

Ⅲ-B40 P H C 杭のせん断耐力に関する実験と考察

コンクリートパイル建設技術協会 正会員 ○津田 和義

大岩健治郎

林 隆浩

清水政浩

縄田初夫

1. まえがき

P H C 杭の終局せん断耐力については、過去の実験データは有効なせん断補強筋を有しない P H C 杭についてせん断ひび割れ耐力を測定しているものが多く耐力算定式も確立していない。本研究ではせん断補強筋を配置した P H C 杭を用いて終局せん断耐力を調査するとともに、せん断耐力に及ぼすせん断補強筋の効果、せん断スパン比の影響、軸力の影響および荷重条件の影響を調査した。

2. 実験概要

2.1 供試杭

供試杭は、J I S規格を想定した「従来杭」5 体とせん断補強筋を増大した「改良杭」8 体で、表-1 に示す計 13 体である。

2.2 荷重方法

荷重方法は、図-1 に示す 2 点荷重・単純梁方式による一方単純荷重と正負交番繰返し荷重の 2 方法とした。正負交番繰返し荷重は、正荷重でひび割れ発生まで荷重し、その後 1 サイクル毎に荷重を増加させながら破壊まで行った。

3. 試験結果

3.1 材料試験結果

供試杭に使用した材料の試験結果を表-2、表-3 に示す。

3.2 供試杭荷重試験結果

供試杭の試験結果一覧を表-4 に示す。

有効プレストレス 80 kgf/cm^2 時の試験結果を図-2 に示す。

表-1 供試杭の種類

杭 種	改良杭				従来杭			
外径・厚さ	300 mm ・ 60 mm							
P C 鋼材	φ 7 mm×16 本							
らせん鉄筋	D 6, 50 mmφ 7 ヅ				φ 3.0, 50 mmφ 7 ヅ			
せん断スパン比	1.0	1.5	2.0	3.0	1.0	1.5	2.0	3.0
有効プレ ストレス (軸力) kg f/cm ²	20	—	—	○	—	—	—	—
	40	—	—	○	—	—	—	—
	80	○	○	○△	○	○	○△	○
	100	—	○	—	—	—	—	—

○：正負交番繰返し荷重 △：一方単純荷重

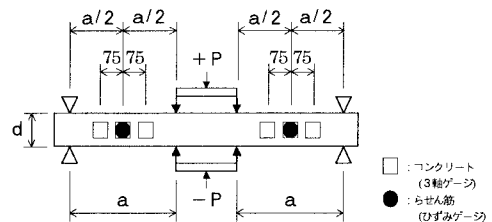


図-1 荷重方法

表-2 コンクリート強度試験結果

圧縮強度 (kg f/cm^2)	ヤング係数 (kg f/cm^2)	ポアソン比	引張強度 (kg f/cm^2)
829	3.78×10^5	0.20	56

表-3 鋼材強度試験結果(単位: kg f/cm^2)

	P C 鋼材 ($\phi 7$) JIS G 3536 SWPD1N	異形棒鋼 (D8) JIS G 3112 SD295A	普通鉄線 ($\phi 3$) JIS G 3552 SWB-B
引張強さ	16,910	3,376	6,263
降伏点	14,193	4,909	6,002
ヤング係数	2.01×10^5	2.08×10^5	2.10×10^5

表-4 試験結果一覧表

供試杭 No	※1 名 称	曲 げ ひ び 割 れ 発生荷重 (t)	せん 断 ひ び 割 れ 発生荷重 (t)	せん 断 力 (t)	最大荷重 (t)	せん 断 力 (t)	破壊状態 ※3 破壊形態 らせん筋 状態	最大荷重時 変形量 (中央たわみ) (mm)
13	N-80-2.0-S	14.6	34.7	17.3	37.7	37.7	曲げ破壊	45.1
1	N-80-2.0-C	15.3	負28.0	13.7	正34.7	17.3	せん断破壊 破断	37.6
12	K-80-2.0-S	16.7	33.7	16.8	38.7	—	曲げ破壊	40.0
2	K-80-2.0-C	15.3	負31.1	15.3	正38.7	—	曲げ破壊	48.2
3	K-20-2.0-C	8.2	正26.5	13.3	正39.8	—	曲げ破壊	84.2
9	K-40-2.0-C	11.6	正27.5	13.8	負41.3 正41.3	—	曲げ破壊	70.5 68.3
8	N-80-1.5-C	29.0	負29.1	14.3	正44.9	22.4	せん断破壊 破断	34.7
5	K-80-1.5-C	21.4	正28.6	14.8	正50.0	25.0	せん断破壊 破断せず	44.3
11	K-100-1.5-C	24.1	正38.7	19.4	正58.1	—	曲げ破壊	63.6
10	N-80-1.0-C	32.1	正32.6	16.3	正65.3	32.6	せん断破壊 破断	23.8
6	K-80-1.0-C	35.7	正35.7	17.8	—	—	—	22.6
7	T1, 41f 腐蝕後試験	—	—	—	正17.5	38.7	せん断破壊 破断	35.4
1	N-80-3.0-C	10.8	—	—	正24.9	—	曲げ破壊	45.2
4	K-80-3.0-C	10.6	—	—	正25.5	—	曲げ破壊	49.1

※1 ○ - ○ ○ - ○ ○ - ○

N: 従来杭 プレストレス K: 改良杭 S: 単純荷重

C: 正負交番繰返し荷重

※2 せん断ひび割れ荷重は、杭の中央付近から斜め方向に発生したひび割れを

目視で判断した。

※3 破壊形態の曲げ破壊は、圧縮線のコンクリートが剥離した状態とし、せん断破壊は、せん断スパン内において斜め方向に添ってコンクリートが破壊した状態とした。

4. セン断耐力に対する各要因の影響について

4.1 セン断耐力とセン断スパン比の関係（杭No6、5、2、10、8、1）

表－6に有効プレストレス80kgf/cm²でセン断スパン比が1.0、1.5、2.0の時の試験結果を示す。表－5によれば、セン断スパン比が大きくなると終局セン断耐力は大きく低下する。ひび割れセン断耐力は、終局セン断耐力と同様の傾向はあるがセン断スパン比の影響は小さい。

セン断耐力に影響するセン断スパン比の範囲に関しては、ひび割れセン断耐力の場合、セン断スパン比が1.5～2.0で耐力の低下がほぼ収束していることから、セン断スパン比2.0以上の範囲ではほとんど影響がないものと考えられる。

終局セン断耐力の場合、セン断スパン比2.0以上の範囲でも影響があると考えられるが、セン断ひび割れ耐力と同様にセン断スパン比が大きくなるほど耐力の低下率が小さくなっている。

4.2 セン断耐力とセン断補強筋の関係（杭No6、5、2、10、8、1）

改良杭と従来杭のセン断耐力の比較を表－6に示す。

表－6から、セン断耐力に及ぼすセン断補強筋の効果はひび割れ耐力よりも終局耐力への効果が大きく、改良杭の方がひび割れセン断耐力で3～12%、終局セン断耐力で12～19%大きな値となった。

4.3 セン断耐力と有効プレストレス量（軸力）の関係（表－4参照）

杭No3、No9およびNo2の結果からひび割れセン断耐力と有効プレストレス量は比例関係にあるものと考えられる。終局セン断耐力に対する影響については、破壊形態が曲げ破壊とセン断破壊に分かれたため不明である。

4.4 セン断耐力と載荷条件の関係（杭No2、12、1）

載荷条件によるひび割れセン断耐力の比較を表－7に示す。

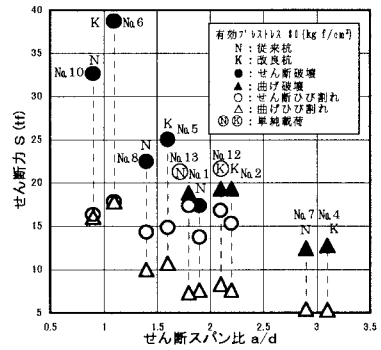
表－7によれば、交番繰返し載荷によるひび割れセン断耐力の低下率は、改良杭で9%、従来杭で21%となっており、セン断補強筋の量によって載荷条件の影響割合も異なってくると考えられる。

終局セン断耐力については、破壊形態が曲げ破壊とセン断破壊に分かれたため定量的な耐力比較には至らなかったが、セン断補強筋の少ない従来杭では単純載荷で曲げ破壊であったものが交番繰返し載荷ではセン断破壊となり、交番繰返し載荷によって終局セン断耐力も低下することがわかる。

5. まとめ

PHC杭のセン断耐力実験から、セン断耐力に及ぼす各種要因の影響に関して次の事項が確認された。

- （1）セン断スパン比が1.0～2.0の範囲では終局セン断耐力に及ぼすセン断スパン比の影響は大きく、セン断スパン比が大きい程セン断耐力は小さくなる。
- （2）ひび割れセン断耐力に及ぼすセン断スパン比の影響は、終局セン断耐力に比して小さい。また、影響割合はセン断スパン比が大きい程小さく、セン断スパン比が2.0以上の範囲ではほとんど影響がないものと考えられる。
- （3）セン断耐力に及ぼすセン断補強筋の効果は、ひび割れセン断耐力よりも終局セン断耐力に対するほうが大きい。
- （4）ひび割れセン断耐力は、杭体の有効プレストレス量（軸力）の増加に伴い増加する。
- （5）交番繰返し載荷によって終局セン断耐力、ひび割れセン断耐力共に低下傾向にある。また、載荷条件の影響はセン断補強筋の量が少ない程大きいものと考えられる。



図－2 セン断耐力試験結果

表－5 セン断スパン比の変化によるセン断耐力の比較

セン断スパン比 (a/d)	1.0	1.5	2.0
終局 セン断 耐力	改良杭 38.7 (1.00)	25.0 (0.65)	— [曲げ破壊]
	従来杭 32.6 (1.00)	22.4 (0.69)	17.3 (0.53)
	平均比 1.00	0.67	0.53
ひび割れ セン断 耐力	改良杭 17.8 (1.00)	14.8 (0.83)	13.3 (0.75)
	従来杭 16.3 (1.00)	14.3 (0.88)	13.7 (0.84)
	平均比 1.00	0.86	0.85

注) () 内数値はセン断スパン比1.0時のセン断耐力を1.00とした時の耐力比を示す。

表－6 改良杭と従来杭のセン断耐力の比較

	セン断 スパン比 (a/d)	改良杭	従来杭
終局 セン断耐力	1.0	38.7 (1.00)	32.6 (1.00)
	1.5	25.0 (1.12)	22.4 (1.00)
	2.0	— [曲げ破壊]	17.3 (1.00)
ひび割れ セン断耐力	1.0	17.8 (1.00)	16.3 (1.00)
	1.5	14.8 (1.00)	14.3 (1.00)
	2.0	13.3 (1.12)	13.7 (1.00)

注) () 内数値は従来杭のセン断耐力を1.00とした時の改良杭の耐力比を示す。

表－7 載荷条件によるひび割れセン断耐力の比較

載荷条件	単純載荷	交番繰返し載荷
杭 種	改良杭 16.8 (1.00)	15.3 (0.91)
	従来杭 17.3 (1.00)	13.7 (0.79)

注) () 内数値は単純載荷の時のひび割れセン断耐力を1.00とした時の耐力比を示す。