

耐力要素の 強度性能評価書

雇いホゾ形式の長ホゾ差し込栓接合 (引張)

(平成 22 年 3 月版)

- ・ 記載された条件に該当しない場合は適用できません。
- ・ 適用範囲を確認の上、設計者の判断で使用して下さい。

(実験及び評価書原案作成：職業能力開発総合大学校東京校)

一般社団法人 木を活かす建築推進協議会

1. 仕口名称

雇いホゾ形式の長ホゾ差し込栓接合（引張）

2. 短期許容耐力

短期許容耐力は以下のとおりとする。

| 寸法型式 (S or HK-栓 L) (S: スギ, H: ヒノキ K: ケヤキ) -栓の断面角) | 短期許容耐力 (kN) | 接合部倍率 | ※参考値 $\min(P_y, 2/3P_{\max})$ (短期基準耐力) (kN) |
|--|----------------|-------|--|
| SK-栓 15 | 6.0 | 1.1 | 7.31 |
| SK-栓 18 | 6.0 | 1.1 | 7.26 |
| SK-栓 21 | 6.5 | 1.2 | 6.67 (N=3) |
| HK-栓 15 | 6.0 | 1.1 | 8.24 |
| HK-栓 18 | 6.5 | 1.2 | 7.96 |
| HK-栓 21 | 7.0 | 1.3 | (N=2) |

3. 特性値

特性値は以下のとおりとする。ただし、この値は、低減係数 α を乗じる前のものである。利用に当たっては、適切に α を考慮する必要がある。

| 寸法型式 (S or HK-栓 L) (S: スギ, H: ヒノキ K: ケヤキ) -栓の断面角) | P_y (kN) | δ_y (mm) | $2/3P_{\max}$ (kN) | $\min(P_y, 2/3P_{\max})$ (基準耐力) (kN) | P_u (kN) | δ_u (mm) | K (kN/mm) | δ_v (mm) | μ (δ_u / δ_v) | 破壊形式 (当該破壊形式の 数/ 試験体数) |
|--|---------------|--------------------|-----------------------|--|---------------|--------------------|--------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| SK-栓 15 | 7.31 | 3.69 | 7.53 | 7.31 | 9.36 | 23.44 | 2.25 | 4.76 | 4.92 | 柱材割裂・込栓破断(5/6) |
| SK-栓 18 | 7.26 | 3.09 | 7.55 | 7.26 | 9.13 | 22.34 | 3.26 | 3.73 | 5.99 | 柱材割裂・込栓破断(5/6) |
| SK-栓 21 | 6.67 | 2.34 | 8.43 | 6.67 | 10.77 | 13.62 | 3.84 | 3.29 | 4.14 | 柱材割裂・込栓破断(6/6) |
| HK-栓 15 | 8.88 | 2.53 | 8.24 | 8.24 | 11.29 | 20.93 | 3.66 | 3.52 | 5.95 | 柱材割裂・込栓破断(3/6) |
| HK-栓 18 | 8.45 | 3.59 | 7.96 | 7.96 | 11.58 | 23.00 | 2.97 | 4.75 | 4.84 | 柱材割裂・込栓破断(6/6) |
| HK-栓 21 | — | — | 9.24 | — | — | 11.94 | — | 5.12 | 2.33 | 柱材割裂・込栓破断(6/6) |

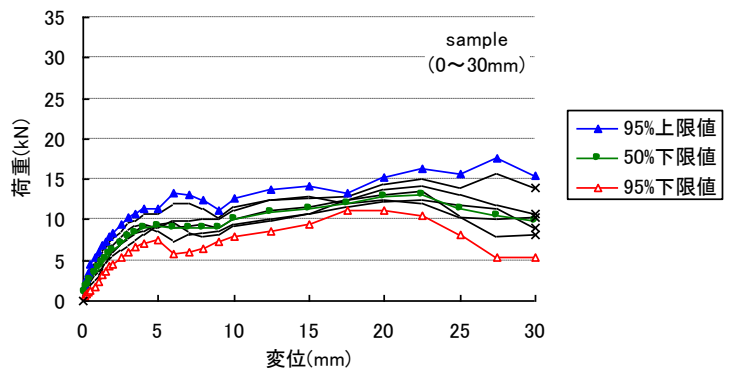
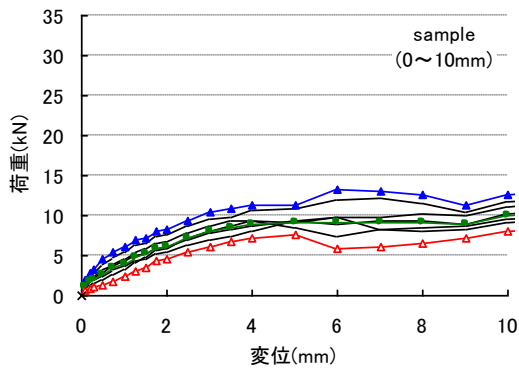
P_y 、 $2/3P_{\max}$ 、 P_u は信頼水準 75% の 95% 下限値で、 δ_y 、K、 δ_v は信頼水準 75% の 50% 下限値、 δ_u は最小値。 μ は表中の δ_v と δ_u から求めた。SK-栓 21 について、 P_y と δ_y 及び $\min(P_y, 2/3P_{\max})$ は P_y が求められた 3 体を対象に統計処理を行った。また、HK-栓 21 については P_y が 2 体しか求められなかったため P_y 、 δ_y 及び $\min(P_y, 2/3P_{\max})$ 、 P_u 及び K の統計処理は行わなかった。

| 寸法形式／変位(mm) | 特定変形時の耐力(kN)(信頼水準 75%の 50%下限値) | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 1.0 | 1.3 | 1.5 | 1.8 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 5.0 |
| SK-栓 15 | 1.2 | 1.7 | 2.0 | 2.6 | 3.4 | 4.0 | 4.8 | 5.2 | 5.9 | 6.2 | 7.1 | 7.9 | 8.4 | 8.9 | 9.2 |
| SK-栓 18 | 0.9 | 1.5 | 1.8 | 2.4 | 3.5 | 4.1 | 5.2 | 5.9 | 6.8 | 7.3 | 8.7 | 9.8 | 10.3 | 10.5 | 10.0 |
| SK-栓 21 | 1.4 | 2.0 | 2.3 | 3.0 | 4.0 | 4.5 | 5.6 | 6.3 | 7.3 | 7.9 | 9.8 | 11.4 | 12.8 | 13.4 | 14.8 |
| HK-栓 15 | 0.9 | 1.9 | 2.5 | 3.6 | 5.0 | 5.8 | 6.7 | 7.3 | 7.6 | 8.2 | 9.4 | 10.4 | 11.0 | 10.9 | 11.8 |
| HK-栓 18 | 0.4 | 1.1 | 1.3 | 1.7 | 2.4 | 3.0 | 4.0 | 4.7 | 5.7 | 6.5 | 8.2 | 9.7 | 10.7 | 12.1 | 13.5 |
| HK-栓 21 | 0.5 | 0.8 | 1.0 | 1.6 | 2.4 | 3.1 | 4.1 | 4.8 | 5.9 | 6.7 | 8.7 | 10.8 | 12.6 | 13.7 | 14.1 |

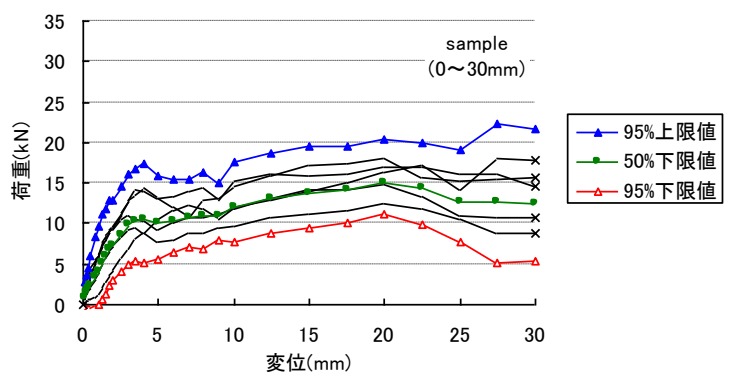
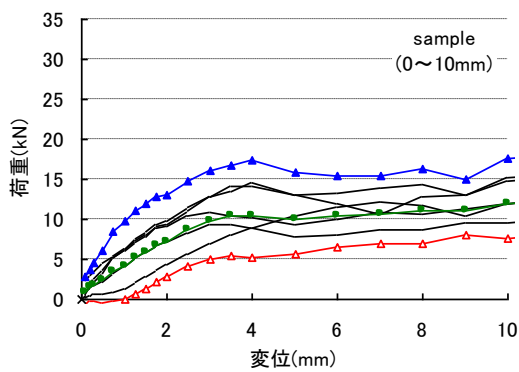
| 寸法形式／変位(mm) | 特定変形時の耐力(kN)(信頼水準 75%の 50%下限値) | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 | 10.0 | 12.5 | 15.0 | 17.5 | 20.0 | 22.5 | 25.0 | 27.5 | 30.0 |
| SK-栓 15 | 9.1 | 9.1 | 9.1 | 9.0 | 10.0 | 10.9 | 11.4 | 12.1 | 11.2 | 10.6 | 8.2 | 5.3 | 5.5 |
| SK-栓 18 | 10.4 | 10.7 | 11.0 | 11.0 | 12.0 | 13.1 | 13.8 | 14.2 | 15.1 | 14.3 | 12.7 | 12.6 | 12.5 |
| SK-栓 21 | 14.7 | 14.0 | 13.3 | 13.2 | 12.9 | 12.8 | 12.6 | 12.8 | 12.0 | 11.4 | 11.2 | 10.1 | 8.5 |
| HK-栓 15 | 12.2 | 12.3 | 11.9 | 13.2 | 13.7 | 14.6 | 14.3 | 15.2 | 14.7 | 13.3 | 13.1 | 13.3 | 13.0 |
| HK-栓 18 | 13.5 | 12.4 | 12.8 | 13.5 | 13.8 | 14.6 | 15.7 | 16.3 | 16.0 | 16.2 | 15.5 | 8.7 | 5.1 |
| HK-栓 21 | 13.5 | 13.1 | 13.2 | 13.0 | 14.1 | 14.0 | 13.1 | 12.3 | 12.5 | 12.7 | 12.8 | 12.7 | 12.4 |

- ・この値は、低減係数 α を乗じる前のものである。利用に当たっては、適切に α を考慮する必要がある。
- ・ $\min(P_y, 2/3P_{max})$ (短期基準耐力)：許容耐力を決める際の基準とした耐力。まず、各仕様 5 体の試験体の荷重－変形関係を完全弾塑性モデルに置換し、降伏耐力(P_y)および最大耐力の 2/3 の値($2/3P_{max}$)を求める。そして、 P_y と $2/3P_{max}$ それぞれについて、5 つの値の平均値と変動係数から、信頼水準 75% の 95% 下限値を求め、小さい方の値を基準耐力とした。SK-栓 15、SK-栓 18 及び SK-栓 21 の仕様は P_y が $2/3P_{max}$ を下回り、 P_y を基準耐力として採用している。一方、HK-栓 15 と HK-栓 18 の仕様は $2/3P_{max}$ が P_y を下回り、 $2/3P_{max}$ を基準耐力として採用している。なお、 P_y を算出できなかった SK-栓 21 と HK-栓 21 の場合は、SK-栓 21 については $N=3$ として P_y 、 δ_y 、 P_u および K について、その試験体を除いた数で統計処理を行った。しかし、HK-栓 21 については $N=2$ となったためにそれらの統計処理を行っていない。
- ・ P_u (終局耐力)：完全弾塑性モデルにおける終局耐力の信頼水準 75% の 95% 下限値である。
- ・ K (初期剛性)：この値は、応力解析に使用されることを考慮して、完全弾塑性モデルにおける初期剛性の信頼水準 75% の 50% 下限値とした。
- ・破壊形式：各仕様で最も多かった破壊形式を記載した。破壊形式の後の(a/b)は、当該の仕様の試験体数 b のうち、標記の破壊形式は a 体であったという意味である。
- ・特定変形時の耐力：5 体の試験体の特定変形時における耐力の信頼水準 75% の 50% 下限値を示している。5 体のうち、1 体でも破壊して耐力を失った場合は、それ以降の数値は表示していない。

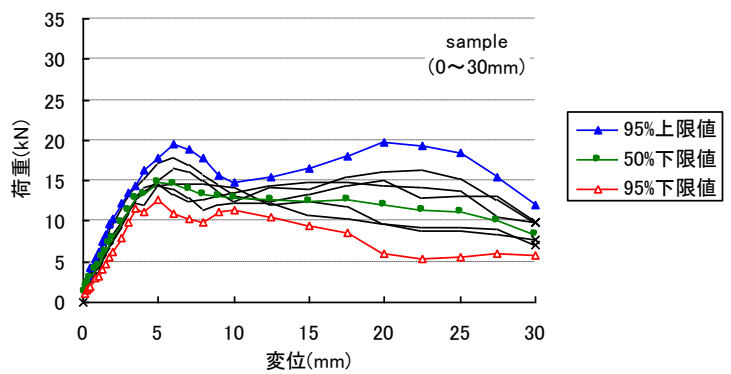
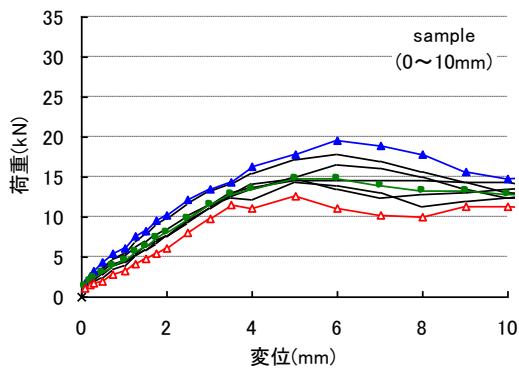
SK-栓 15 の荷重-変形関係



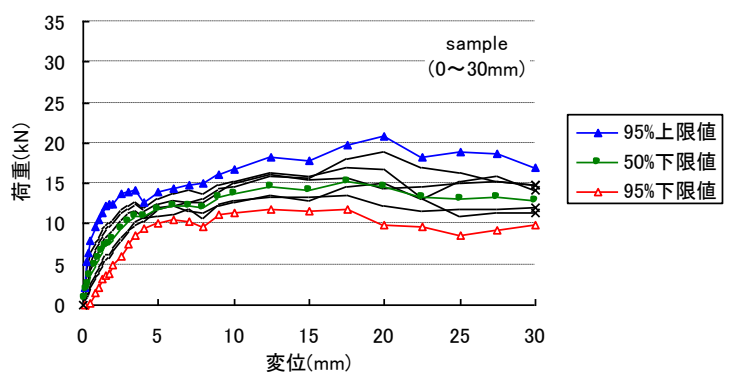
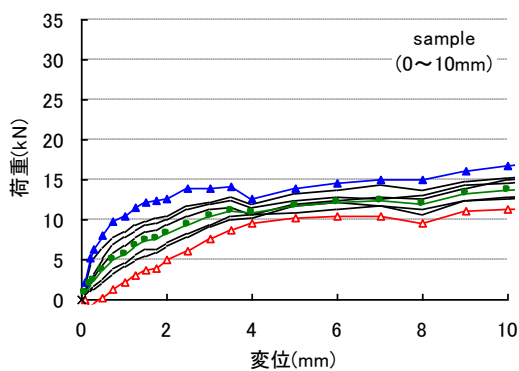
SK-栓 18 の荷重-変形関係



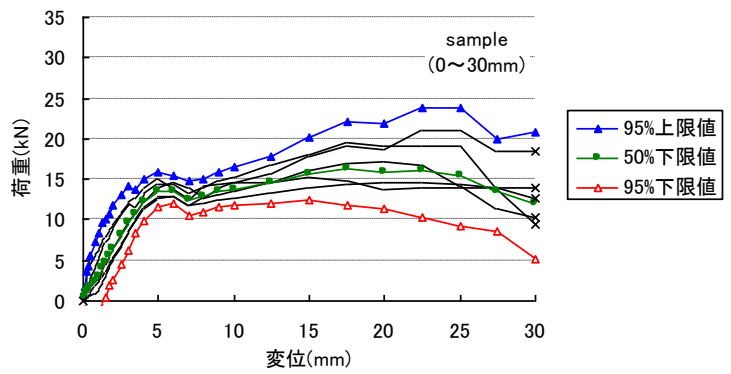
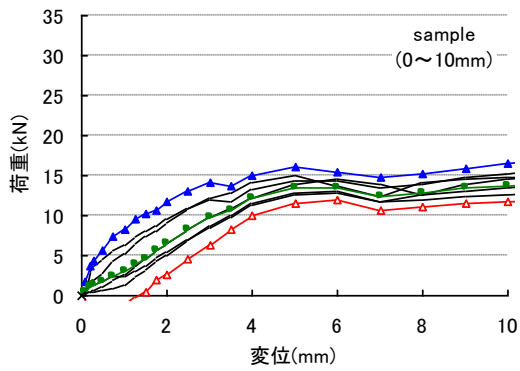
SK-栓 21 の荷重-変形関係



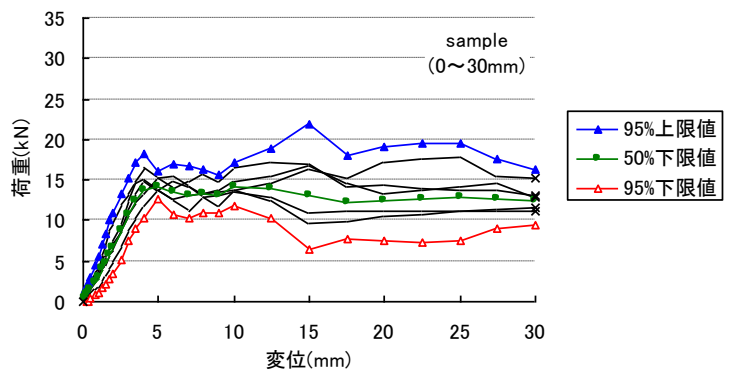
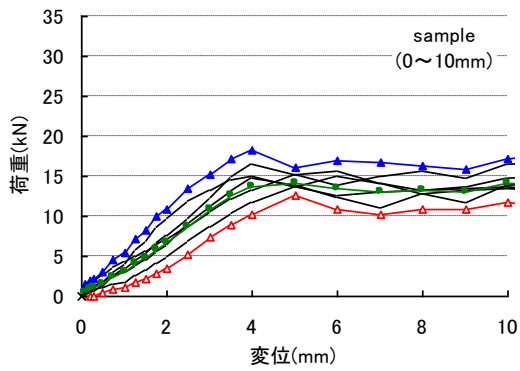
HK-栓 15 の荷重-変形関係



HK-柱 18 の荷重-変形関係



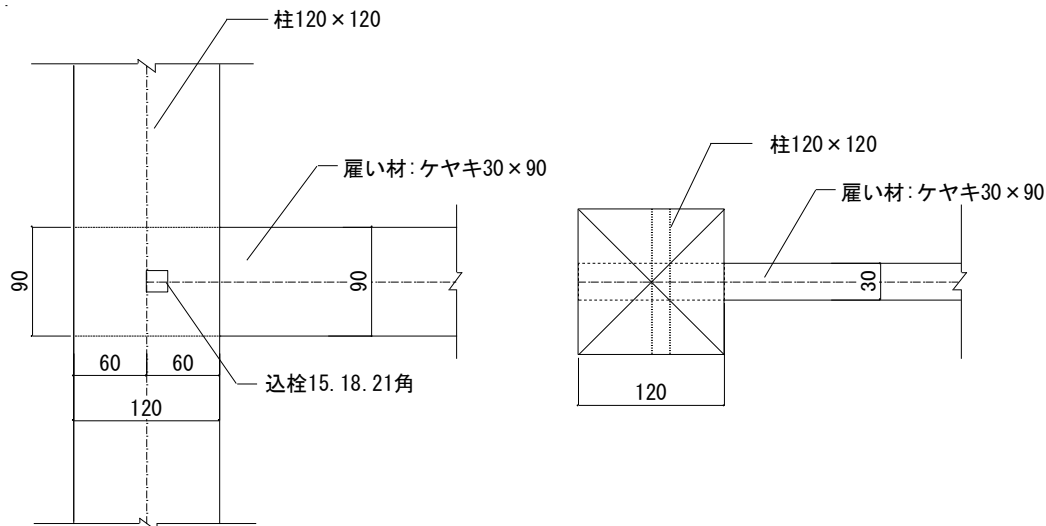
HK-柱 21 の荷重-変形関係



4. 仕様

各寸法型式の仕様は以下のとおりとする。

| 寸法型式 (S or HK-栓 L) | 柱材(mm) | 雇い材(mm) | 込栓 |
|-----------------------|--------------|------------|-----------|
| SK-栓 15 | スギ: 120×120 | ケヤキ: 30×90 | カシ: 15×15 |
| SK-栓 18 | スギ: 120×120 | ケヤキ: 30×90 | カシ: 18×18 |
| SK-栓 21 | スギ: 120×120 | ケヤキ: 30×90 | カシ: 21×21 |
| HK-栓 15 | ヒノキ: 120×120 | ケヤキ: 30×90 | カシ: 15×15 |
| HK-栓 18 | ヒノキ: 120×120 | ケヤキ: 30×90 | カシ: 18×18 |
| HK-栓 21 | ヒノキ: 120×120 | ケヤキ: 30×90 | カシ: 21×21 |



5. 適用範囲

許容耐力および接合部倍率の適用範囲は以下のとおりとする。

| | 適用範囲 | (参考) 本データベースの試験体 |
|-------|---|---|
| 樹種 | 芯持ちスギ (柱材) 芯持ちヒノキ (柱材) ケヤキ (雇い材) | 芯持ちスギ (柱材) 芯持ちヒノキ (柱材) ケヤキ (雇い材) |
| 含水率 | 20%以下 | スギの平均 17.7%、変動係数 0.13 ヒノキの平均 18.8%、変動係数 0.11 ケヤキの平均 15.6%、変動係数 0.28 |
| 乾燥方法 | 内部割れが生じないこと | 天然乾燥 |
| 柱材断面 | 120mm×120mm 以上 | 120mm×120mm |
| 雇い材断面 | 30mm×90mm 以上 | 30mm×90mm |
| 込栓 | 樹種はカシで、断面は3種類 断面: 15mm×15mm 断面: 18mm×18mm 断面: 21mm×21mm 目切れが無いこと。 | 樹種はカシで、断面は3種類 断面: 15mm×15mm 断面: 18mm×18mm 断面: 21mm×21mm |
| その他 | 込栓打込位置は柱芯に込栓下端を揃えること。 | 込栓打込位置: 柱芯に込栓下端揃え |

6. 許容耐力の検討

雇いホゾ形式の長ホゾ差し込栓接合（引張）の柱材、雇い材及び込栓の全ての試験体は天然乾燥されたものである。今回の実験の供試体は、柱用のスギ 18 体で平均含水率が 17.7%（変動係数 0.13）、柱用のヒノキ 18 体で平均含水率が 18.8%（変動係数 0.11）、雇い材のケヤキ 36 体で 15.6%（変動係数 0.28）であった。

針葉樹のスギとヒノキ及び広葉樹のケヤキを天然乾燥させて今回の供試体の含水率まで低下させるにはかなりの乾燥日数を要する。そこで現実的な取扱法としては、乾燥方法を問わず、内部割れが生じないことを求めている。含水率 20%以下とした。雇い材のケヤキについても、断面が 30mm×90mm と小断面であることから、含水率 20%近傍は達成可能であろう。

したがって、含水率 1%当たりの素材（スギ、ヒノキ、ケヤキ）の強度低下（増加）率を 5%と仮定して、本実験の供試体の平均含水率+5%（含水率 22.5%程度）の推定値を許容耐力として提案したい。また、雇いホゾ形式の長ホゾ差しの「長ホゾとホゾ穴の嵌合度」が負であるものが 86%であったことから、含水率 5%の乾燥収縮の影響も許容されるものと推測している。

なお、寸法型式 SK-栓 21 と HK-栓 21 については降伏耐力 P_y がそれぞれ 2 体と 3 体の試験体について検出できなかったことから許容耐力の提案から除外した。

$$\begin{aligned} \text{短期許容耐力} &= \text{低減係数 } \alpha \times \text{短期基準耐力} \\ \text{含水率による低減係数 } \alpha &= 0.80 \sim 0.85 \end{aligned}$$

その後、平均最大耐力の数値等を勘案して、工学的判断により、数値をまとめた。