

木材の特性

- 地盤補強で木材が選ばれる理由
 - 軽量
 - 加工性
 - 施工性
 - コスト
 - テーパー形状による高い地盤密着性
- 木材の短所、課題
 - 腐朽リスク（地際、水際）
 - 形状、品質のばらつき
 - 全国的な統一設計基準が未整理

QPパイル工法が成立するための3つの条件

1. 耐久性

- 木材を常水面以深に設置（法令遵守）
- 常水面以浅の対応
- 現場での水位確認（SWS孔・オーガ孔）

2. 材料から決まる許容圧縮力

- 木材の形状規定、周面積
- 繊維方向の強度（ F_c ）
- 継手低減率（ a ）、細長比低減率（ b ）

3. 地盤から決まる許容支持力

- SWS試験による地盤強度評価
- 先端抵抗係数 α ・ 周面摩擦係数 β

木材は常水面以深に設置

- 木材を地中で使用する場合、**腐朽やシロアリへの対策は不可欠**
- 法令で定められた基本条件
 - 建築基準法施行令 第38条 第6項
 - 建築物の基礎に木ぐいを使用する場合には、その木ぐいは、平屋建の木造の建築物に使用する場合を除き、常水面下にあるようにしなければならない
 - 平成13年国土交通省告示 第1113号 第4項
 - 地盤補強材に木材を用いる場合も地下水位面以深で用いること
- 常水面の決定
 - 地盤調査の孔内水位 × 季節変動 = 常水面の決定
 - 季節変動：降雨量の多い時期と少ない時期で地下水位が変動
 - 低平地の季節変動：年間変動幅はおおむね 30～40 cm

常水面以浅の対策

- 木材の耐久性を確保するために・・・
 - コンクリート柱体を使用
- 防腐・防蟻処理木材（木材保存剤 CUAZ）を使用



トップコンクリート



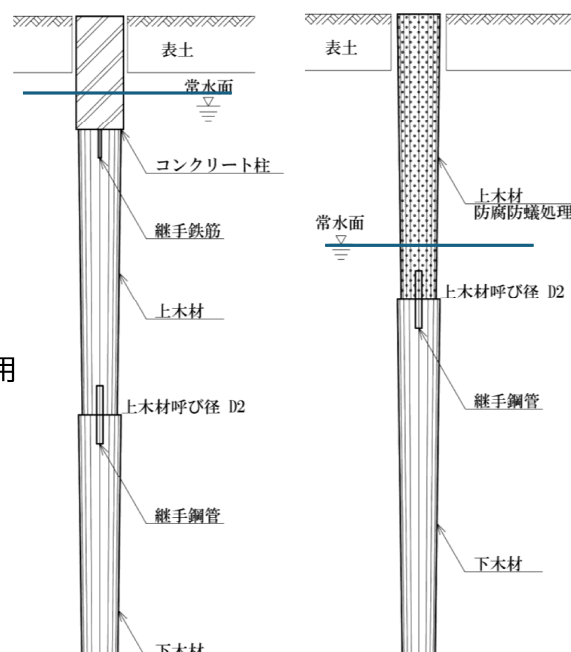
スチールトップコンクリート



薬剤注入前



薬剤注入後



水位の確認方法 – 現場での実務

- SWS試験孔を利用した水位確認
 - 方法：水位計を使用（ロープ先端に水気があるとビープ音が鳴る機器）
 - 補足：棒を差し込み**目視確認**も併用
- 施工時オーガ孔による直接確認
 - 方法：**水位を直接確認**
 - 特徴：水位状況を正確に把握可能



動画：SWS試験孔での水位確認状況



動画：施工時のオーガ孔での水位確認状況

QPパイル工法が成立するための3つの条件

1. 耐久性
 - 木材を常水面以深に設置（法令遵守）
 - 常水面以浅の対応
 - 現場での水位確認（SWS孔・オーガ孔）
2. **材料から決まる許容圧縮力**
 - 木材の形状規定、周面積
 - 繊維方向の強度（ F_c ）
 - 継手低減率（ a ）、細長比低減率（ b ）
3. 地盤から決まる許容支持力
 - SWS試験による地盤強度評価
 - 先端抵抗係数 α ・ 周面摩擦係数 β

品質確保のための形状規定

- 末口径（呼び径）の管理
 - 周面積算定における最重要寸法
 - 材料規格：120～210mm（10mmピッチ）
 - 管理基準：呼び径以上を確保

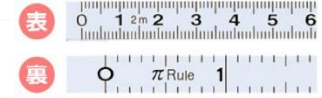


写真：材長確認



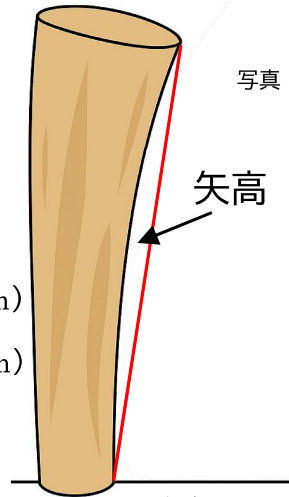
写真：末口径確認

- 材長の管理
 - 材料規格：一本当たり12m以下
 - 管理基準：-0、+規定せず
 - 実務上は4～6m程度が主流



写真：円周を測れば直径が分かるパイメジャー

- 矢高（曲り量）の管理
 - JAS基準 25%以下（末口径120～130mm）
30%以下（末口径140～210mm）
 - 管理基準：一律、末口径の20%以下



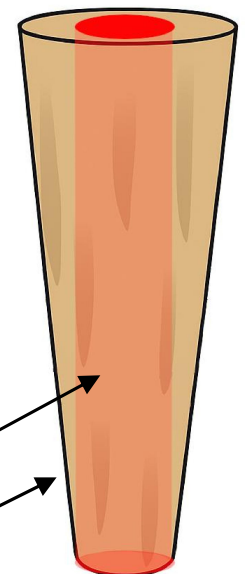
図：矢高とは



写真：矢高確認

木材の周面積

- 周面積と支持力の関係
 - 木材の鉛直支持力は「地盤との接触面積（周面積）」で決まる
 - 周面積の算定には「末口径（木材先端の直径）」を採用
 - 最も細い部分を基準にすることで保守的な評価
- 継ぎ木材の場合
 - 部材ごとに直径が異なるため、材長に応じた「末口径の加重平均」を採用
$$A_s' = (A_{s1} \cdot l_1 + A_{s2} \cdot l_2 + A_{sn} \cdot l_n) / (l_1 + l_2 + l_n)$$
- 実務上の補足
 - 実際の木材はテーパ形状により元口側が太く、
設計値より実質的な周面積は10～15%程度大きくなる



設計上の周面積

実際の周面積
(設計値+10～15%)

木材の強度設定

・ 木材の材料強度の設定

- ・ 繊維方向の許容応力度（建築基準法施行令 第89条 に基づき設定）

$$\sigma_a = 0.7 (1.1F_c/3)$$

- ・ 平成12年 建設省告示 第1452号（乙種構造材・目視等級二級）を準用

べいまつ：18.0 N/mm²

からまつ、すぎ：20.4 N/mm²

・ JAS認証材ではない理由と強度の妥当性

- ・ 地盤補強に用いる丸太はJAS認証材ではない
- ・ 第三者機関による圧縮試験結果により性能を確認
- ・ 乙種構造材二級の基準強度に対し1.1～1.3倍の圧縮強度を示す

No.	長さ (cm)	木口径(cm)			最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm ²)	基準強度との比	
		上部	中部	下部			18.0	20.4
1	100.1	15.3	15.5	15.9	445.5	24.2	1.34	1.19
2	100	15.1	15.3	15.8	478	26.7	1.48	1.31
3	100	15	15.3	15.7	412.5	23.4	1.30	1.15



写真：通し丸太の圧縮試験

継いだ木材の圧縮強度低減

・ 継手による低減率 (a)

- ・ 継手による圧縮性能低下への対応
- ・ **コンクリート柱の継手鉄筋：a=0.10・・・①**
- ・ **木材同士の鋼管継手：a=0.15n(n=継手数)・・・②**
- ・ 一本木材に対し約96%の圧縮性能



写真：継いだ木材の圧縮試験



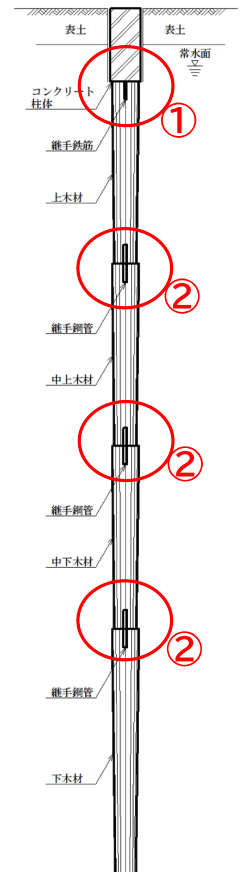
写真：木材とコンクリート柱体の圧縮試験



写真：継手加工状況



写真：鋼管継手



・ 細長比による低減率 (b)

- ・ 圧縮時に座屈傾向が強まることへの対応
- ・ L/D > 60 を 細長材 として扱う L (全長)、D (元口径)
- ・ **低減率：b = (L/D - 60) / 100** (例：L/D = 80 → b = 0.20 → 20% 低減)

材料から決まる許容圧縮力

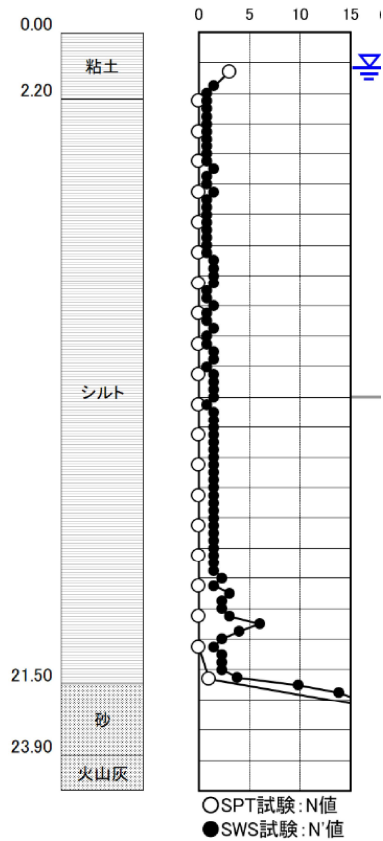
- ・ 繊維方向の許容応力度
 - ・ 許容圧縮応力： $\sigma_a = 0.7 (1.1F_c/3)$ **低減率**
→ $\sigma_a = 0.7 (1.1F_c/3) (1 - a - b)$
- ・ 許容圧縮力： $Q_a = \sigma_a \cdot A_p$

QPパイル工法が成立するための3つの条件

1. 耐久性
 - ・ 木材を常水面以深に設置（法令遵守）
 - ・ 常水面以浅の対応
 - ・ 現場での水位確認（SWS孔・オーガ孔）
2. 材料から決まる許容圧縮力
 - ・ 木材の形状規定、周面積
 - ・ 繊維方向の強度（ F_c ）
 - ・ 継手低減率（ a ）、細長比低減率（ b ）
3. **地盤から決まる許容支持力**
 - ・ SWS試験による地盤強度評価
 - ・ 先端抵抗係数 α ・ 周面摩擦係数 β

SWS試験による地盤強度評価

- 深度方向の地盤強度を連続的に取得できる
 - 回転トルクと荷重ステップにより地盤の相対的な強度・硬軟を把握可能
 - 細かな深度変化を反映
- 小規模建築物、軽量土木構造物と相性が良い
 - 調査範囲が上層～中間層に集中する用途に適合
 - 杭状地盤補強に必要な深度の評価が可能
- 深度 20m 超までの適用実績
 - 有明海沿岸域では最大24mの調査実績
 - 性能証明の検証過程でも適用性について検証
- SPT との整合性比較
 - SWS換算N値とSPT N値に一定の相関



地盤から決まる許容支持力

• 極限支持力の構成

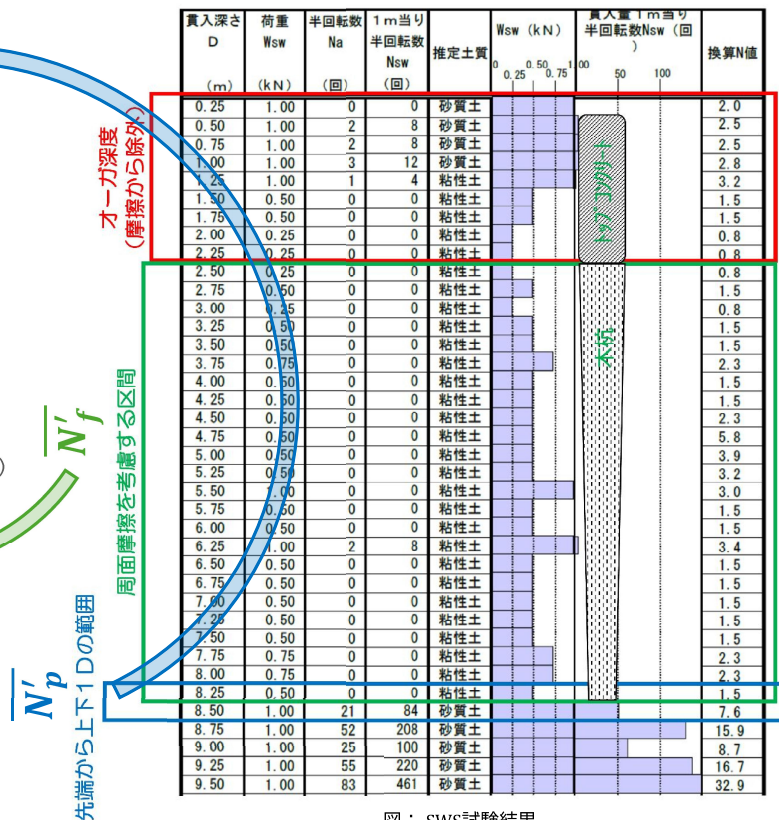
$$R_u = R_p + R_f$$

$$= \alpha \bar{N}'_p A_p + \beta \bar{N}'_f \pi DL$$

α, β : \bar{N}'_p および \bar{N}'_f に関する係数であり、
現場載荷試験の結果に基づいて定める
 \bar{N}'_p : 木材端から上下1 D 範囲の N' の平均値
 \bar{N}'_f : 周面摩擦を考慮する区間の N' の平均値
 A_p : 末口径に基づく木材先端の有効断面積 (m²)
 D : 木材先端の末口径 (m)
 L : 周面摩擦を考慮する区間の長さ (m)

• 長期許容鉛直支持力の考え方

- $R_a = \frac{1}{3} R_u$
- R_a : 地盤から決まる長期許容鉛直支持力 (kN)
 R_u : 地盤から決まる極限鉛直支持力 (kN)



先端抵抗係数 α ・ 周面摩擦係数 β

・ 極限支持力 R_u の定義

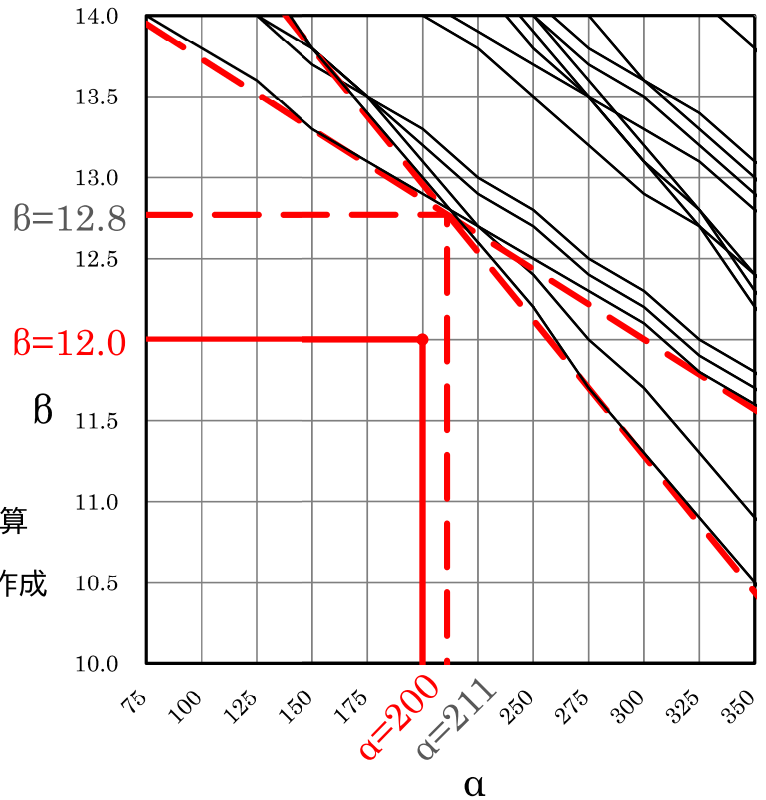
- ・ 有明海沿岸域 13 現場、計 56 回の押し込み試験を実施
- ・ 先端変位が末口径の 10% 以下で得られる最大値を採用

・ 係数同定の手法

- ・ 一般的な杭の係数値を包含するよう α を 75~350 の範囲で仮定
- ・ 仮定した α に対し算定式から β を逆算
- ・ 全 56 試験について α - β の散布図を作成

・ 最終的な算定式

$$R_u = 200 \overline{N_p'} A_p + 12.0 \overline{N_f'} \pi DL$$



木材を継ぐ場合の施工の流れ

1. オーガによる事前掘削（緩掘り）

- ・ 地中障害物の確認
- ・ 地下水位の確認
- ・ 振動低減のための地盤のほぐし

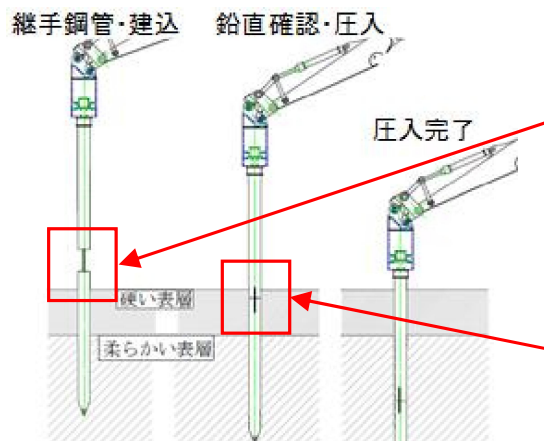


2. 建て込み・鉛直管理

- ・ 掘削孔へ木材を建て込む
- ・ 下げ振りによる直交2方向を確認

3. 継手の接合

- ・ 継手鋼管付きの次材をほぞ穴へ挿し込む
- ・ 一体化後、加振により押し込み



4. 設計深度まで施工完了

継手加工と接合の品質確保

- ほぞ継加工（社内工場で実施）

- ターゲットで木口の中心を計測
- ハンドドリルでほぞ加工
- 継手鋼管を鉛直に挿入



- 接合方式の特徴

- 圧縮力のみを伝達するピン接合
- 施工の鉛直制度に直結
- 10万本以上の施工実績による所定制度の確保



ご清聴ありがとうございました