

P.C. 대형판 구조의 수평접합부 압축거동에 관한 실험적 연구

Experimental Study on the Compressive Behavior of Horizontal Joint in Precast Concrete Large Panel Structure.

조 양 호*
Jo, Yang Ho

이 한 선**
Lee, Han Seon

김 현 산***
Kim, Heun San

Abstract

Four types of horizontal joint were tested to investigate the difference with regards to the compressive behavior and strength. These include wedge-type joints (i)with and (ii)without transverse reinforcement against splitting failure of the panel concrete, and wedge-type joints (iii)with different widths of joint concrete (6cm vs 8cm) and (iv)closed platform joint. It was shown that the compressive strength of wedge-type joint is about 10% higher than that of closed-type (platform) joint. But the effect of transverse reinforcement and joint concrete widths on the strength of the joints turned out to be negligible. Also, the moduli of elasticity in panel and joint are compared and the equivalent moduli of the whole wall are derived.

1. 서론

프리캐스트 콘크리트 (precast concrete: P.C.) 대형판 구조물은 일체식 철근 콘크리트 벽식 구조물에 비해 접합부에서의 연속성이 저하되는 것이 일반적인 경향이다. 즉 접합부의 기능은 내, 외력을 효과적으로, 한 부재에서 다른부재로 전달하는데 있으므로 인접한 부재의 성능에 비해 접합효율이 낮다면 전체 구조물의 기능을 효율적으로 발휘할 수 없다. 특히 그동안 우리나라에서도 접합부에 대한 많은 연구가 진행되어 왔으나 아직도 이의 거동에 대한 이론이 체계적으로 확립되어 있지 않고 있다. 더욱이 기존 국내설계기준상^[1]의 수평접합부 내력산정식은 좁은폭 접합부(Closed Joint)에 국한된 실험에 바탕을 두고 있어, 이를 쇄기형 접합부(Wedge Joint)에 적용시킴에 있어서 실무자들 사이에

확신을 가지기에는, 이에대한 관련 정보가 충분하지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 실제 수평접합부의 압축강성과 접합상세 변화에 따른 압축내력을 실험을 통하여 살펴 보고자 한다.

2. 시험체 설계 및 제작

수평접합부 시험체는 내부접합부 4종이며, 실험크기로 각각 2세트씩 제작 하였다.

2-1. 시험체 설계

본 실험으로 부터 얻고자 하는 사항은 다음과 같다.

- 시험체별 압축강성 비교
- 횡보강근 유 무에 따른 압축내력 비교

* 학생회원, 영남대학교 건축공학과 석사과정
** 정회원, 영남대학교 건축공학과 조교수, 공박
*** 정회원, 영남대학교 건축공학과 교수, 공박


본 논문은 1993학년도 영남대학교 학술연구조성비에 의한 것임.

● 접합부의 형태에 따른 압축내력 비교

● 그라우트폭에 따른 압축내력 비교

설계된 시험체의 종류는 표.1 및 그림.1에 나타나 있다.

표.1 시험체 계획

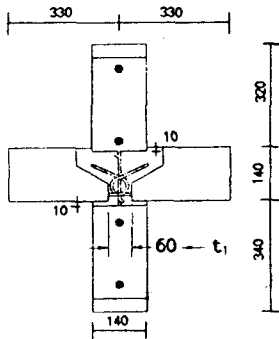
시험체 형태	시험체명	벽배근 상태	그라우트폭(mm)	접합부 형태	갯수(EA)
	HJXV 60	기본 배근	60	Wedge Joint	2
	HJRW 60	↑ 횡보강근	60	Wedge Joint	2
	HJXC 60	기본 배근	60	↑ Closed Joint (중공슬래브)	2
	HJXV 80	기본 배근	↑ 80	Wedge Joint	2

↑ 주요변수

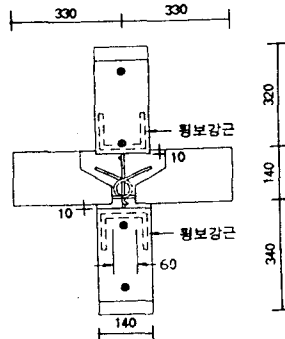
● 횡보강근: D10(3EA)

● H J R V 60 or 80

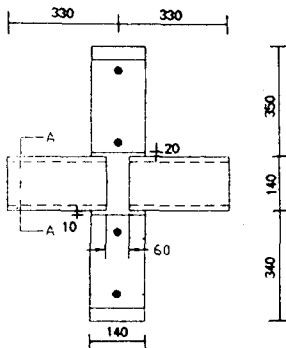
— 그라우트폭(mm)
— 접합부형태 W(Wedge Joint) 또는 C(Closed Joint)
— 횡보강근 유무에 따라서 R 또는 V 지는 경우
— Horizontal Joint



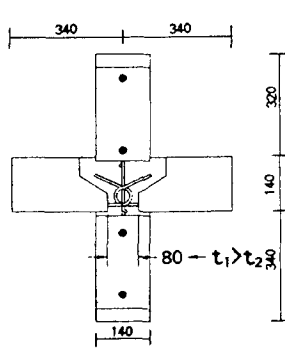
HJXW60 시험체



HJRW60 시험체



HJXC60 시험체



HJXW80 시험체

그림.1 시험체의 상세

2-2. 시험체 제작

각 시험체의 P.C판은 S회사의 공장에서 제작되었다. 벽판배근에 사용된 철근은 $\phi 9$ 와 와이어메쉬(w.w.f 5/5 - 100/100)를 사용하였고, D10 횡보강근이 3개씩 배근된 벽판은 와이어메쉬(w.w.f 4/4 - 75/75)를 사용하였다. 슬래브배근 역시 $\phi 9$ 와 와이어메쉬(w.w.f 5/5 - 100/100)를 사용하였고, 중공슬래브에는 같은 치수의 와이어메쉬를 상·하에 복배근하였다. 실험시 변위계를 부착하기 위해 $\phi 12$ P.V.C PIPE를 시험체 4개소에 정착시켰으며 두께 2mm의 철판을 벽판의 한쪽면에 덮어 씌울수 있도록 콘크리트를 타설하였다. 그리고 운반상의 편리를 위해 운반 손잡이도 함께 정착시켰다. 수평접합부 시험체의 조립에 있어서 수평을 유지하기 위하여 수준기를 사용하고, 조립후 이동의 안전과 효율성을 기하기 위해 강판으로 된 바닥을 놓고 그위에 시험체를 설치한다. 또한 바닥강판의 4모서리에는 운반고리를 달아 시험체 이동의 편리를 도모한다. 그리고 상부벽체와 하부벽체사이에 슬래브판이 설치될수 있도록 간격을 유지시킨후 조립한다. 그리고 보다 견고히 수평상태를 유지하기 위해 하부벽체의 Cap철판과 바닥강판사이에 철근토막을 용접하여 버팀재로 사용한다. 그리고 개방된 접합부의 양쪽면에 합판을 대고 그라우트콘크리트를 타설한다.

3. 실험장치

3-1. 실험기기

시험에 사용된 기기와 그 계원은 아래와 같다. 그리고 실험결과는 P/C용 PLOT프로그램을 이용하여 출력하였다.

(1) UTM : 200ton용량 (흥진정밀)

(2) Strain Gauge : PL-60-11-1L(Tokyo sokki co.)

(3) 변위 Transducer : TML-25(2개),
TML-10(2개)

(4) Data Logger : TDS-302(Tokyo sokki co.)

3-2. 실험방법

실험방법은 시험체를 가압판의 중앙에 위치시킨 다음 구좌를 사용하여 중심축압을 가한다. 수평접합부 시험체에서 각 부재의 변형을 측정하기 위해 상부벽체, 접합부, 하부벽체의 중앙부분에 수직방향으로, 또 상부벽체하단, 하부벽체상단에 수평방향으로 콘크리트 표면용 스트레인 게이지를 부착하고 시험체 좌우면에 설치된 변위계 (10mm, 25mm)로 접합부 주변과 전체 변형을 측정하였다. 시험체의 설치상황은 그림.2와 같다.

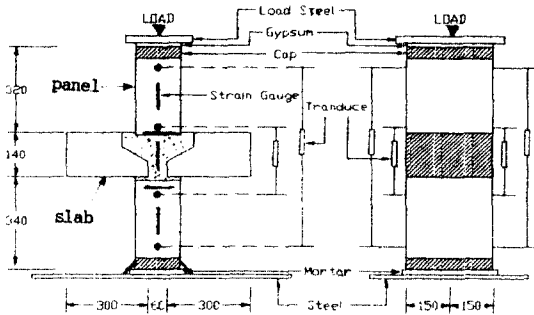


그림.2 시험체의 설치상황

3-3. 재료실험

P.C판, 접합부 콘크리트 및 모르타르의 압축강도 결과가 표.2에 주어져 있다. P.C판과 접합부 콘크리트의 설계강도는 270kg·f/cm²로서 대체로 일치하는 경향을 나타내고 있다.

표.2 압축강도시험결과

공시체	P.C판 콘크리트의 압축강도시험				접합부 콘크리트의 압축강도시험										
	크기 (cm)	압축강도 (kg f/cm ²)	공시체 크기 (cm)	압축강도 (kg f/cm ²)	공시체 크기 (cm)	압축강도 (kg f/cm ²)	공시체 크기 (cm)	압축강도 (kg f/cm ²)							
수	ø10 x 20	306	자	ø10 x 20	284	수평	ø10 x 20	276	자연	ø10 x 20	297				
		191			218		ø15 x 30	252		ø10 x 20	280				
		217			293		ø15 x 30	252		ø15 x 30	187				
목		293	어		306	수평	5x5, cube	349	자	5x5, cube	239				
		306			271								459		370
		327			274								423		412
양		386	생		234	수평	5x5, cube	459	어	5x5, cube	370				
		284			243								423		412
		345			287								423		441
		341			287										

4. 실험결과와 분석

4-1. 유효압축강성의 분석

수평접합부에서 판넬변형도($\epsilon_{PL}, \epsilon_{PR}$)와 접합부 변형도($\epsilon_{JL}, \epsilon_{JR}$)는 그림.3으로 부터 얻어진 식.(1)로 구하였다.

$$\epsilon_p = \frac{\Delta_I - \Delta_J}{2L_p} \quad (1-a)$$

$$\epsilon_J = \frac{1}{L_J} \{ \Delta_{J'} \cdot (L_p' / L_p + 1) - \Delta_I (L_p' / L_p) \} \quad (1-b)$$

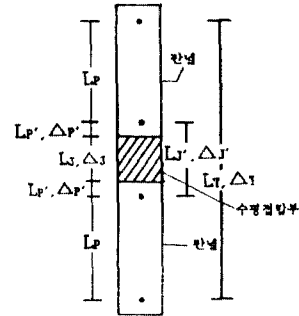
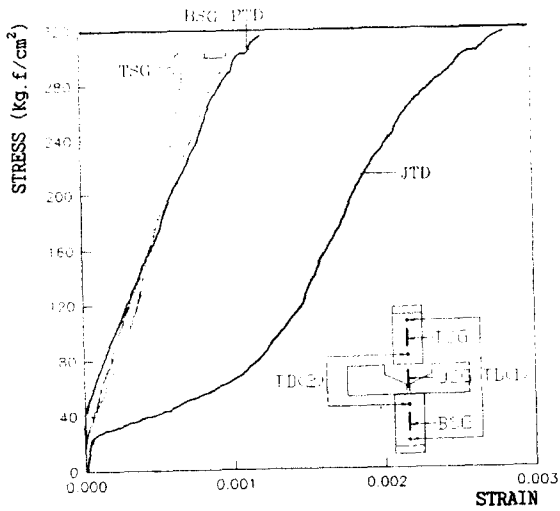
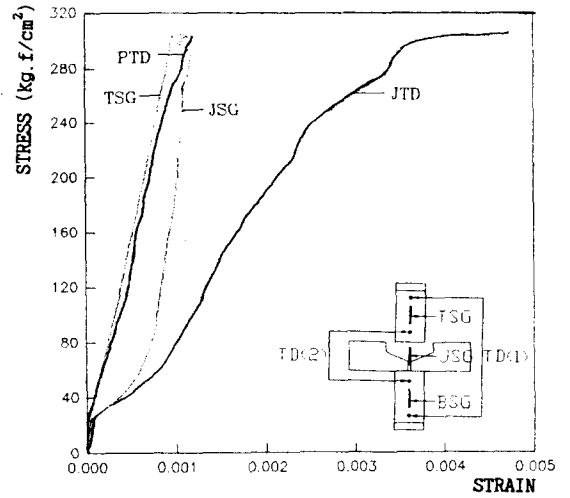


그림.3 식.(1)에 대한 기호의 정리

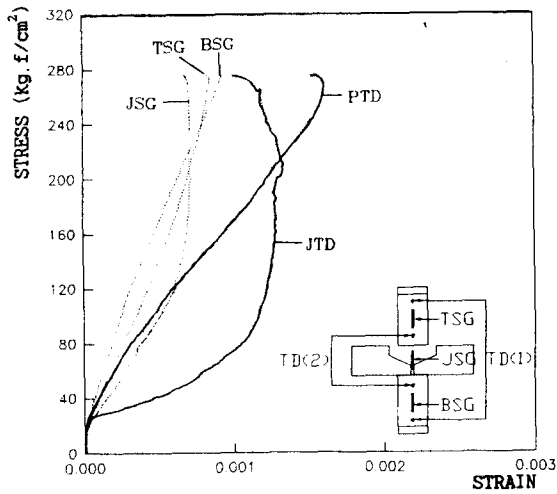
변위계와 스트레인게이지로 부터 측정된 응력-변형도관계는 그림.4에 나타나 있다. 이 그림에서 PTD, JTD는 위의 식(1-a), (1-b)에 의한 결과를 나타내며 TSG, BSG 및 JSG는 상부벽판, 하부벽판 및 접합부의 변위결과를 나타낸다.



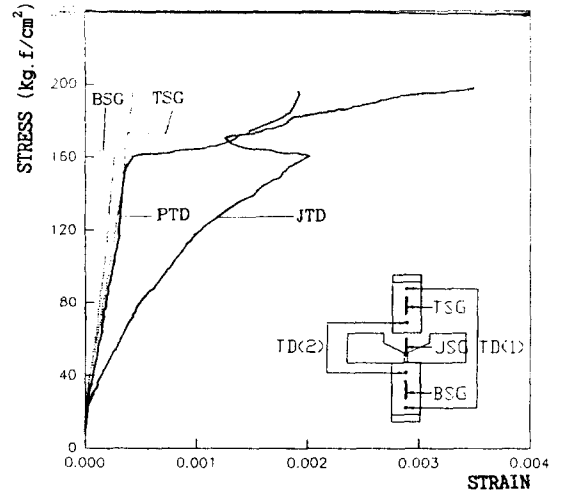
(a) HJXW60-01



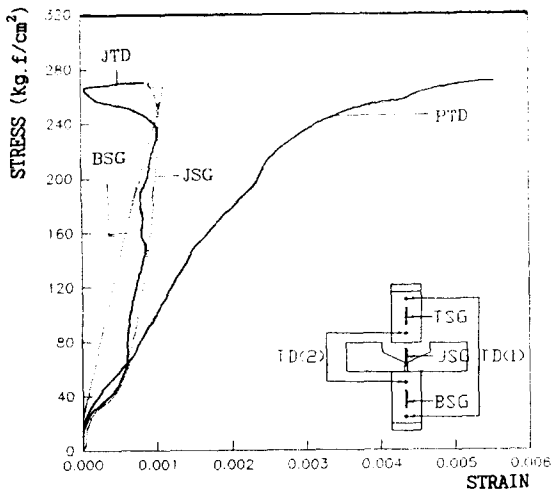
(d) HJRW60-02



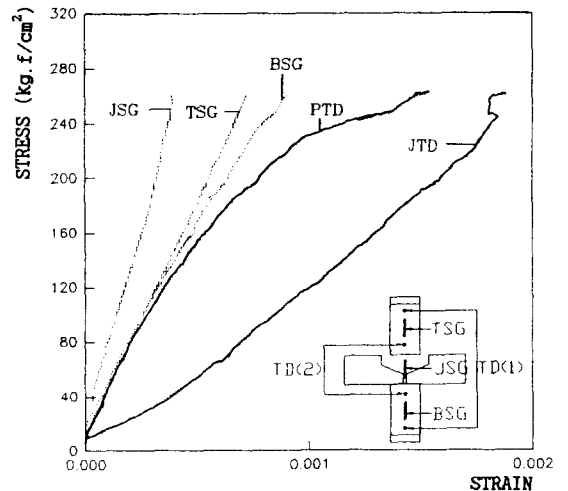
(b) HJXW60-02



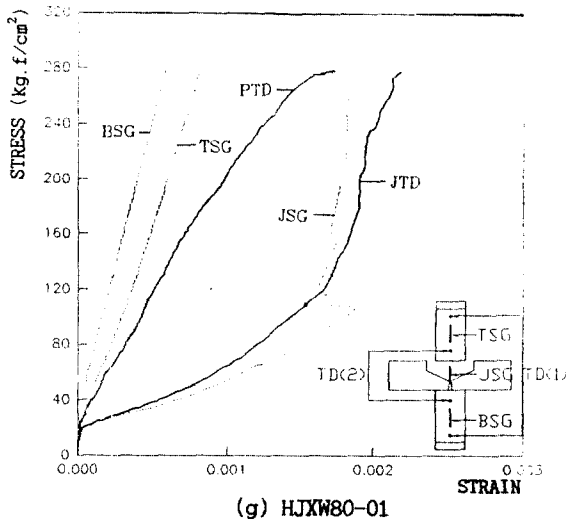
(e) HJXC60-01



(c) HJRW60-01



(f) HJXC60-02



$$E_{E0} = \frac{E_p}{\alpha\beta + (1-\alpha)} \quad (2)$$

$$\alpha = L_j / L_T, \quad \beta = E_p / E_j$$

표.3 벽판넬(E_p), 접합부탄성계수(E_j)및 전체 등가탄성계수(E_{E0})

시험체	탄성계수	L_j (cm)	L_T (cm)	E_p (kg.f/cm ²)	E_j (kg.f/cm ²)	E_p/E_j (kg.f/cm ²)	E_{E0} (kg.f/cm ²)	E_{E0}/E_p
HJXW60-01	14	260	1.92×10 ⁴	2.40×10 ⁸	3.83×10 ⁷	6.27	1.39×10 ⁸	0.72
HJXW60-02	14	260	1.25×10 ⁴	1.25×10 ⁸	3.83×10 ⁷	3.3	1.11×10 ⁸	0.89
HJRW60-02	14	260	1.74×10 ⁴	3.65×10 ⁸	3.65×10 ⁷	10.0	1.44×10 ⁸	0.83
HJXC60-02	17	263	2.83×10 ⁴	1.00×10 ⁸	1.00×10 ⁷	10.0	2.54×10 ⁸	0.90
HJXW80-01	14	260	1.90×10 ⁴	4.50×10 ⁸	4.50×10 ⁷	10.0	1.55×10 ⁸	0.86

4-2. 압축내력 및 파괴양상에 대한 고찰

각 시험체의 파괴양상을 좀더 상세히 서술하고자 한다. 각 시험체에 대한 압축내력 및 파괴양상은 표.4와 같으며, 시험체 HJXC60-01과 HJXW

표.4 중국하중

시험체명	초기 균열 하중 (ton)	최대 하중 (ton)	최대응력 (kg.f/cm ²)	균열진전 순서
HJXW60-01	55	132.7	315.9	J-TP-BP
HJXW60-02	30	115	275.9	J-TP-BP
HJRW60-01	60	113.6	270.5	J-BP-TP
HJRW60-02	50	128.1	305	J-BP-TP
HJXC60-01	55	82.68	196.9	J-BP, TP
HJXC60-02	50	109.6	260.9	J-BP, TP
HJXW80-01	60	116.9	278	J-TP-BP
HJXW80-02	65	82.2	195.7	J-TP-BP

J: 접합부 TP: 상부벽체 BP: 하부벽체

80-02의 내력이 현저히 저하된 원인은 슬라브와 하부벽판사이의 모르타르 채움의 불량으로 고르게 힘이 하부벽판으로 전달되지 못하고 응력집중현상이 접합부 콘크리트에 발생하였기 때문인 것으로 여겨진다.

(1) HJXW60 시험체 (그림.4(b))

이 시험체(그림.6))는 기준시험체로서 초기균열은 상부벽체하단과 접합부 모서리에서 발생하였고 슬라브와 하부 접합콘크리트의 경계면에서 수직균열이 진전되어 중국에는 이 균열이 상.하 벽판으로 이어지는 현상을 나타내었다.

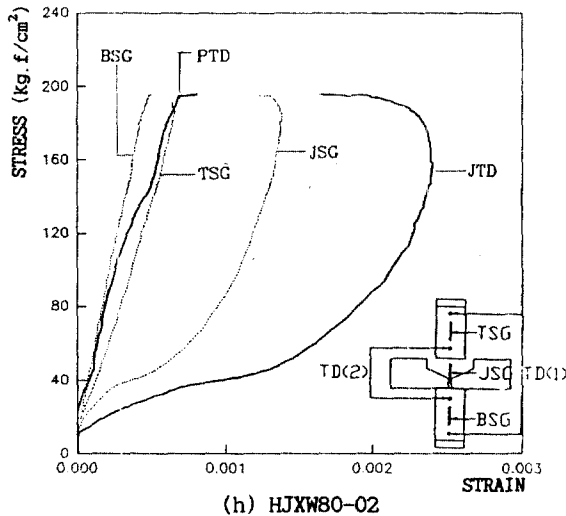


그림.4 벽판과 접합부의 응력-변형도 곡선

등가탄성계수 E_{E0} 는 그림.5에 근거한 식(2)를 이용하여 구하고 그 결과가 표.3에 주어져 있다.

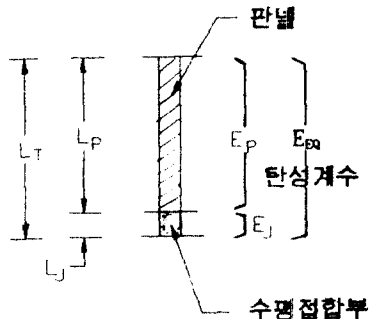


그림.5 등가탄성계수 산출



그림.6 HJXW60-02 시험체의 최종파괴상황

(2) HJRW60 시험체 (그림.4(c))

횡보강근이 배근된 시험체로 그림.4(c)에서 보듯이 다른 시험체들에 비해 HJRW60-01은 상.하 벽판넬의 변형이 접합부에 비해 오히려 크게 일어나고 파괴양상은 HJXW60-2와 같이 접합부 콘크리트 코어부분의 수직균열이 상.하벽판으로 이어지는 현상을 보여 주었다.

(3) HJXC60 시험체 (그림.4(f))

좁은폭 접합부로서^[4] 그림.4(f)와 같이 접합부와 벽판넬의 탄성계수가 큰 차이를 보이고 있다. 그리고 쇠기형 접합부 보다 종곡내력이 10% 정도 감소되고 파괴형태는 슬라브와 접합콘크리트의 경계면을 따라서 상.하벽체로 할렬현상이 일어났다.

(4) HJXW80 시험체 (그림.4(g))

표준쇄기형 시험체 보다 접합부콘크리트폭이^[3] 2cm 큰 시험체로서 초기균열은 접합부부분에서 나타나며 상부벽판넬 측면의 압괴현상이 현저하였다.

5. 결 론

(1) 쇠기형접합부의 압축내력은 좁은폭접합부 (Closed Joint)의 압축내력보다 약 10%정도 더 높게 나타났으며, 접합부 콘크리트의 폭을 6cm에서 8cm로 확대하거나, 상하벽판에 인장용 횡보강근을 첨가하여도 압축내력상의 증진효과가 별로 나타나지 않았다.

(2) 수평접합부의 압축탄성계수는 벽판의 약 1/4로 나타났으며 전체 벽체의 유효등가탄성계수는 일체식 경우의 값의 약 80%정도로 나타났다.

(3) 접합부 콘크리트의 충전불량으로 부분적인 응력집중을 받게될 경우 그 압축내력은 20%이상 저하됨을 나타내었다.

참고문헌

- [1] 건설부, "프리캐스트 콘크리트 조립식 건축 구조설계기준 및 해설," 1992.4.
- [2] 장극관, 이한선, 신영식, 류진호, "프리캐스트 콘크리트 대형판 구조물의 수평접합부 유효강성," 한국콘크리트학회 1993년 가을 학술발표회. pp278-283, 1993.11.
- [3] 김성수, "대형콘크리트판구조의 접합부 거동에 관한 연구," 한양대학교 대학원, 박사학위논문 1991.6.
- [4] Harris, H.G. and Iyengar, Srikanth, "Full-Scale Tests on Horizontal Joints of Large Panel Precast Concrete Buildings," Journal of Prestressed Concrete Institute, PCI, Vol.25, No.2, March/April, 1980, pp.72 - 92.