高強度コンクリートを適用した場所打ちRC杭のせん断耐力

鉄道総合技術研究所　正会員　谷村幸裕
鉄道総合技術研究所　正会員　佐藤　勉
鉄道総合技術研究所　正会員　棚村史郎
復建エンジニアリング　正会員　池亀真樹

１．はじめに

近年の耐震設計の改訂に伴う杭部材断面力の増加に対して，高強度コンクリートの適用が考えられている．しかし，場所打ちRC杭は，一般的なコンクリートと比較して打ち込み条件，不純物混入の可能性や締め固め条件等が異なり，これらの影響を定量的に把握する必要がある．そこで，高強度コンクリートを適用した場所打ちRC杭のせん断耐力に施工条件が及ぼす影響に関する基礎資料を得るため，場所打ち杭を模擬した供試体を製作し載荷実験を行った．

２．実験概要

供試体の形状・諸元を**図１**，**表１**に示す．供試体の諸元は，実際の場所打ちRC杭を基本としたが，実験条件を簡明にするため断面形状は矩形とし，単純梁供試体を2点対称静的単調載荷した．また，せん断補強鉄筋以外が受け持つせん断耐力に着目し，せん断補強鉄筋は配置していない．供試体は場所打ち杭の施工を模擬して，供試体を立ててトレミー管を用いコンクリートを打ち込んだ．施工条件は気中，水中および泥水中（ベントナイト濃度5，10，15%）の5種類とし，コンクリートはスランプ18cmおよびスランプフロー60cmの2種類を用いた．なお，測定は，荷重，ひび割れ性状，変位，鉄筋およびコンクリートのひずみについて行った．

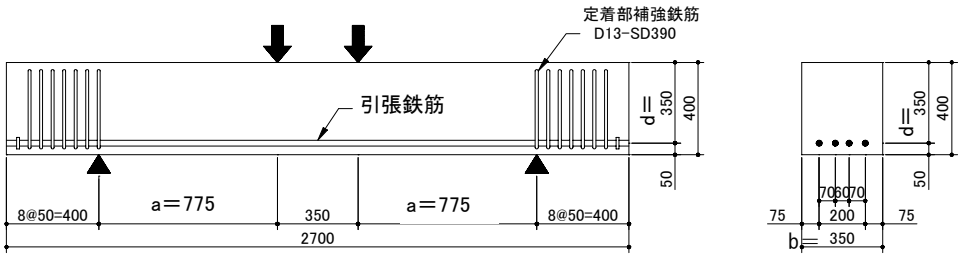

図１　供試体の形状（mm）

表１　供試体の諸元および実験結果

	性状*1	引張鉄筋	施工条件(*2)	破壊形態	f'_c*3	Pc	$P1$	P_{max}	P_{cal}
HN-1	スランプ18cm	D19－3本 (USD685)	気中	せん断	59.9	84	314	320	333
HN-2			水中	せん断	57.7	64	321	411	329
HN-3			泥水中(5%)	せん断	57.9	74	299	299	329
HN-4			泥水中(10%)	曲げ	57.9	64	－	570	－
HN-5			泥水中(15%)	せん断	58.0	49	279	279	330
HS-1	スランプフロー60cm	D19－3本 (USD685)	気中	せん断	58.8	74	283	312	331
HS-2			水中	せん断	60.2	67	274	296	334
HS-3			泥水中(5%)	曲げ	64.1	84	－	568	－
HS-4			泥水中(10%)	曲げ	71.0	64	－	553	－
HS-5			泥水中(15%)	曲げ	71.6	78	－	574	－
HS-6		D25－4本 (SD390)	気中	せん断	65.7	85	383	774	457
HS-7			泥水中(5%)	せん断	66.7	90	345	623	460
HS-8			泥水中(10%)	せん断	66.2	90	309	468	458
HS-9			泥水中(15%)	せん断	70.0	80	(270)	747	－

*1：コンクリートの性状，*2：ベントナイト濃度，*3：コンクリート圧縮強度(N/mm^2)，
Pc：曲げひび割れ荷重（kN），$P1$：斜めひび割れ荷重（kN），P_{max}：最大荷重（kN），
P_{cal}：せん断耐力計算値荷重（kN）

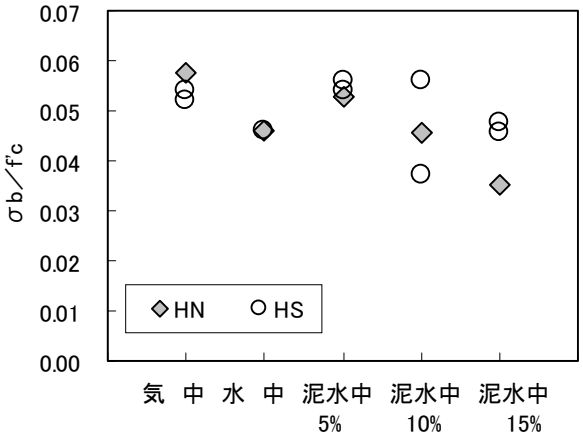

図２　施工条件と曲げひび割れ応力度

キーワード：せん断，場所打ち杭，高強度コンクリート
連絡先：〒185-8540　東京都国分寺市光町2-8-38　電話042-573-7281　FAX042-573-7282

３．実験結果および考察

(1)ひび割れ性状

各供試体の破壊形態と最大荷重を**表 1** に示す．せん断破壊した供試体は，まず，スパン中央付近に曲げひび割れが発生（*Pc*）した後，斜めひび割れが発生（*P1*）して一旦大きく荷重が低下した．HN-3，HN-5 はそのまま破壊したが，それ以外の供試体は *P1* で一旦荷重が大きく低下した後，さらに載荷を続けると P_{max} まで荷重が上昇して載荷点付近のコンクリートが破壊した．ただし，HS-9 は *P1* での荷重の低下はほとんどなかった．

また，曲げ破壊した供試体は，数本の曲げひび割れ発生後ひび割れ本数が増加せず，ひび割れ幅が大きくなり，その後圧縮側のコンクリートが圧壊して破壊に至った．曲げ破壊した供試体を解体したところ，鉄筋にベントナイトが付着しており，コンクリートとの付着切れが生じたためにひび割れが集中したものと考えられる．

(2)曲げひび割れ発生荷重

曲げひび割れ発生時の縁引張応力度 σ_b を求め，施工条件と σ_b/f'_c の関係を**図 2** に示す．なお，コンクリートの圧縮強度 f'_c は，供試体から採取したコンクリートコアの圧縮強度試験により得られた値である．**図 2** より，曲げひび割れ発生時の応力度は気中よりも水中および泥水中の方がやや低い傾向が見られる．

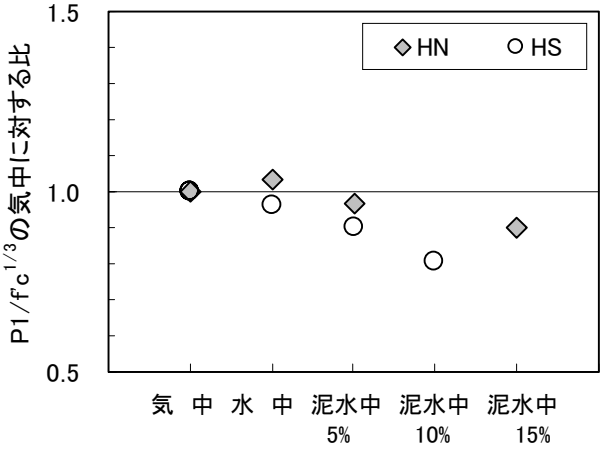

図 3　せん断耐力の気中施工に対する比

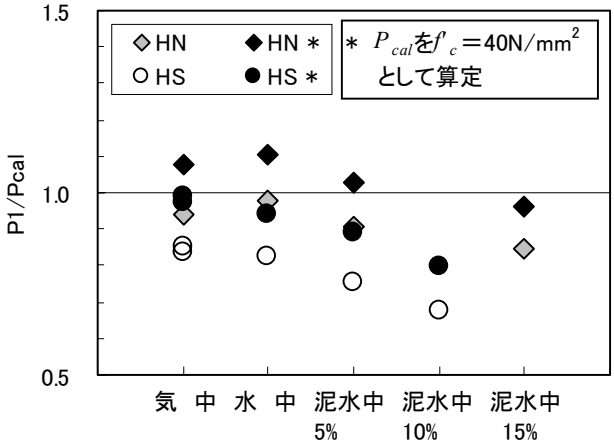

図 4　施工条件と P1／Pcal の関係

(3)せん断耐力

本検討では，せん断耐力の実験値として *P1* を用いることにする．なお，曲げ破壊した供試体および HS-9 は検討対象から除外する．施工条件と $P1/f'_c{}^{1/3}$ の気中施工に対する比の関係を**図 3** に示す．気中よりも泥水中施工の方がせん断耐力は低下し，泥水中施工の場合，気中に対して HN で 92%，HS で 80%に低下した．

次に，式（1）に示す既往のせん断耐力算定式[1)]を用いて実験結果の評価を試みた．

$$Vcal = 0.76(a/d)^{-1.166} \cdot f'_c{}^{1/3} \cdot (1000/d)^{1/4} \cdot (100p_c)^{1/3} \cdot b \cdot d \qquad (1)$$

ここに，$p_c = A_s/(b \cdot d)$，A_s：引張側鋼材の断面積（mm^2）．せん断耐力時の荷重の計算値 P_{cal} を**表 1** に，施工条件と実験値／計算値の関係を**図 4** に示す．いずれの場合も計算値は過大評価であるが，気中，水中施工よりも泥水中施工の方が，泥水中施工ではベントナイト濃度の高い方が計算値に比べて実験値が低下する傾向がある．また，図には P_{cal} を $f'_c = 40N/mm^2$ として計算した場合も併記したが，この場合は気中施工の実験結果を概ね評価できる結果となった．ところで，同様の普通強度コンクリートを用いた実験[2)]によると，ベントナイト泥水中で施工された供試体は，計算値は実験値を 30%程度過大評価することが明らかにされており，本実験において高強度コンクリートを用いた場合もほぼ同様に過大評価する傾向が見られた．

４．まとめ

高強度コンクリートを適用した場所打ち RC 杭を模擬した供試体を製作し載荷実験を行ったところ，ベントナイト泥水中で施工された供試体の場合，気中施工に比べてせん断耐力が低下することことが明らかになった．

［参考文献］　1)石橋，松田，斉藤：少数本の杭を用いたフーチングのせん断設計について，土木学会論文報告集，第 377 号 1983.9，2)渡辺，村田：場所打ち RC くいのせん断耐力に関する実験的研究，土木学会第 47 回年次学術講演会，1992.9