

1. まえがき

一個のあるいは二個の対称な集中荷重を受ける鉄筋コンクリートはりのせん断強度および破壊形式は、せん断スパン比(a/d)の値によって異なり、この影響を考慮したせん断強度推定式も種々提案されている。等分布荷重を受ける場合でも、スパンと有効高さの比(l/d)の値がそのせん断強度に大きな影響を及ぼすことは確認されているが、この影響を考慮した設計方法が確立されているとは言い難い状況である。本文は、はり各区間のせん断強度に着目し、それぞれの区間が潜在的に持っているせん断強度を実験的に検討するとともに、その結果を応用して等分布荷重を受けるはりのせん断強度の解析を行った結果を示したものである。

2. 区間強度を求めるための実験方法

図1に代表例を示したように、ある区間(試験区間)のせん断補強量を他の区間よりも著しく少なくして、試験区間においてせん断破壊が起こるように設計した試験はりを用い一個の集中荷重による載荷実験を行って、試験区間のせん断強度を求めた。試験はりの断面寸法は一定であり、変数は、支点中央から試験区間までの距離(x)と、せん断スパン比(a/d)である。

試験区間の長さは、予備実験の結果に基づいて決定した。なお、D25、 $\Phi 3.2$ の降伏点は、それぞれ3602、3838 kg/cm^2 である。

3. 区間強度の解析

実験結果の概要は表1のとうりである。表1の試験はりはいずれもせん断破壊を起こした。破壊の原因となった主斜めひびわれは、図1に例示したように、試験区間内に発生しており、試験区間の外側に配置されているスターループの影響は著しく無いものと思われる。実験結果の解析にあたって、せん断破壊位置を定義する必要がある。ここで、主斜めひびわれが有効高さの中央を横切った点の支点からの距離(x')によって破壊位置を定

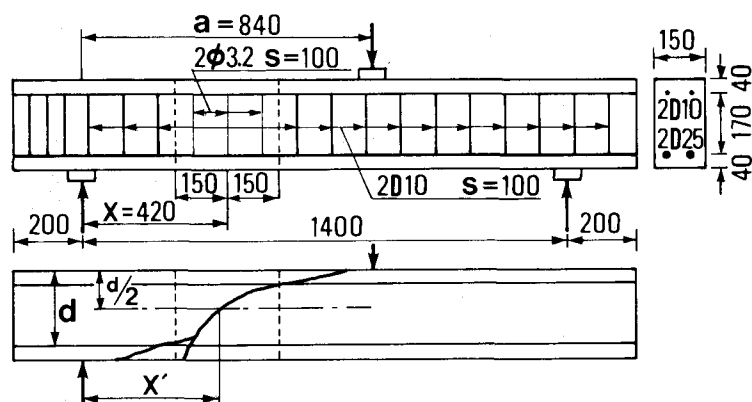


Fig.1 Typical specimen and typical crack pattern

Table 1 Test results of E-series

No.	a/d	x/d	f_c' (kg/cm^2)	x'/d	v_u (kg/cm^2)	$v_{u,cal}$ (kg/cm^2)	cal/exp
E120	2.0	1.0	283	1.21	46.6	38.7	0.83
E125	2.5	1.0	284	1.18	24.2	29.2	1.21
E140	4.0	1.0	260	1.51	19.9	18.8	0.95
E230	3.0	2.0	292	2.14	28.8	30.3	1.05
E235	3.5	2.0	279	2.14	23.4	23.5	1.00
E240	4.0	2.0	278	1.98	21.1	19.3	0.92
E340	4.0	3.0	255	3.01	24.3	24.9	1.03
E350	5.0	3.0	272	3.62	21.7	19.4	0.90
P5	4.0	-	252	2.50	19.4	21.2	1.09
P8	4.0	2.5	277	2.68	20.4	22.1	1.08

* cal/exp : Ratio between v_u and $v_{u,exp}$.

Table 2 Comparison between experimental and culcated shear strength

No.	l (cm)	d (cm)	b (cm)	p (%)	fc' (kg/cm ²)	Pu (t/m)	x' (cm)	Pu,cal (t/m)	x',cal (cm)	exp/cal
11/1	150	29.0	19.0	1.87	355	36.73	29	30.76	30	0.84
11/2	150	29.6	19.0	1.88	355	39.75	-	30.43	30	0.77
12/1	200	27.3	19.0	2.04	343	20.25	29	15.08	35	0.74
12/2	200	27.2	18.9	2.06	343	16.05	-	14.94	35	0.93
13/1	250	27.3	19.0	2.04	348	11.12	44	10.24	38	0.92
13/2	250	27.2	18.9	2.06	348	11.12	-	10.21	38	0.92
14/1	300	27.3	19.0	2.04	337	7.13	38	7.55	45	1.06
14/2	300	27.3	19.0	2.04	337	7.16	-	7.55	45	1.05
15/1	400	27.2	19.0	2.05	357	4.77	43	4.98	50	1.04
15/2	400	27.3	18.9	2.05	357	5.08	-	4.98	50	0.98
16/1	500	27.3	18.9	2.05	331	3.85	46	3.54	50	0.92
16/2	500	27.4	18.9	2.04	331	3.83	-	3.55	50	0.93

* exp/cal : Ratio between Pu and Pu,cal

義することとした。

各区間のせん断強度が a/d , x/d に応じて変化するのは、支点反力及び集中荷重によってコンクリートに誘起される軸直角方向の局部的圧縮応力 (σ_y) の影響であると考ええる。

試験区間が支点および載荷点から十分に離れていれば、試験区間のせん断強度に及ぼす σ_y の影響は無視できる程度に小さく、従ってせん断強度は一定であると考えられる (せん断補強が無い場合の、この強度を v_0 とする)。また、スターラップの効果はトラス理論によって表すことが出来ると仮定すると、はり各区間のせん断強度は (1) 式によって表される。

$$v_u = f(x/d, a/d-x/d)(v_0 + rfy) \quad , \quad r : \text{腹鉄筋比} \quad (1)$$

支点反力、集中荷重による σ_y の影響を表す函数 f について、表 1 のデータを用い重回帰分析によって検討した結果、(2) 式が検討の範囲内で最適であった。なお、 v_0 としては、岡村・檜貝式で $a/d=5.6$ とおいた値を用いた。

$$v_u = 0.958 * \coth(x/d)^{1.360} * \coth(a/d-x/d)^{1.484} * (v_0 + rfy) \quad (2)$$

(2) 式による v_u の計算値と表 1 に示した実験値との比は平均 1.006、変動係数 10.5% で、実験値との適合性は良好である。

4. 等分布荷重を受けるはりのせん断強度の解析

解析の対象とした実験は、Leonhardt, Walther が行ったもので、腹鉄筋のない矩形断面の単純はりに等分布荷重を載荷した実験の結果である。はりのスパン、断面寸法等は表 2 に示した。なお、表 2 のコンクリート強度は $fc' = 0.85 \beta_w$ と仮定して、円柱強度に換算した値である。

解析の方針は次のようである。1) 分布荷重を多数の集中荷重に置き換える。2) 区間強度が 2 式のように変化すると考える代わりに、ある荷重によってある区間に発生するせん断応力が棒の力学により求めた値の v_0/v_u 倍に減少すると考える。3) それぞれの集中荷重による 2) のせん断応力の和が基本的せん断強度 v_0 に達すれば、その区間でせん断破壊が生じ、はりは破壊すると考える。

このようにして求めたせん断破壊荷重 $P_{u,cal}$ 及びせん断破壊位置 x',cal は、実験結果とあわせて表 2 に示したとおりである。 $l/d=5 \sim 17$ の 12 個のはりについて、破壊荷重の計算値と実験値の比は平均 0.925、変動係数 10.6% である。また、破壊の原因となった主斜めひびわれの位置の予測値 (x',cal) も実験結果とほぼ一致しており、区間強度の考え方ならびに (2) 式を用いた解析の有効性を示している。

上記の解析方法は、多点集中荷重を受けるはり、あるいは、変断面はりのせん断強度の算定にも応用する事が可能であり、現在これらについても検討中である。

参考文献 1) H.Okamura, T.higai, Proc. of JSCE, No.300, Aug. 1980

2) F.Leonhardt, R.Walther, Beton-und-Stahlbetonbau, 2/1962