NMOD(IPR0)
2020  FORMAT (1H1,///1H,10X,20HNUMBER OF PROBLEM =,13,10X,14HMODEL NUM
      1BER =,15)
      READ (5,1001) ND,NS,T
1001  FORMAT (2I5,F10.5)
      WRITE (6,2001) ND,NS,T
2001  FORMAT (1H0,///1H,19H*** DIVIDED POINT =,15,19H *** STRESS POINT
      1=,15,12H *** THICK =,F10.5,///1H,37HDIVIDED POINT,CO-ORDINATE,OUT
      2ER FORCE)
      DU 10 I=1,ND
      READ (5,1002) N,DP(I,1),DP(I,2),P(I,1),P(I,2)
1002  FORMAT (I5,4F10.5)
      WRITE (6,2002) N,DP(I,1),DP(I,2),P(I,1),P(I,2)
2002  FORMAT (1H,I5,4F10.5)
      10 CONTINUE
      WRITE (6,2005)
2005  FORMAT (1H1,///1H,54HDIVIDED POINT,CO-ORDINATE,OUTER FORCE,AREA,B
      1ODY VECTOR,1H0)
C
      DO 70 I=1,ND
      P(I,1)=P(I,1)/T
      IF (I.EQ.ND) GO TO 71
      X1=DP(I+1,1)
      X0=DP(I,1)
      Y1=DP(I+1,2)
      Y0=DP(I,2)
      GO TO 72
71  X1=DP(I,1)
      X0=DP(ND,1)
      Y1=DP(I,2)
      Y0=DP(ND,2)
72  R(I)=SQRT((X1-X0)**2+(Y1-Y0)**2)
      IF ((X1-X0).EQ.0.0) GO TO 77
      FF(I)=57.3*ATAN((Y1-Y0)/(X1-X0))
      IF (X1-X0) 73,77,70
73  IF (Y1-Y0) 75,76,76
76  FF(I)=FF(I)+180.0
      GO TO 70
75  FF(I)=FF(I)-180.0
      GO TO 70
77  IF (Y1-Y0) 78,79,79
78  FF(I)=-90.0
      GO TO 70
79  FF(I)=90.0
70  CONTINUE
C
      DO 80 I=1,ND
      IF (I.EQ.1) GO TO 87
      IF ((FF(I)-FF(I-1))**2-0.01) 86,85,85
87  IF ((FF(I)-FF(ND))**2-0.01) 86,85,85
85  G(I)=999.0
      GO TO 80
86  G(I)=180.0
80  CONTINUE
C
      AS=0.0
C
      DO 90 I=1,ND
      A(I)=0.0
      IF (G(I).EQ.999.0) GO TO 94
      IF (I.EQ.1) GO TO 95
      IF (G(I-1).EQ.999.0) GO TO 91
      A(I)=R(I-1)*0.5
      GO TO 92
91  A(I)=R(I-1)
      GO TO 92
95  IF (G(ND).EQ.999.0) GO TO 97
      A(I)=R(ND)*0.5
      GO TO 92
97  A(I)=R(ND)
92  IF (I.EQ.ND) GO TO 96
      IF (G(I+1).EQ.999.0) GO TO 93
      A(I)=A(I)+R(I)*0.5
      GO TO 94
93  A(I)=A(I)+R(I)
      GO TO 94
96  IF (G(I).EQ.999.0) GO TO 98
      A(ND)=A(ND)+R(ND)*0.5
      GO TO 94
98  A(ND)=A(ND)+R(ND)
94  WRITE (6,2006) I,DP(I,1),DP(I,2),P(I,1),P(I,2),A(I),FF(I),G(I)
2006  FORMAT (1H,I5,7F10.5)
      AS=AS+A(I)
90  CONTINUE
      WRITE (6,2004) AS
2004  FORMAT (1H0,6H** AS=,F15.7,1H1,///1H,24HSTRESS POINT,CO-ORDINATE)
C
      DO 20 I=1,NS
      READ (5,1003) N,SP(I,1),SP(I,2)
1003  FORMAT (I5,2F10.5)
      WRITE (6,2003) N,SP(I,1),SP(I,2)
2003  FORMAT (1H,I5,2F10.5)
      C(I,1)=0.0
      C(I,2)=0.0
      C(I,3)=0.0
      20  CONTINUE
C
    
```

計算繰返しを 10 回行った後 (ICC=10), 応力の
フィルターをまとめて作用させる。

内部応力度計算点の応力度 C(I, 1~3) の出力。
せん断応力度 C(I, 3) は+を+。

外縁分割点の応力度 B(I, 1~3) と集中外力 P(I,
1~2) の出力。

集中外力の大きさにより計算打ち切りの判定。

内部応力度計算点の主応力度の出力

H 1 : 主応力度 (最大)

H 2 : 主応力度 (最小)

H 3 : せん断応力度

ANGLE : H1 の作用方向

(注) 角度はすべて反時計回りを正とし, 方向を
示す時は x 軸の正の方向を 0 として -180 をこ
え 180 以下の値で用いる。

I 番目の外縁分割点から J 番目の外縁分割点に到
るベクトルの計算。

D(I, J, 1) : ベクトルの大きさ

D(I, J, 2) : ベクトルの方向

I 番目の外縁分割点から J 番目の内部応力度計算
点に到るベクトルの計算。

E(I, J, 1) : ベクトルの大きさ

E(I, J, 2) : ベクトルの方向

```

C      CALL VECTOR
C      DO 40 I=1,6
C      DO 41 ICC=1,10
C      CALL STRESS
C      CALL FORCE
C      41 CONTINUE
C      WRITE (6,2009)
2009  FORMAT (1H1,///1H ,35HSTRESS POINT**CO-ORDINATE**STRESS)
      DO 60 I=1,NS
      WRITE (6,2010) I,SP(I,1),SP(I,2),C(I,1),C(I,2),C(I,3)
2010  FORMAT (1H0,I5,2F10.5,3E15.7)
      60 CONTINUE
      WRITE (6,2007)
2007  FORMAT (1H1,///1H ,44HDIVIDED POINT**CO-ORDINATE**STRESS**FORCE
1,1H )
      DO 50 I=1,ND
      WRITE (6,2008) I,DP(I,1),DP(I,2),B(I,1),B(I,2),B(I,3),P(I,1),P(I,2)
1),G(I)
2008  FORMAT (1H ,I5,2F10.5,5E12.5,F10.5)
      50 CONTINUE
C      DO 30 I=1,ND
      IF (P(I,1)**2-0.005) 30,30,40
      30 CONTINUE
      GO TO 31
C      40 CONTINUE
C      31 WRITE (6,2011)
2011  FORMAT (1H1,///1H ,55HSTRESS POINT,CO-ORDINATE,MAINSTRESS,ANGLE,ST
RESS-X-Y-XY)
      DO 55 I=1,NS
      HA=(C(I,1)-C(I,2))/2.0
      HB=SQRT(HA**2+C(I,3)**2)
      H1=(C(I,1)+C(I,2))/2.0+HB
      H2=(C(I,1)+C(I,2))/2.0-HB
      H3=HB
      IF (HA) 42,43,44
C      ANGLE WA H1 NO HOKOO O SHIMESU, *SENDAN SHU OORUOKU H3 WA
C      ANGLE-45 NARU MEN NI SAYO SURU
C      44 ANGLE=-28.65*ATAN(C(I,3)/HA)
      GO TO 45
      42 IF (C(I,3)) 46,47,47
      47 ANGLE=-28.65*ATAN(C(I,3)/HA)-90.0
      GO TO 45
      46 ANGLE=-28.65*ATAN(C(I,3)/HA)+90.0
      GO TO 45
      43 IF (C(I,3)) 48,49,49
      49 ANGLE=-45.0
      GO TO 45
      48 ANGLE=45.0
      45 WRITE (6,2012) I,SP(I,1),SP(I,2),H1,H2,H3,ANGLE,C(I,1),C(I,2),C(I,
13)
2012  FORMAT (1H0,I5,9F10.5)
      55 CONTINUE
C      15 CONTINUE
C      STOP
C      END
C      SUBROUTINE VECTOR
C      COMMON A(200),B(200,3),C(100,3),D(200,200,2),E(200,100,2),FF(200),
1P(200,2),R(200),G(200),DP(200,2),SP(100,2),ND,NS,I,T,AS,ICC
C      DO 110 I=1,ND
C      DO 120 J=1,ND
      XD=DP(J,1)-DP(I,1)
      YD=DP(J,2)-DP(I,2)
      D(I,J,1)=SQRT(XD**2+YD**2)
      IF (XD.EQ.0.0) GO TO 151
      D(I,J,2)=ATAN(YD/XD)*57.3
      IF (XD) 101,151,120
      101 IF (YD) 131,132,132
      131 D(I,J,2)=D(I,J,2)-180.0
      GO TO 120
      132 D(I,J,2)=D(I,J,2)+180.0
      GO TO 120
      151 IF (YD) 152,153,153
      152 D(I,J,2)=-90.0
      GO TO 120
      153 D(I,J,2)=90.0
      120 CONTINUE
C      DO 130 J=1,NS
      XD=SP(J,1)-DP(I,1)
      YD=SP(J,2)-DP(I,2)
      E(I,J,1)=SQRT(XD**2+YD**2)
      IF (XD.EQ.0.0) GO TO 161
      E(I,J,2)=ATAN(YD/XD)*57.3
      IF (XD) 103,161,130
      103 IF (YD) 141,142,142
      141 E(I,J,2)=E(I,J,2)-180.0
      GO TO 130
      142 E(I,J,2)=E(I,J,2)+180.0
      GO TO 130
      161 IF (YD) 162,163,163
      162 E(I,J,2)=-90.0
      GO TO 130
      163 E(I,J,2)=90.0
      130 CONTINUE
C      110 CONTINUE
C      RETURN
C      END

```

B(I, 1~3) : 外縁分割点応力度マトリックス

$$B(I, 1) = \sigma_x$$

$$B(I, 2) = \sigma_y$$

$$B(I, 3) = \tau_{xy}$$

I 番目の外縁分割点に作用する集中外力により J 番目の外縁分割点に生じる応力度の計算。

(図-16 参照)

I 番目の外縁分割点に作用する集中外力により J 番目の内部応力度計算点に生じる応力度の計算。

(図-16 参照)

外縁分割点あるいは内部応力度計算点の座標が重なっていないかを調べる。

X : 応力のフィルター

仮想外力を打消す集中外力の計算。

外縁分割点が受持つ外縁上の応力度は外縁分割点の応力度で近似する。

H 1 : モールの応力円の中心

H 2 : σ_x のモールの応力円における余弦

H 3 : モールの応力円の半径

ANG : 外縁分割点における主応力度の方向

FA : モールの応力円上で外縁の法線方向
応力度を表す点を作る角度

H(I, 1) : 外縁分割点の法線方向応力度

H(I, 2) : 外縁分割点の面方向せん断応力度

計算繰返し 10 回目で応力のフィルター X の計算。(符号に注意)

PA : 外縁分割点の法線方向集中外力, モデルの内部に向うものを正

PB : 外縁分割点の面方向集中外力, 縁の方向 FF(I) の反対方向のものを正

FB : 縁の方向 FF(I) より PA・PB の合力の作用方向までの角度

P(I, 1) : 次回繰返し計算の集中外力の大きさ

P(I, 2) : 次回繰返し計算の集中外力の方向

繰返し計算 10 回目のとき応力のフィルター X を
応力度計算点の応力度マトリックスにかける。

```

SUBROUTINE STRESS
C
COMMON A(200),B(200,3),C(100,3),D(200,200,2),E(200,100,2),FF(200),
1P(200,2),R(200),G(200),DP(200,2),SP(100,2),ND,NS,T,AS,ICC
C
DO 210 I=1,ND
DO 210 J=1,3
210 B(I,J)=0.0
C
DO 230 I=1,ND
IF (P(I,1).EQ.0.0) GO TO 230
IF (G(I).EQ.999.0) GO TO 230
C
DO 240 J=1,ND
IF (G(J).EQ.999.0) GO TO 240
IF (J.EQ.1) GO TO 240
IF (D(I,J,1).EQ.0.0) GO TO 260
SR=-0.6366*P(I,1)*COS((D(I,J,2)-P(I,2))/57.3)/D(I,J,1)
CC=COS(D(I,J,2)/57.3)
CS=SIN(D(I,J,2)/57.3)
B(J,1)=B(J,1)+SR*CC**2
B(J,2)=B(J,2)+SR*CS**2
B(J,3)=B(J,3)-SR*CC*CS
240 CONTINUE
C
DO 250 J=1,NS
IF (E(I,J,1).EQ.0.0) GO TO 260
SR=-0.6366*P(I,1)*COS((E(I,J,2)-P(I,2))/57.3)/E(I,J,1)
CC=COS(E(I,J,2)/57.3)
CS=SIN(E(I,J,2)/57.3)
C(J,1)=C(J,1)+SR*CC**2
C(J,2)=C(J,2)+SR*CS**2
C(J,3)=C(J,3)-SR*CC*CS
250 CONTINUE
GO TO 230
C
260 WRITE (6,2201) I,J
2201 FORMAT (1H0,///1H ,39HVECTOR = 0 , NUMBER OF DIVIDED POINT,///1H
1 ,215,24HD(1,J,1) DR E(1,J,1)=0.0,///1H ,14H STOP )
STOP
C
230 CONTINUE
C
RETURN
C
END
SUBROUTINE FORCE
C
COMMON A(200),B(200,3),C(100,3),D(200,200,2),E(200,100,2),FF(200),
1P(200,2),R(200),G(200),DP(200,2),SP(100,2),ND,NS,T,AS,ICC
C
DIMENSION H(200,2)
C
X=0.0
C
DO 310 I=1,ND
IF (G(I).EQ.999.0) GO TO 310
H1=(B(I,1)+B(I,2))/2.0
H2=(B(I,1)-B(I,2))/2.0
H3=SQRT(H2**2+B(I,3)**2)
IF (H2) 301,303,302
302 ANG=0.5*ATAN(B(I,3)/H2)*57.3
GO TO 304
301 IF (B(I,3)) 305,306,306
306 ANG=0.5*ATAN(B(I,3)/H2)*57.3+90.0
GO TO 304
305 ANG=0.5*ATAN(B(I,3)/H2)*57.3-90.0
GO TO 304
303 IF (B(I,3)) 307,308,308
308 ANG=45.0
GO TO 304
307 ANG=-45.0
304 FA=0.03491*(ANG+FF(1)+90.0)
H(I,1)=H1+H3*COS(FA)
H(I,2)=H3*SIN(FA)
IF (ICC=10) 310,371,310
371 X=X+H(I,1)*A(I)
310 CONTINUE
X=X/AS
C
DO 340 I=1,ND
IF (G(I).EQ.999.0) GO TO 350
IF (ICC.EQ.10) GO TO 372
PA=H(I,1)*A(I)
GO TO 373
372 PA=(H(I,1)-X)*A(I)
373 PB=H(I,2)*A(I)
IF (PB) 311,313,312
312 FB=180.0+ATAN(PA/PB)*57.3
GO TO 314
311 FB=ATAN(PA/PB)*57.3
GO TO 314
313 IF (PA) 315,316,316
315 FB=90.0
GO TO 314
316 FB=-90.0
314 PXY=FF(I)+FB
IF (PXY=180.0) 317,317,318
318 P(I,2)=PXY-360.0
GO TO 319
317 IF (PXY=180.0) 320,320,321
320 P(I,2)=PXY+360.0
GO TO 319
321 P(I,2)=PXY
319 P(I,1)=SQRT(PA**2+PB**2)
GO TO 340
350 P(I,2)=0.0
P(I,1)=0.0
340 CONTINUE
C
IF (ICC=10) 375,374,375
374 DO 360 I=1,NS
C(I,1)=C(I,1)-X
C(I,2)=C(I,2)-X
360 CONTINUE
WRITE (6,2301) X
2301 FORMAT (1H0,///1H ,26H ELIMINATION STRESS = ,E15.7)
C
375 RETURN
C
END
    
```


TRANSACTIONS OF THE ARCHITECTURAL INSTITUTE OF JAPAN

October 1974

Number 224

SYNOPSIS

U.D.C. 620.172 : 691.32

SOME CONSIDERATION ON TESTING METHOD FOR SPLITTING TENSILE STRENGTH OF CONCRETE

—Stress Analysis by Semi-Infinite Plate Method—

by **Dr.KOICHI KISHITANI**, Prof. of Tokyo University
TAKAYUKI HIRAI, Graduate Student of Tokyo University
Members of A.I.J.

Generally molded cylinders are used to determine the splitting tensile strength of concrete, but the strength is often influenced by supplementary bearing bar or plate. Then we tried to measure the tensile strength using portions of beams broken in flexure.

First we chose some loading methods and investigated them by stress analysis. The stress analysis indicated a loading method by which the specimen had good stress distribution. Second we examined the loading methods and bearing bars by experiments. The experimental results showed that by the loading method mentioned above and by a kind of bearing cylinder the tensile strength could be known using portions of beams broken in flexure.

In this paper the testing method we proposed is explained in detail to determine the splitting tensile strength, which was theoretically reasonable and showed good experimental results.

U.D.C. 69.022 : 699.84 : 624.043

ELASTIC ANALYSIS OF SHEAR WALLS BY AIRYS STRESS FUNCTION

—Comparisons of Theoretical Values and Experimental Results—

(See Page 9)

by **IKUO TOKUHIRO**, Associate Prof. of Kyus Institute of
Design, Member of A.I.J.