



FAKTOR KEAMANAN UNTUK BALOK BETON PRATEKAN

Lanneke Tristanto

Ringkasan

Di dalam peraturan perencanaan beton pratekan terdapat faktor beban 2,5 yang merupakan perbandingan beban putus terhadap beban rencana pada tipe penulangan pratekan penuh.

Laporan ini merupakan kesimpulan dan himpunan hasil percobaan, serta evaluasi pembebanan berbagai tipe penulangan momen balok pratekan, yaitu: balok pratekan penuh sistem pretensioned, balok pratekan parsial (Sistem pretensioned & tulangan berusuk). Evaluasi pembebanan balok-balok percobaan diarahkan untuk memperoleh faktor keamanan beban rencana dan beban retak terhadap beban putus.

Summary

Design codes Recommend a safety factor of 2,5 for the Ratio between ultimate and design loads at full prestressing. This report is a compilation of load Carrying capacity factors for typical prestressing designs.

Prestressed beams were tested in pretensioned System for : beams with full prestressing, beams with pretensioned elements, beams with partially prestressing.

The evaluated safety factors are the Ratio between the design loads, cracking loads and ultimate loads of this serial testing case.

I. PENDAHULUAN

Laporan ini merupakan kesimpulan dan himpunan hasil percobaan serta evaluasi pembebanan berbagai tipe penulangan momen balok pratekan yaitu :

- balok pratekan penuh (sistim pretensioned).
- balok komposit elemen pretensioned.
- balok pratekan parsial (sistim pretensioned & tulangan berusuk).

Di dalam dimensi balok percobaan telah diperhitungkan agar balok lemah terhadap lentur momen tetapi kuat terhadap geser gaya lintang, sehingga pada pembebanan hanya terjadi retak akibat lentur momen yang menjadi sasaran untuk evaluasi kekuatan berbagai tipe penulangan.

Untuk menghindari efek sampingan, balok hanya diberi tulangan utama berupa tulangan momen, sedang tulangan sengkang dan tulangan sekunder hanya terdapat pada ujung-ujung balok yang berfungsi sebagai blok anker pada waktu pelepasan strand.

Evaluasi pembebanan balok-balok percobaan terutama diarahkan untuk mendapatkan faktor keamanan beban rencana & beban retak terhadap beban putus teoritis (ultimate) pada berbagai tipe penulangan & prosentase tulangan pratekan - non pratekan.

Di dalam peraturan-peraturan perencanaan beton

pratekan terdapat faktor beban 1,8 a' 2,5 yang merupakan perbandingan beban putus teoritis (ultimate) terhadap beban rencana pada tipe penulangan pratekan penuh, sedang untuk tipe penulangan elemen presentioned dan pratekan parsial belum terdapat peraturan faktor keamanan yang sesuai.

Untuk membuka jalan pemikiran ke arah faktor keamanan maka telah diadakan evaluasi berdasarkan rangkaian percobaan pembebanan balok pratekan dengan variasi tipe & prosentase penulangan.

II. PEMBAHASAN PERCOBAAN PEMBEBANAN BALOK BETON PRATEKAN

2.1. Keuntungan & kerugian berbagai tipe penulangan

tipe penulangan	Kuat Tekan Beton	Ketahanan retak	Lebar retak	Lendutan setelah retak	kapasitas beban	duktilitas
Pratekan penuh	350 kg f/cm ²	baik			baik	kurang
elemen pretensioned	400 kg f/cm ²	cukup		Berkurang setelah beban diambil	cukup	kurang
pratekan parsial	350 kg f/cm ²	cukup			cukup	baik
beton bertulang	250-350 kg f/cm ²	kurang	tetap	tetap	cukup	baik

2.2. Faktor keamanan pada tipe penulangan pratekan (berdasarkan evaluasi tabel 1 & 2)

tipe penulangan	F.K. terhadap beban putus (ultimate)		Tegangan tula-n gan pada putus (ultimate)
	Beban Rencana	Beban Retak	
Pratekan penuh	2,66	1,82	Pratekan : 0,93 $\checkmark$ pu
Elemen preten-sioned	3,7	2,5	Pratekan : 0,93 $\checkmark$ pu
Pratekan partial	3,57 a 4,08	2,5 a 2,85	Pratekan : 0,93 $\checkmark$ pu tulangan biasa : $\checkmark$ eleh

III. SARAN-SARAN

3.1. Saran-saran penggunaan pratekan parsial untuk jembatan.

- Membatasi retak akan lebih efisien dengan tulangan pratekan daripada dengan tulangan biasa, dan makin kecil kemungkinan retak makin besar keuntungan dalam kekuatan & keawetan konstruksi yang diperoleh.
- Dengan bertambahnya tulangan biasa terhadap tulangan pratekan terdapat tendensi untuk berkurangnya beban rencana & beban retak terhadap beban putus teoritis (ultimate), sehingga penentuan jumlah tulangan biasa dalam konstruksi pratekan parsial merupakan bahan pertimbangan yang utama.
- Detail pratekan parsial harus direncanakan sedemikian rupa sehingga mengurangi kepadatan daerah anker dan daerah tulangan tarik serta memudahkan penempatan beton dalam pelaksanaan.
- Penggunaan pratekan parsial bermanfaat dalam hal :
 - Pengurangan konsentrasi pratekan sehingga tegangan terbagi lebih merata serta pengaruh lendutan sekunder dan gaya sekunder dapat di hindari.
 - Duktilitas terutama untuk konstruksi yang menahan beban dinamis seperti gempa dan gelombang.
 - Ketahanan terhadap retak yang lebih baik dibandingkan beton bertulang biasa.

3.2. Saran-saran penggunaan pretensioned elements untuk jembatan.

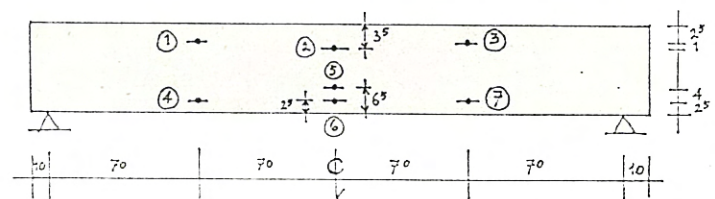
- Pretensioned elements sebagai tulangan tarik memberikan ketahanan terhadap retak yang lebih baik di bandingkan beton bertulang biasa.
- Mutu beton untuk pretensioned elements sangat menentukan kuat tarik elemen dan sebaiknya digunakan beton K 400. Dimensi elemen perlu direncana sehemat mungkin sehingga penempatan elemen dalam gelagar atau lantai menjadi efisien.

- Pretensioned elements dapat dibuat secara prefab sehingga pemasangan dilapangan tidak memerlukan anker & stressing.

IV. PENGAMATAN PERCOBAAN BEBAN

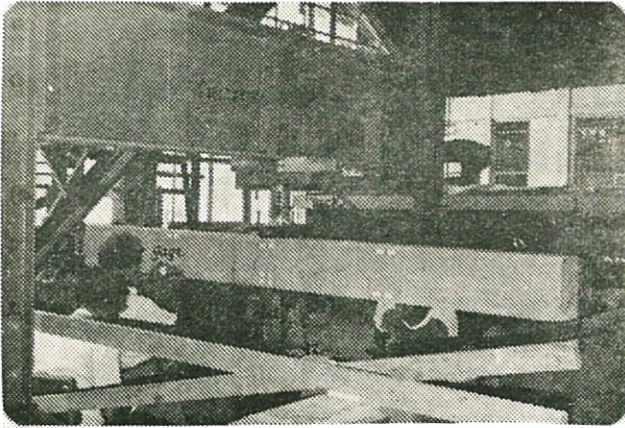
- Pada kenaikan beban $\Delta P \approx 500$ lbs dimana setiap tahap pembebanan dipertahankan ≈ 15 menit diadakan pengamatan :
 - Besar ulur (strain) dengan Demec strain gage meter pada titik serat atas dan serat bawah sekitar $\frac{1}{2}$ bentang balok. (Gambar 1)
 - Besar lendutan di $\frac{1}{2}$ bentang balok.
 - Beban retak sesungguhnya padamana retak mulai terjadi.
 - Perkembangan retak & deformasi balok.
 - Beban maksimum sebelum balok putus.
- Berdasarkan hasil pengamatan (a) diadakan evaluasi dengan memperhatikan :
 - Kekuatan material beton & tulangan.
 - Hasil tensioning record pada waktu pelaksanaan stressing.
 - Prosentase tulangan biasa Aa terhadap tulangan pratekan Ap.
- Lebar retak pada saat pembebanan terlihat jelas, dan setelah beban maksimum dihilangkan umumnya retak-retak mengecil sesuai dengan pemulihan lendutan mendekati keadaan balok semula.

Hal ini merupakan ciri khas untuk penulangan pratekan penuh, parsial & pretensioned elements dimana ketahanan retak merupakan suatu keuntungan utama.



Gambar 1.

Penempatan transducer untuk pengukuran ulur pada permukaan beton



V. KESIMPULAN DAN SARAN

Keuntungan pratekan parsial dapat diuraikan sebagai berikut :

- a). Pada beban permanen dan semi-permanen, diagram tegangan penampang pratekan penuh mendekati bentuk segitiga, yaitu untuk memikul momen lentur positif, maka tepi bawah balok mengalami tegangan tekan (pratekan) tinggi.

Rangkak diferensial akibat pratekan menimbulkan deformasi & lendutan jangka panjang yang sulit diperhitungkan & diawasi.

Pratekan parsial menghasilkan tegangan tekan yang lebih merata pada setiap penampang lentur sehingga lendutan sekunder tidak terjadi.

- b). Pada pratekan penuh, rotasi jangka panjang setiap penampang menimbulkan gaya-gaya sekunder, terutama pada pelaksanaan jembatan sistim kantilever, yang dapat dihindari dengan penggunaan pratekan parsial.

- c). Duktilitas tulangan biasa lebih baik dari kabel pratekan, strand atau wire, sehingga pratekan parsial mempunyai perilaku lebih baik dibandingkan pratekan penuh pada beban dinamis-gaya seismik-gaya gelombang di laut.
- d). Pada pratekan penuh di mana daerah anker atau tepi bawah gelegar terlalu padat dengan kabel terjadi kesulitan penempatan beton dalam pelaksanaan.

Pratekan parsial mengizinkan detail yang lebih baik, dan anker-anker antara (intermediate tendon anchorages) dengan demikian dapat dihindari sehingga mempermudah pelaksanaan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Beton kalender 1971
2. BBRV - Stahlton AG 1974.
3. CCL - Design.
4. Static & Fatigue Strengths of beams containing prestressed concrete tension elements HRB 354/1971..
5. Fatigue of partial prestressed concrete beams IABSE 1982.
6. Developments in P.C. Structures IABSE P - 62/83.
7. Sixth Congress FIP - Praque 1970.

Penulis. :

Ir. Lanneke Tristanto, Ajun Peneliti Bidang Konstruksi Bangunan Pelengkap Jalan. Bekerja di Direktorat Bina Program Jalan, Bina Marga tahun 1970 - 1979. Dan di Pusat Litbang Jalan Tahun 1979 - Sekarang.

No.. balok	T i p e 	Beban per- cobaan (lbs)	Perbandingan ratio		Retak		Lendutan mm		Prosentase kekuatan tulangan biasa ter- hadap pra- tekan	Prosentase kekuatan tulangan biasa ter- hadap tula- ngan total (pratekan + biasa)
			$\frac{P \text{ rencana}}{P \text{ ultimate}}$	$\frac{P \text{ retak}}{P \text{ ultimate}}$	Nilai ke- padatan cm ² /cm	Jarak antara rata- rata cm	Semen- tara pada P maks	Tetap Sete- lah P maks hilang		
2	Komposit elemen pre- tensioned	500 a' 7100	0,3	0,45	0,080	13,09	8,5	1,24	0	0
3	Pratekan penuh	800 a' 9600	0,375	0,55	0,076	20	7,8	0,5	0	0
4	Pratekan parsial	1000 a' 12900	0,28	0,4	0,137	8,33	12,3	0,9	60%	37,5%
5	- " -	1200 a' 16300	0,27	0,38	0,185	8,61	11,9	1,17	90%	47 %
6	- " -	1500 a' 17400	0,26	0,37	0,172	10,53	12	1,05	106%	51 %
7	- " -	1500 a' 18500	0,23	0,35	0,172	9,43	14,5	2,1	121%	55 %
8	- " -	1500 a' 19400	0,245	0,35	0,139	11,53	12,5	1,2	137%	57 %
9	- " -	1500 a' 20300	0,245	0,35	0,156	8,26	14,5	2	152%	60 %
Tabel 2. Data hasil percobaan pembebanan										

no balok	Tipe	Sketsa (Cm)	 P putus teoritis (ult.)	Perbandingan (Ratio)			Kuat tekan beton kg/cm ²	Pratekan awal Fi ton
				Luas tulangan Ap / Aa	Kuat tarik tulangan: Tp / Ta	Momen pikul tulangan: Mp / Ma		
1.	Elemen pretensioned dengan 1 strand		Elemen ditanam dalam balok 2.				400	13,52
2.	Komposit dengan 1 elemen pretensioned		7849 lbs pada 0,84 σ_{pu}				350	13,52
3.	Pratekan penuh dengan 1 strand		8610 lbs. pada 0,93 σ_{pu}				350	13,8
4.	Pratekan parsial dengan 1 strand & tulangan berusut:		13962 lbs pada 0,93 σ_{pu} & σ_u 4000 kg/cm ²	0,50	1,66	1,35	350	13,23
5.	- " -		16258 lbs pada 0,93 σ_{pu} & σ_u 4000 kg/cm ²	0,33	1,11	0,91	350	12,94
6.	- " -		17432 lbs pada 0,93 σ_{pu} & σ_u 4000 kg/cm ²	0,28	0,94	0,77	350	14,096
7.	- " -		18438 lbs pada 0,93 σ_{pu} & σ_u 4000 kg/cm ²	0,25	0,82	0,66	350	12,94
8.	- " -		19431 lbs pada 0,93 σ_{pu} & σ_u 4000 kg/cm ²	0,21	0,73	0,59	350	13,52
9.	- " -		20351 lbs pada 0,93 σ_{pu} & σ_u 4000 kg/cm ²	0,19	0,65	0,52	350	13,52
Catatan : p = tulangan pratekan (σ_{pu}) a = tulangan biasa (σ_u = BJ).								
Tabel 1. Data balok percobaan (teoritis)								