

1. よえがき

Pullout試験（引抜き試験）はMalhotra等により提案された¹⁾、構造体コンクリートの強度推定を目的とした非破壊試験法の一つである。プレレンコンクリートに関しては圧縮強度との相関が非常に高く、国内でも吹付コンクリートの強度推定等に利用されてきた結果が報告されている²⁾。本研究は、繊維補強コンクリートの力学的性状とPullout強度との関係を検討したものである。

2. 実験概要

使用材料 表-1に示す19シリーズの配合による繊維補強セメントコンクリート（FRCC）及び繊維補強ポリマーセメントコンクリート（FRPCC）を用いた。

鋼繊維は0.5×0.5×30 mmのセン断品、ポリエチレン繊維は長さ40 mmの変断面繊維を用い、ポリマーはアクリル酸エステルの加重合体のディスパーションを用いた。粗骨材の最大粒径は15 mm、細骨材率は60%、単位セメント量は400 kg、水セメント比（W/C）及び水セメントポリマー比（C/W+P）はすべて0.45とした。試験は材令28日で実施した。

Pullout試験 Pullout試験装置の概要は図-1に示す。試験供試体の寸法は20×40×20 (cm) で打設方向と直角方向にPullout金具を計8本埋め込んだ（写真-1）。Pullout強度 S_p は次式により求めた。

$$S_p = P/A, \quad A = \pi \left(\frac{d_1}{2} + \frac{d_2}{2} \right) \sqrt{h^2 + \left(\frac{d_1}{2} - \frac{d_2}{2} \right)^2}$$

P:引張力(N)、A:コンクリートの円錐側面積(cm^2)、 d_1, d_2, h :図-1参照

曲げ試験 10×10×40 (cm)の角柱供試体を用い、4点荷重による曲げ試験（クロスヘッドの変位速度は0.0125 mm/sec、スパン30 cm）を実施し、曲げ強度、限界応力拡大係数、タフネス指数、曲げタフネス及び丁積分値を測定した。切欠き供試体は厚さ0.4 mmのダイヤモンドカッターにより、18 mmと25 mmの切欠きをつけた。

圧縮試験 10×20 (cm)の円柱供試体を用いてJIS A 1108 に準じ圧縮強度（3本の供試体の平均値）を測定した。

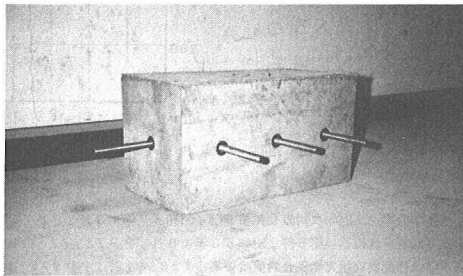


写真-1 Pullout供試体

表-1 コンクリートの配合

test series	p*1	V _{sf} *2	V _{pf} *3
1	-	-	-
2	60	-	-
3	-	1.0	-
4	-	1.5	-
5	-	2.0	-
6	-	-	1.0
7	-	-	1.5
8	-	-	2.0
9	-	0.5	1.0
10	-	1.0	1.0
11	-	1.0	0.5
12	60	1.0	-
13	60	1.5	-
14	60	2.0	-
15	60	-	1.0
16	60	-	2.0
17	60	0.5	1.0
18	60	1.0	1.0
19	60	1.0	0.5

*1 polymer content (kg/m³)

*2 volume fraction of steel fiber (%)

*3 volume fraction of polyethylene fiber (%)

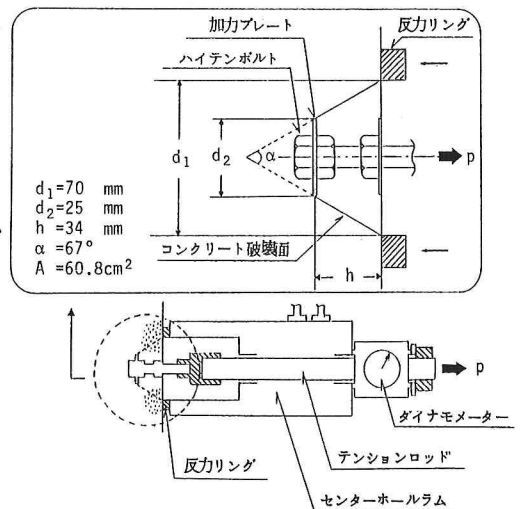


図-1 Pullout試験装置

表-2 実験結果のまとめ

test series	pullout strength (N/mm ²)	compressive strength (N/mm ²)	bending strength (N/mm ²)	modulus of toughness	fracture toughness (N/m ^{1.5})	bending toughness (kN·mm)	j-integral (N/m)
1	2.862	42.42	3.859	35.949	23.512	1.945	50.89
2	4.475	39.61	4.098	22.802	22.437	2.347	34.84
3	4.292	46.29	6.689	163.575	34.932	35.917	757.27
4	6.336	37.51	10.305	151.043	78.195	54.326	2136.15
5	5.905	38.47	10.684	183.719	64.692	64.533	4358.79
6	3.229	35.18	3.665	131.838	24.748	18.693	54.97
7	3.691	31.10	3.915	162.942	23.821	24.402	13.96
8	4.038	37.99	6.468	175.199	47.522	25.284	2411.19
9	3.514	32.79	5.219	166.574	32.783	26.308	181.54
10	4.981	39.68	9.224	139.295	19.670	43.424	477.90
11	3.952	39.98	7.049	157.262	48.771	36.662	1046.48
12	5.453	28.26	6.953	178.539	46.689	41.082	371.39
13	6.116	36.20	9.116	162.672	60.124	48.931	1110.28
14	5.703	36.19	10.265	147.936	46.527	48.334	872.90
15	4.579	23.99	4.437	116.781	27.100	19.212	59.26
16	5.161	26.06	5.101	120.819	25.326	22.006	81.40
17	4.328	36.56	5.495	151.739	29.021	27.102	164.87
18	5.188	43.07	7.416	172.251	42.927	28.779	648.63
19	5.675	38.79	5.136	178.505	31.412	28.474	254.94

3. 実験結果及び考察

今回の実験の結果をまとめると表-2のようになる。Pullout強度は8本の平均値、その他の値は3本の伏試体の平均値を用いた。図2~5は表-2の結果を用いて Pullout 強度との関係を示した図である。FRCC及びFRPCCの場合は、普通コンクリートに関して従来報告されているような³⁾圧縮強度との相関関係は非常に低い(図-2)。一方曲げ強度或いは曲げ靱性値として用いられている曲げタフネス及び破壊靱性値等と Pullout 強度との相関は非常に高く、ポリマーの混入の有無により大きく2つに分かれる(図3, 4, 5)

4. 結論

今回の実験の結果から以下のことがいえる。

- 1) FRCC及びFRPCCの強度推定を目的とした Pullout 試験は曲げ強度を推定する場合に有効な試験法といえる。
- 2) Pullout 強度によりFRCC及びFRPCCの曲げ靱性を推定することが可能である。
- 3) Pullout 強度によりFRCC及びFRPCCの圧縮強度を推定することは困難である。

〈参考文献〉

- 1) V.M. Malhotra et. al., ACI journal pp 161 ~ 170, May-June 1980
- 2) 稲田ら 第34回土木学会年講 pp 147~148, 1979
- 3) 森田ら セメント技術年報 36 No. 42, 1982

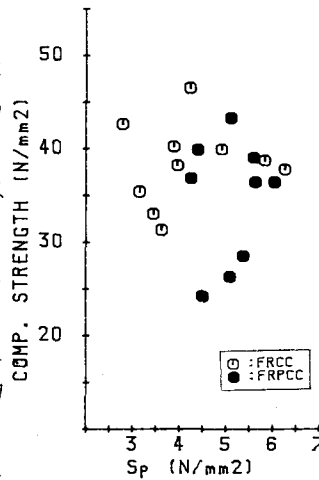


図-2 圧縮強度とSp

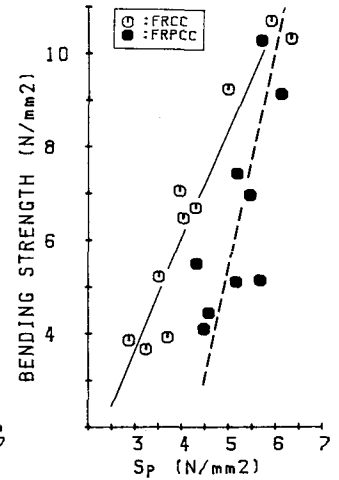


図-3 曲げ強度とSp

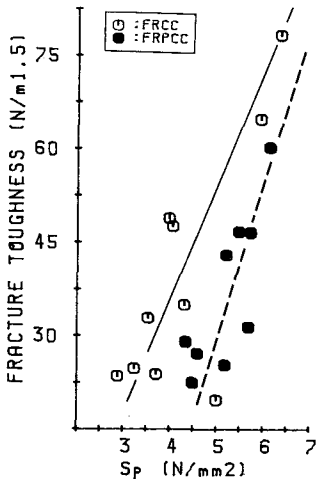


図-4 破壊靱性値とSp

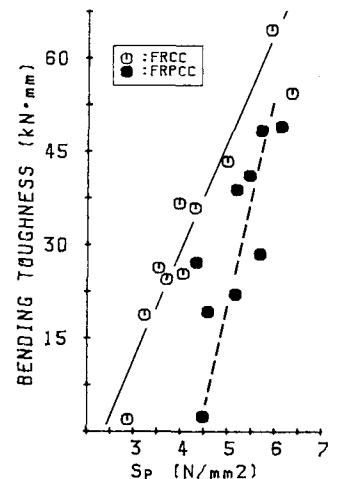


図-5 曲げタフネスとSp