

SABTEC指針による 柱梁接合部の終局耐力と変形性能の評価

益 尾 潔 ◎ (一社) 建築構造技術支援機構 代表理事

はじめに

本稿では、連載第1回³⁾のSABTEC指針検証報告の概要に引き続き、連載第1回で紹介したSABTEC実験および東大実験とニューテック実験について、SABTEC指針による柱梁接合部の終局耐力と変形性能の評価について執筆する。

ト形接合部

◎ト形接合部のSABTEC実験

SABTEC指針による終局耐力と変形性能の評価結果を、図1 (a)～(d) に示す。同図では、SABTEC実験によるねじ節鉄筋型と円形定着板型の普通強度および、高強度機械式定着金物を用いた直交梁なし、片側、両側直交梁付きト形接合部の実験値を示し、図1 (c) (d) の実験値は梁曲げ降伏後の接合部せん断破壊型としている。

①図1 (a) では、接合部終局耐力余裕度 $gQ_{ju}/gQ_{mu} \geq 1$ の場合、最大耐力実験値 gQ_{max} は梁曲げ耐力時梁せん断力 gQ_{mu} をおおむね上まわる。

②図1 (b) では、最大耐力の80%低下時の限界層間変形角実験値 R_{80} は、 gQ_{ju}/gQ_{mu} の増加に伴う増加傾向が認められるが、ばらつきが大きい。ここで、接合部横補強筋の効果を考慮するために、接合部終局耐力余裕度で決まる $R_{80a} = 0.03 (gQ_{ju}/gQ_{mu})$ とすることで、 R_{80}/R_{80a} —接合部横補強筋量 $p_{jwh} \sigma_{wy}/\sigma_B$ 関係を図1 (c) に示した。

③図1 (c) では、SABTEC指針4.2節の指針式(4.2)の保証限界層間変形角 R_{80min} を踏まえ、 gQ_{ju}/gQ_{mu} の回帰式に対し、直交梁なし($\alpha_{wo}=0.4$)、片側直交梁($\alpha_{wo}=0.6$)、両側直交梁($\alpha_{wo}=1.0$)の影響を

考慮している。図1 (d) に示すように、限界層間変形角実験値 R_{80} は指針式(4.2)による R_{80min} の0.8～1.8倍程度として評価される。

SABTEC指針では、 R_{80min} を基に、梁曲げ降伏後の変形性能確保のための必要接合部横補強筋比 p_{jwh0} の指針式(7.1)を提案している。

◎ト形接合部の楠原、塩原の東大実験

SABTEC指針による終局耐力と変形性能の評価結果を、図2 (a) (b) に示す。

①図2 (a) によると、Lシリーズでは、柱引張主筋比 $p_t=1.47\%$ で接合部終局耐力余裕度 $gQ_{ju}/gQ_{mu} < 1$ の接合部せん断破壊型の場合、最大耐力実験値 gQ_{max} は接合部終局耐力時梁せん断力 gQ_{ju} を上まわり、柱梁曲げ強度比 $\Sigma M_{cu}/M_{gu}=0.98$ で柱曲げ降伏型の場合、 gQ_{max} が gQ_{ju} を下まわることがある。

②各シリーズともに、アスペクト比 $D_g/D_c=1$ で、 $gQ_{ju}/gQ_{mu} \geq 1$ の梁曲げ降伏型の場合、 gQ_{max} は梁曲げ終局耐力時梁せん断力 gQ_{mu} をおおむね上まわる。ただし、梁主筋定着長さ比 $\ell_{ag}/D_c=0.5$ のLシリーズ、アスペクト比 $D_g/D_c=0.5$ のNシリーズと $D_g/D_c=2$ のPシリーズで接合部終局耐力余裕度 gQ_{ju}/gQ_{mu} が1に近い場合、最大耐力実験値 gQ_{max} が接合部終局耐力時梁せん断力 gQ_{ju} を下まわることがある。

すなわち、アスペクト比 $D_g/D_c=2$ を除き、 $gQ_{ju}/gQ_{mu} \geq 1$ の梁曲げ降伏型の場合、東大実験も、SABTEC指針8.1節(1)の梁主筋定着長さ ℓ_{ag} の規定(12 d_b 以上かつ(2/3) D_c 以上)および8.1節(2)の梁主筋定着部の構造規定を満足すれば、梁曲げ終局耐力時梁せん断力 gQ_{mu} は最大耐力実験値 gQ_{max} に対して妥当に評価される。

③楠原、塩原のト形接合部実験では、接合部降伏機構成立の実証に主眼を置き、層間変形角 $R=\pm 4\%$ までの正負繰り返し载荷としているため、図2 (b)

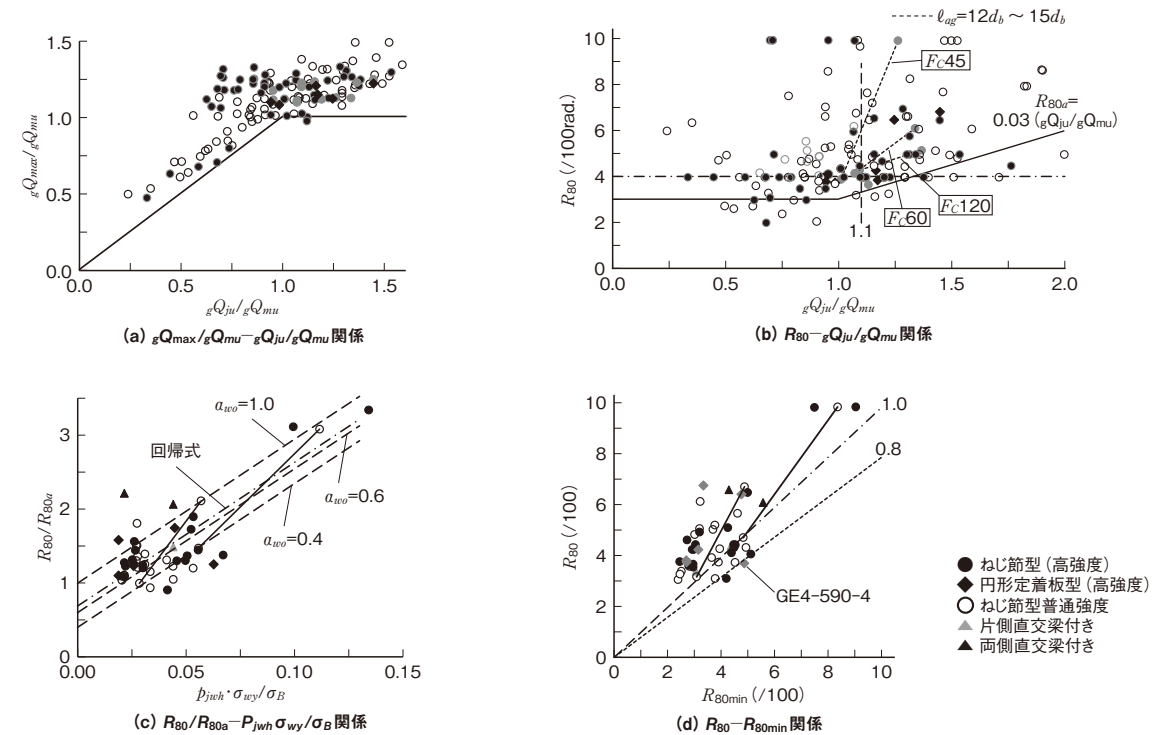


図1 SABTEC実験によるト形接合部の終局耐力と変形性能の評価結果

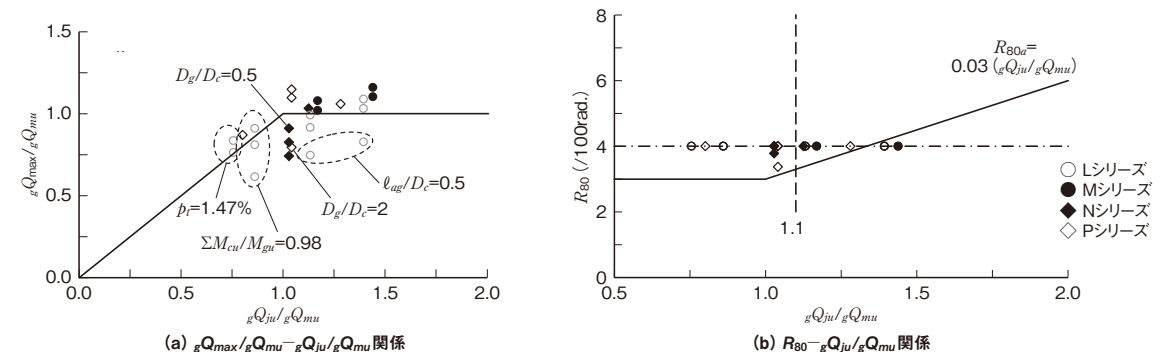


図2 東大実験によるト形接合部の終局耐力と変形性能の評価結果

に示すように、大半の試験体では、 R_{80} が4%以上の変形性能について言及されていない。

◎ト形接合部の田auraおよび前田らのニューテック実験

SABTEC指針による終局耐力と変形性能の評価結果を、図3 (a)～(d) に示す。

①図3 (a) によると、各試験体ともに、接合部終局耐力余裕度 $gQ_{ju}/gQ_{mu} \geq 1$ であり、アスペクト比 $\xi > 1.5$ とした田auraの実験を除くと、最大耐力実験値 gQ_{max} は梁曲げ耐力時梁せん断力 gQ_{mu} をおおむね上まわる。ただし、アスペクト比 $\xi > 1.5$ の場合、梁主筋定着部破壊の影響により、 gQ_{max} が gQ_{mu} に到達しないことがある。

②図3 (b) によると、限界層間変形角実験値 R_{80} は、図中の接合部終局耐力余裕度で決まる $R_{80a} = 0.03 (gQ_{ju}/gQ_{mu})$ 関係式の前後であり、ばらつきが大きい。そこで、SABTEC実験と同様、 R_{80}/R_{80a} —接合部横補強筋量 $p_{jwh} \sigma_{wy}/\sigma_B$ 関係を図3 (c) に示した。

③図3 (c) によると、アスペクト比 $\xi=2$ の場合を除き、接合部終局耐力余裕度の回帰式に対し、直交梁なし、片側および両側直交梁付きの影響を考慮することで、図3 (d) では、限界層間変形角実験値 R_{80} は R_{80min} の0.8～2.5倍程度として評価される。ただし、アスペクト比 $\xi=2$ で接合部横補強筋量が少ないと、 R_{80} が $0.8 \times R_{80min}$ を下まわることがある。

T 形接合部

◎ T 形接合部の SABTEC 実験

SABTEC 指針による終局耐力と変形性能の評価結果を図4 (a)～(d) に示す。同図では、SABTEC 実験による直交梁なし、片側、両側直交梁付き T 形接合部の実験値を示し、摩擦圧接型定着金物と EG 定着板を用いた場合を区別している。また、図4 (c) (d) の実験値は、柱曲げ降伏後の接合部せん断破壊型としている。

①図4 (a) によると、接合部終局耐力余裕度 $Q_{ju}/Q_{cu} \geq 1$ の場合、最大耐力実験値 Q_{max} は柱曲げ耐力時柱せん断力 Q_{cu} をおおむね上まわる。

②図4 (b) では、 R_{80} は、図中の λ_p で決まる $R_{80a} = 0.024 (Q_{ju}/Q_{cu})$ 関係式の前後となるが、ばらつきが大きい。そこで、ト形接合部と同様、接合部横補筋の効果を考慮するために、 R_{80}/R_{80a} －接合部横補筋量 $p_{jwh} \sigma_{wy}/\sigma_B$ 関係を図4 (c) に示した。

③図4 (c) によると、直交梁なし ($\alpha_{wo}=0.6$)、片側直交梁付き ($\alpha=0.7$)、両側直交梁付き ($\alpha_{wo}=1.2$)

の影響を考慮することで、図4 (d) では、限界層間変形角実験値 R_{80} は R_{80min} の 0.8～1.8 倍程度として評価される。

◎ T 形接合部の真田らのニューテック実験

SABTEC 指針による終局耐力と変形性能の評価結果を、図5 (a)～(d) に示す。同図では、梁柱曲げ強度比と接合部補強筋 (●印) および扁平梁 (○印) の効果を調べた実験を区別している。

①図5 (a) によると、接合部終局耐力余裕度 Q_{ju}/Q_{cu} は 1 以上であり、最大耐力実験値 Q_{max} は、柱主筋定着長さ ℓ_{ac} が $13.8d_b$ の扁平梁の場合を除き、柱曲げ耐力時柱せん断力 Q_{cu} と同程度となる。柱主筋定着長さ ℓ_{ac} が $13.8d_b$ の扁平梁 T 形接合部は、SABTEC 指針 8.2 節の規定を満足せず、終局耐力安全率 Q_{max}/Q_{cu} が 0.7 程度になる。

②図5 (b) によると、 R_{80} は、図中の接合部終局耐力余裕度で決まる $R_{80a} = 0.024 (Q_{ju}/Q_{cu})$ 関係式の前後であり、ばらつきが大きい。そこで、SABTEC 実験と同様、 R_{80}/R_{80a} －接合部横補筋量 $p_{jwh} \sigma_{wy}/\sigma_B$ 関係を図5 (c) に示した。

③図5 (c) によると、回帰式に対する直交梁なし、

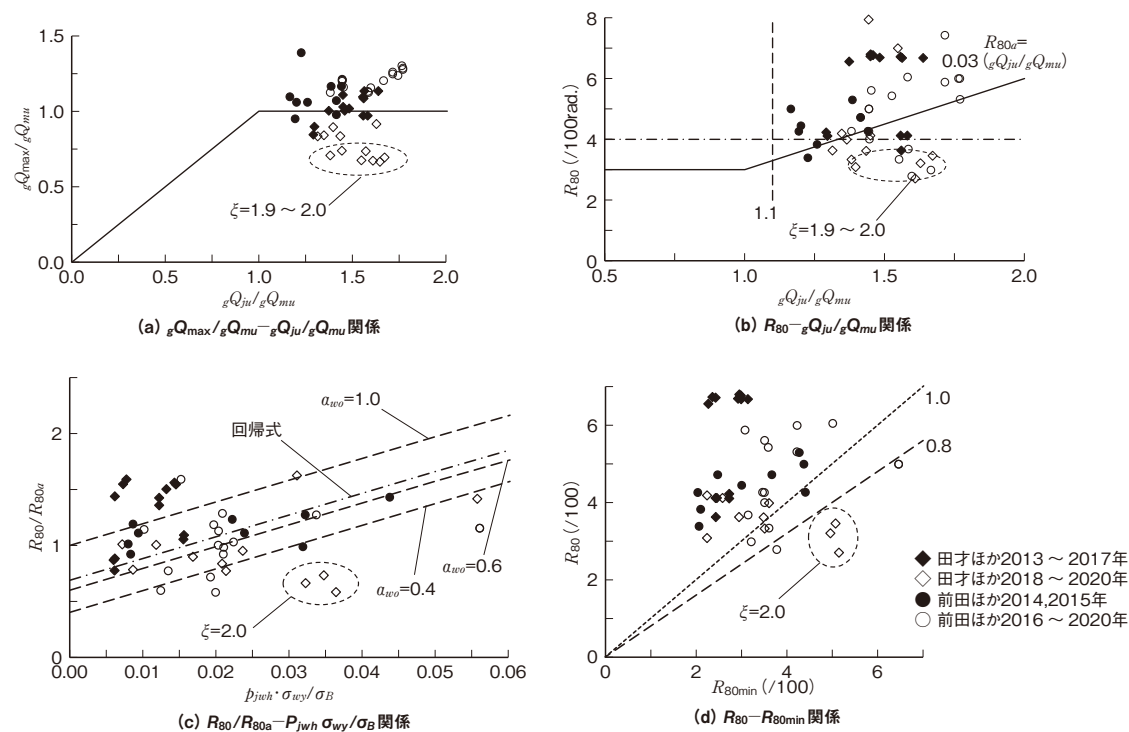


図3 ニューテック実験によるT形接合部の終局耐力と変形性能の評価結果

片側直交梁付き、両側直交梁付きの影響を考慮することで、図5 (d) に示すように、限界層間変形角実験値 R_{80} は保証限界層間変形角 R_{80min} の 1～2 倍程度として評価される。

一方、接合部せん断耐力余裕度 λ_p が大きい扁平梁の場合、 R_{80min} の過大評価防止のために、 Q_{pu}/Q_{cu} を 2 以下とし、指針式 (4.2) の保証限界層間変形角 R_{80min} を算定している。

L 形接合部

◎ L 形接合部の SABTEC 実験およびニューテック実験

SABTEC 指針による終局耐力と変形性能の評価結果を、図6 (a)～(d) に示す。同図では、普通強度材料の柱主筋外定着と柱主筋内定着、および高強度材料のネジ節鉄筋型定着金物と EG 定着板を用いた柱主筋外定着とした SABTEC 実験、ならびにニューテック実験による L 形接合部の実験値を示している。また、図6 (c) (d) の実験値は、主として梁曲げ降伏後の接合部せん断破壊型としている。

①図6 (a) によると、接合部終局耐力余裕度 $Q_{ju}/Q_{cu} \geq 1$ の場合、最大耐力実験値 Q_{max} は梁曲げ耐力

時柱せん断力 Q_{cu} をおおむね上まわる。

②図6 (b) での限界層間変形角実験値 R_{80} は、 Q_{ju}/Q_{cu} の増加に伴う増加傾向が認められるが、ばらつきが大きい。ト形接合部と同様、接合部終局耐力余裕度で決まる $R_{80a} = 0.03 (Q_{ju}/Q_{cu})$ とすることで、 R_{80}/R_{80a} －接合部横補筋量 $p_{jwh} \sigma_{wy}/\sigma_B$ 関係を図6 (c) に示した。

③図6 (c) によると、直交梁なし ($\alpha_{wo}=0.6$)、片側直交梁 ($\alpha_{wo}=0.8$)、両側直交梁 ($\alpha_{wo}=1.2$) の影響を考慮することで、図6 (d) に示すように、限界層間変形角実験値 R_{80} は保証限界層間変形角 R_{80min} の 0.8～2 倍程度とて評価される。

おわりに

本稿では、連載第1回³⁾で紹介した SABTEC 実験および東大実験とニューテック実験によるト形、T 形、L 形接合部の場合、特殊条件を除き、設計で保証すべき終局耐力と変形性能は、SABTEC 指針の規定を満足すれば確保されることが確認された。本連載第3回では、柱梁強度比および強度低下率を踏まえた終局耐力と変形性能の評価結果について執筆する。

(ますお きよし)

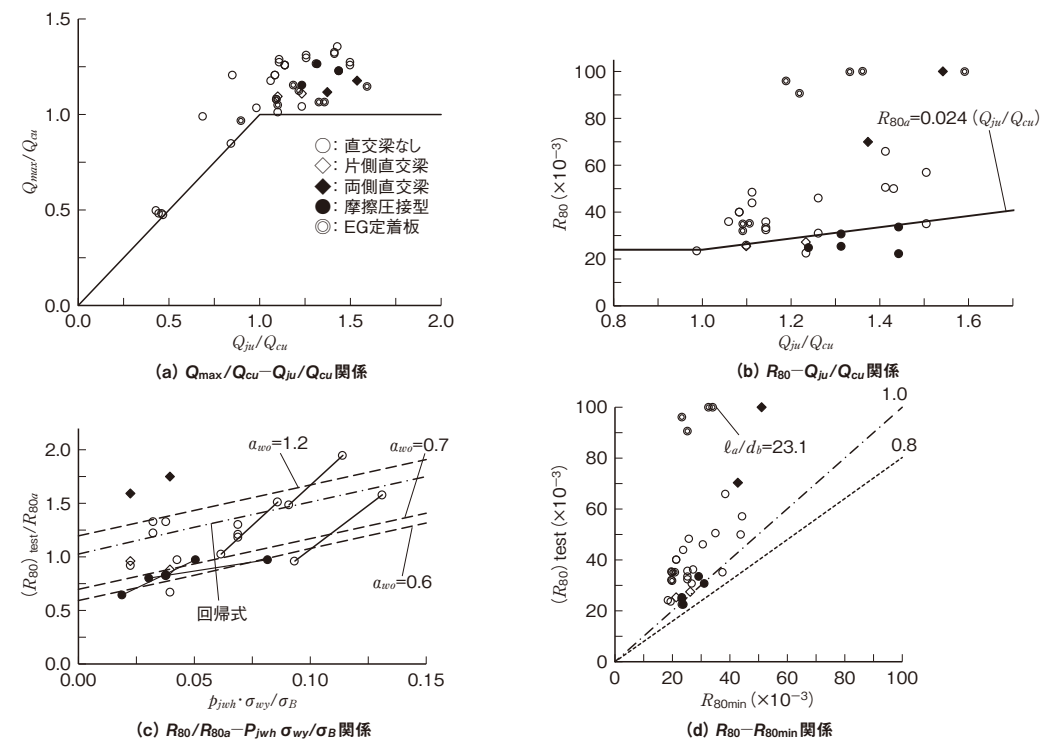


図4 SABTEC実験によるT形接合部の終局耐力と変形性能の評価結果

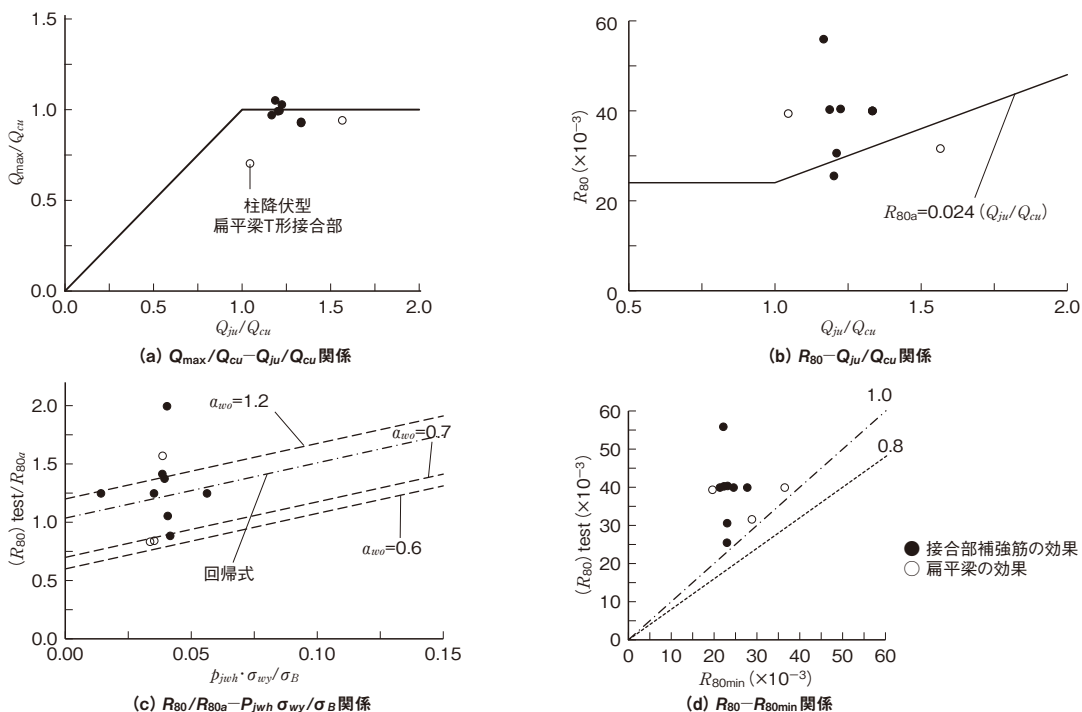


図5 ニューマーク実験によるT形接合部の終局耐力と変形性能の評価結果

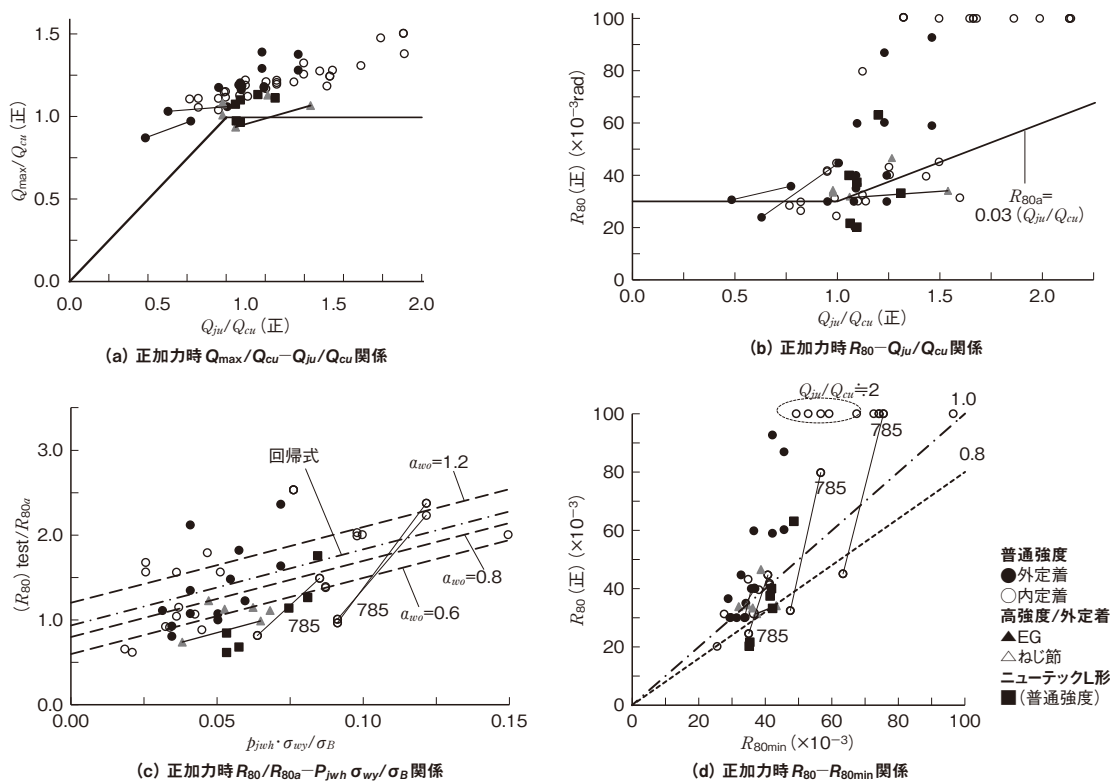


図6 L形接合部の終局耐力と変形性能の評価結果

【参考文献】

- (一社) 建築構造技術支援機構：SABTEC機械式定着工法RC構造設計指針（2019年），2019年12月
- 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造保有水平耐力計算規準・同解

説，20条「柱梁接合部」，pp.181～209，2021年

- 益尾潔：本連載 第1回SABTEC指針検証報告の概要，建築技術2021年5月号，pp.54～58