

鉄筋コンクリートディープビームの破壊解析

宮崎大学工学部 正 員 中沢 隆雄

1. まえがき

橋梁やケーソンなどの土木構造物において、ディープビームは広く用いられているが、その力学的挙動は、さほど明らかになっていない。

本研究は、CEB-FIP, ACI, PCAならびにF. K. Kong¹⁾の方法にもとずいて設計したディープビームの力学的挙動を実験的に調べるとともに、各設計法の比較、検討を行なったものである。

2. 実験供試体

上記4つの方法で設計された実験供試体の形状寸法を図-1に示す。設計条件は以下のとおりである。

スパン $L=450\text{mm}$ 、高さ $D=450\text{mm}$ 、設計荷重 $W=180\text{kN}(18\text{t})$ 、コンクリートの圧縮強度 $f'_c=30\text{N/mm}^2(300\text{kg/cm}^2)$ 、コンクリートの引張強度 $f_t=3\text{N/mm}^2(30\text{kg/cm}^2)$ 、鉄筋の降伏応力 $f_y=250\text{N/mm}^2(2500\text{kg/cm}^2)$ 。

なお使用した鉄筋は、主鉄筋としてD10およびD16の異形鉄筋、ウェブ配筋用としては、 $\phi 6$ および $\phi 8$ の丸鋼である。

また、使用したコンクリートの示方配合は、表-1のとおりであり、セメントは、早強ポルトランドセメントを用い、材令14日で実験を行った。コンクリートの圧縮強度および割裂強度は、表-2のとおりである。

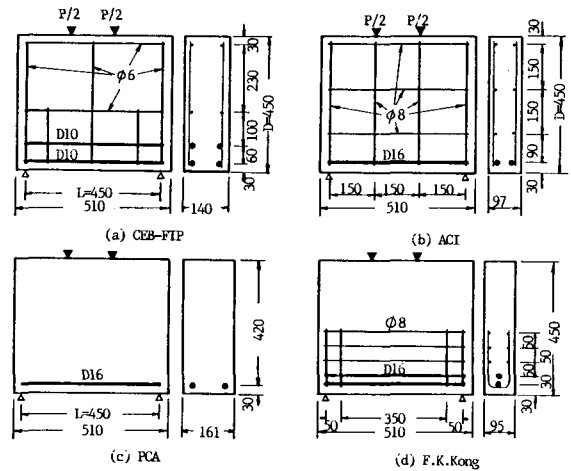


図-1. ディープビームの各供試体

表-1. コンクリートの示方配合

粗骨材 最大寸法 (mm)	空気量 (%)	水-セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	水 W	単位量 (kg/m ³)			
					セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤
25	3	40	37	162	405	643	1082	1.29

3. 実験結果と考察

実験に際し、ウェブ配筋の有効性を調べるために、ウェブ配筋していない供試

体もあわせて製作したが、まず、表-3に、各供試体の破壊荷重を示す。破壊荷重は、Kong式およびACI式による供試体に大きな開きがみられる。両供試体では、形状寸法、コンクリートの圧縮強度、配筋量がほぼ一致しているが、ウェブ配筋の位置が異なっていることから、ウェブ配筋位置が、せん断耐力に影響を与えるものと考えられる。また、Kong式による供試体の破壊荷重に比較して、CEB-FIPおよびPCA式による供試体の破壊荷重が大きくなっているのは、はり幅が大きいことによるものである。

また、図-2に各供試体の破壊時におけるひびわれ発生状況を示す。ACIおよびKong式によって設計された供試体においては、まず、下縁にほぼ等間隔

表-2. コンクリートの圧縮強度と割裂強度

供試体名	圧縮強度 (kg/cm ²)	割裂強度 (kg/cm ²)
CEB-FIP	439	33.4
ACI	388	32.3
PCA	439	33.4
Kong	363	28.4

表-3. 各供試体の破壊荷重 (t)

供試体名	ウェブ配筋あり	ウェブ配筋なし
CEB-FIP	4.9	4.6
ACI	55.5	32.5
PCA	5.8	—
Kong	4.3	3.1

でひびわれが発生し、最終的には、支点と載荷点を結ぶ線に沿って斜めひびわれが発生して、せん断破壊した。ウェブ配筋しなかった場合には、ひびわれ発生数が少なく、さほど発達しないままに、突然斜めひびわれが発生して破壊した。CEB-FIP式による供試体においても、せん断破壊が生じたが、スパン中央付近の曲げひびわれがかなり発達し、上縁付近にまで達している。ウェブ配筋しなかった供試体においても同様なひびわれ発生状況である。PCA式による供試体では、発生したひびわれはすべてスパン中央に向かって伸びている。また、支点付近から生じた斜めひびわれは、スパン中央に達するとそこからは垂直に伸び、上縁にまで達して破壊した。

続いて、図-3に、ウェブ配筋した各供試体の荷重-たわみ曲線を示す。CEB-FIP、ACIおよびPCA式による供試体の剛性は、ほぼ等しいが、Kong式による供試体の剛性がかなり小さくなっている。図-4には、ウェブ配筋していない供試体と比較した荷重-たわみ曲線を示す。Kong式による供試体では、剛性が全く変らなかったが、CEB-FIPおよびACI式による供試体では、ウェブ配筋しない場合、剛性がやや低下した結果となっている。

また、図-5には、 $P=5\text{ t}$ および 10 t のときの、供試体のスパン中央断面のひずみ分布を示す。この図からもわかるように、ひずみ分布は非線形となっており、特に、断面上縁では、ほとんどひずみが生じておらず、上縁からある程度内部に入った位置で、最大の圧縮ひずみが生じている。このように、ディープビームでは、通常のはり理論に従うひずみ分布にはならないことがよく理解できる。

むすび

CEB-FIPおよびPCAの設計方法は、曲げに対しては主鉄筋で抵抗させ、せん断力にはコンクリートで抵抗させるため、はりの幅が必然的に大きくなる。

また、実験の結果からは、ACI式による供試体の力学特性が最も優れていたと判断できるが、この設計方法は、せん断設計に力点を置いており、曲げに抵抗する主鉄筋の算定については規定していない。Kongの方法は、曲げおよびせん断に対して設計指針を与えており、合理的な方法といえるが、水平ウェブ鉄筋が一定レベルに集中し

て配置されるため、ACIの方法のように、はり高に対して等間隔に配筋するのに比べて、せん断耐力が低下すると考えられる。したがって、ディープビームの設計は、Kongの方法を用いて、ACIの配筋パターンとするのが有効であるといえる。

参考文献 1) F.K.Kong, P.J.Robins and G.R.Sharp: The design of reinforced concrete deep beams in current practice, The Structural Engineer, April 1975, No.41, Vol.53.

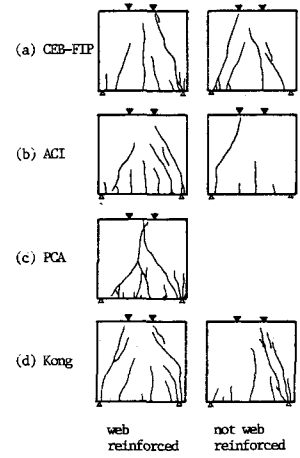


図-2. 破壊時のひびわれ発生状況

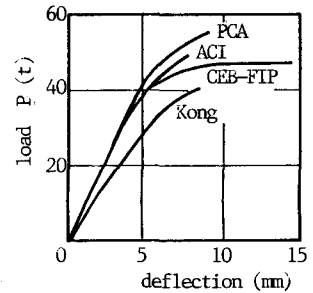


図-3. 各供試体の荷重-たわみ曲線 (ウェブ配筋あり)

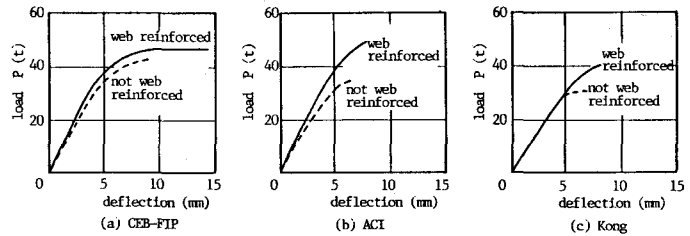


図-4. ウェブ配筋がたわみに及ぼす影響

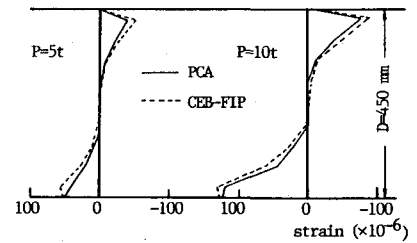


図-5. スパン中央断面でのひずみ分布