

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

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、本誌連載第2回の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引き続き、SABTEC実験および東大実験とニューテック実験について、本誌連載第1回で定義した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について執筆する。

ト形接合部

◎ SABTEC 実験

SABTEC実験によるト形接合部について、柱梁強度比および強度低下率を踏まえ、梁曲げ降伏後の接合部せん断破壊型の gQ_{max}/gQ_{mu} - β_j 関係を図1(a)、 R_{80} - β_j 関係を図1(b)、 gQ_{max}/gQ_{mu} - $\Sigma M_{cu}/M_{gu}$ 関係を図1(c)、 R_{80} - $\Sigma M_{cu}/M_{gu}$ 関係を図1(d)に示す。

gQ_{max} は最大耐力実験値、 gQ_{mu} は梁曲げ耐力時梁せん断力、 β_j は強度低下率、 $\Sigma M_{cu}/M_{gu}$ は柱梁強度比であり、柱曲げ終局耐力 ΣM_{cu} は指針式(5.10)、梁曲げ終局耐力 M_{gu} は指針式(5.11)で算定している。

指針式(5.10)は、SABTEC指針5.1.1項の解説(5)に示すように、柱の中段主筋を考慮した平面保持仮定による曲げ終局耐力の略算式、指針式(5.11)は梁の曲げ終局耐力の略算式である。

$$\Sigma M_{cu} = 2(T_{cye} + N_c/2) \cdot j_{ico}, \quad T_{cye} = T_{cy} + T_{cny}/2$$

指針式(5.10)

$$M_{gu} = T_{gy} \cdot j_{tg}$$

指針式(5.11)

T_{cye} : 柱主筋の等価上限引張力

N_c : 柱軸力

T_{cy} : 柱引張主筋の上限引張力

T_{cny} : 柱中段主筋の上限引張力

T_{gy} : 梁引張主筋の上限引張力

図1(a)~(d)より、下記の知見を得ている。

①図1(a)では終局耐力安全率 gQ_{max}/gQ_{mu} と強度低下率 β_j の間に、図1(c)では gQ_{max}/gQ_{mu} と柱梁強度比 $\Sigma M_{cu}/M_{gu}$ の間に、有意な相関性は認められない。

②図1(b)では限界層間変形角実験値 R_{80} と強度低下率 β_j の間に、図1(d)では R_{80} と柱梁強度比 $\Sigma M_{cu}/M_{gu}$ の間に、有意な相関性は認められない。

◎ 東大実験

東大実験によるト形接合部について、柱梁強度比および強度低下率を踏まえ、終局耐力と変形性能の評価結果を図2(a)、(b)に示す。

東大実験の場合、大半の実験では限界層間変形角 R_{80} は±4%としているので、限界層間変形角 R_{80} と強度低下率 β_j および柱梁強度比 $\Sigma M_{cu}/M_{gu}$ との関連性について言及できない。

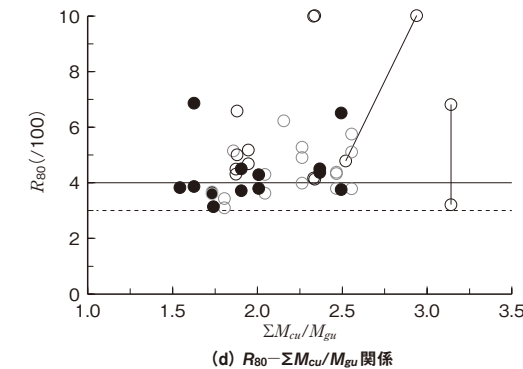
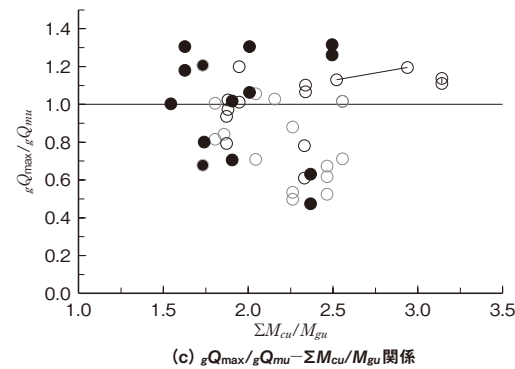
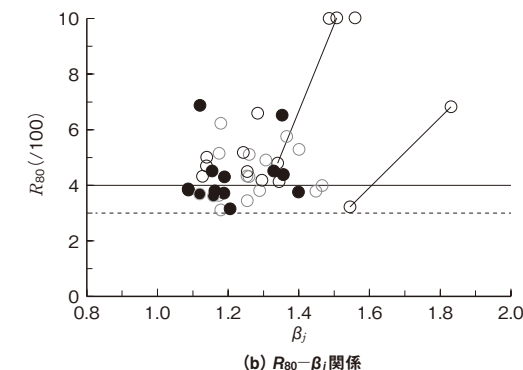
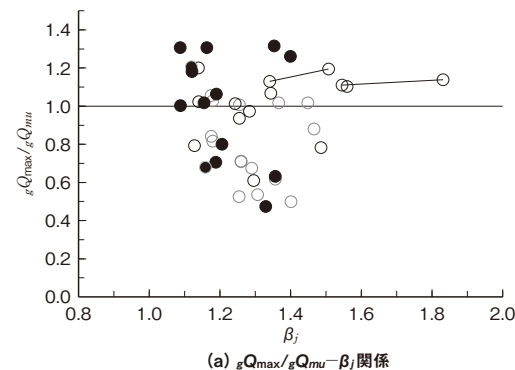
①図2(a)では、強度低下率 $\beta_j \leq 1$ の場合、強度低下率 β_j の減少に伴い終局耐力安全率 gQ_{max}/gQ_{mu} が減少する傾向があり、図2(b)では、柱梁強度比 $\Sigma M_{cu}/M_{gu}$ が1.5以下の場合、柱梁強度比 $\Sigma M_{cu}/M_{gu}$ の減少に伴い、終局耐力安全率 gQ_{max}/gQ_{mu} が減少する傾向がある。

②図2(b)では、梁主筋定着長さ比 $l_{ag}/D_c=0.5$ のLシリーズ、アスペクト比 $D_g/D_c=0.5$ のNシリーズおよび $D_g/D_c=2$ のPシリーズで $l_{ag}/D_c=0.5$ の場合を除くと、柱梁強度比 $\Sigma M_{cu}/M_{gu}$ が1.3程度以上で梁曲げ降伏型の場合、終局耐力安全率 gQ_{max}/gQ_{mu} がおおむね1以上となる。

◎ ニューテック実験

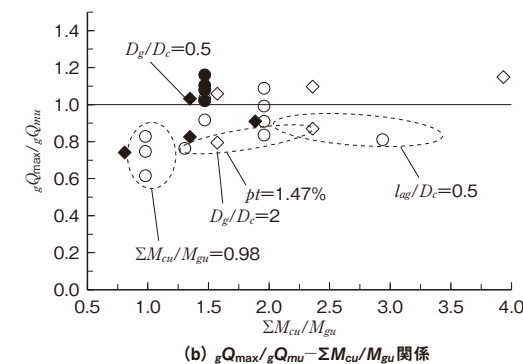
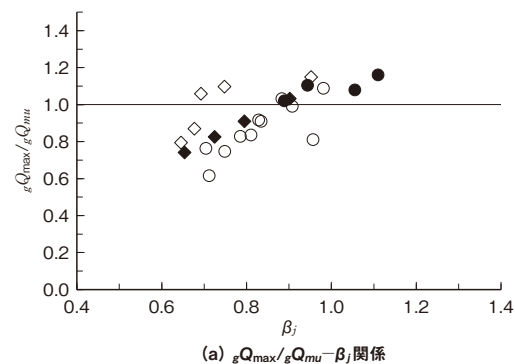
ニューテック実験によるト形接合部について、柱梁強度比および強度低下率を踏まえ、終局耐力と変形性能の評価結果を図3(a)~(d)に示す。

同図より、下記の知見を得ている。



● 高強度 ○ 普通強度

図1 SABTEC・ト形接合部の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



○ Lシリーズ ● Mシリーズ ◆ Nシリーズ ◇ Pシリーズ

図2 東大実験・ト形接合部の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

①アスペクト比 $\xi > 1.5$ で、梁主筋定着破壊の影響を受けたト形接合部を除くと、図3(a)では終局耐力安全率 gQ_{max}/gQ_{mu} と強度低下率 β_j の間に、図3(c)では gQ_{max}/gQ_{mu} と柱梁強度比 $\Sigma M_{cu}/M_{gu}$ の間に、有意な相関性は認められない。

②図3(b)では限界層間変形角実験値 R_{80} と強度低下率 β_j の間に、図3(d)では R_{80} と柱梁強度比 $\Sigma M_{cu}/M_{gu}$ の間に、有意な相関性は認められない。

SABTEC実験、東大実験とニューテック実験によ

るト形接合部の場合、設計で保証すべき梁曲げ降伏後の終局耐力と変形性能は、柱梁強度比および強度低下率に係わらず、接合部せん断余裕度 $\lambda_p \geq 1$ かつ、梁曲げ降伏型とし、指針式(7.1)の接合部必要横補強筋比を満足する接合部横補強筋を配置すれば確保される。

ただし、東大実験とニューテック実験では、アスペクト比 $\xi > 1.5$ の場合、終局耐力安全率 gQ_{max}/gQ_{mu} が1を下まわり、アスペクト比 $\xi = 2$ で接合部横補強

筋量が少ないと、変形性能が不足するおそれがある。

T形接合部

◎ SABTEC 実験

SABTEC実験による柱曲げ降伏後の接合部せん断破壊型のT形接合部について、梁柱強度比および強度低下率を踏まえ、 $Q_{max}/Q_{cu} - \beta_j$ 関係を図4 (a)、 $R_{80} - \beta_j$ 関係を図4 (b)、 $Q_{max}/Q_{cu} - \Sigma M_{gu}/M_{cu}$ 関係を図4 (c)、 $R_{80} - \Sigma M_{gu}/M_{cu}$ 関係を図4 (d) に示す。

Q_{max} は最大耐力実験値、 Q_{cu} は柱曲げ耐力時柱せん断力、 β_j は強度低下率、 $\Sigma M_{gu}/M_{cu}$ は梁柱強度比である。柱曲げ終局耐力 M_{cu} は指針式(5.10')、梁曲げ終局耐力 M_{gu} は指針式(5.11)で算定している。

指針式(5.10')は、指針式(5.10)と同様、柱の中段主筋を考慮した平面保持仮定による曲げ終局耐力の略算式である。

$$M_{cu} = T_{cye} \cdot j_{tco}, \quad T_{cye} = T_{cy} + T_{cny}/2 \quad \text{指針式 (5.10')}$$

図4 (a)～(d)より、下記の知見を得ている。

①図4 (a) では終局耐力安全率 Q_{max}/Q_{cu} と強度低下率 β_j の間に、図4 (c) では Q_{max}/Q_{cu} と梁柱強度比

$\Sigma M_{gu}/M_{cu}$ の間に、有意な相関性は認められない。

②図4 (b) では 限界層間変形角実験値 R_{80} と強度低下率 β_j の間に、図4 (d) では R_{80} と梁柱強度比 $\Sigma M_{gu}/M_{cu}$ の間に、有意な相関性は認められない。

◎ ニューテック実験

ニューテック実験によるT形接合部について、梁柱強度比および強度低下率を踏まえ、終局耐力と変形性能の評価結果を図5 (a)～(d) に示す。なお、扁平梁T形接合部試験体T-11～13の強度低下率 β_j はニューテック研究会資料の値としている。

同図より、下記の知見を得ている。

①図5 (a) では終局耐力安全率 Q_{max}/Q_{cu} と強度低下率 β_j の間に、図5 (b) では Q_{max}/Q_{cu} と梁柱強度比 $\Sigma M_{gu}/M_{cu}$ の間に、有意な相関性は認められない。

②図5 (c) では R_{80} と強度低下率 β_j との間に、図5 (d) では R_{80} と梁柱強度比 $\Sigma M_{gu}/M_{cu}$ の間に、有意な相関性は認められない。

SABTEC実験およびニューテック実験によるT形接合部の場合、設計で保証すべき柱曲げ降伏後の終局耐力と変形性能は、柱主筋着長さ l_{ac} が短い扁平梁の場合を除き、梁柱強度比および強度低下率に

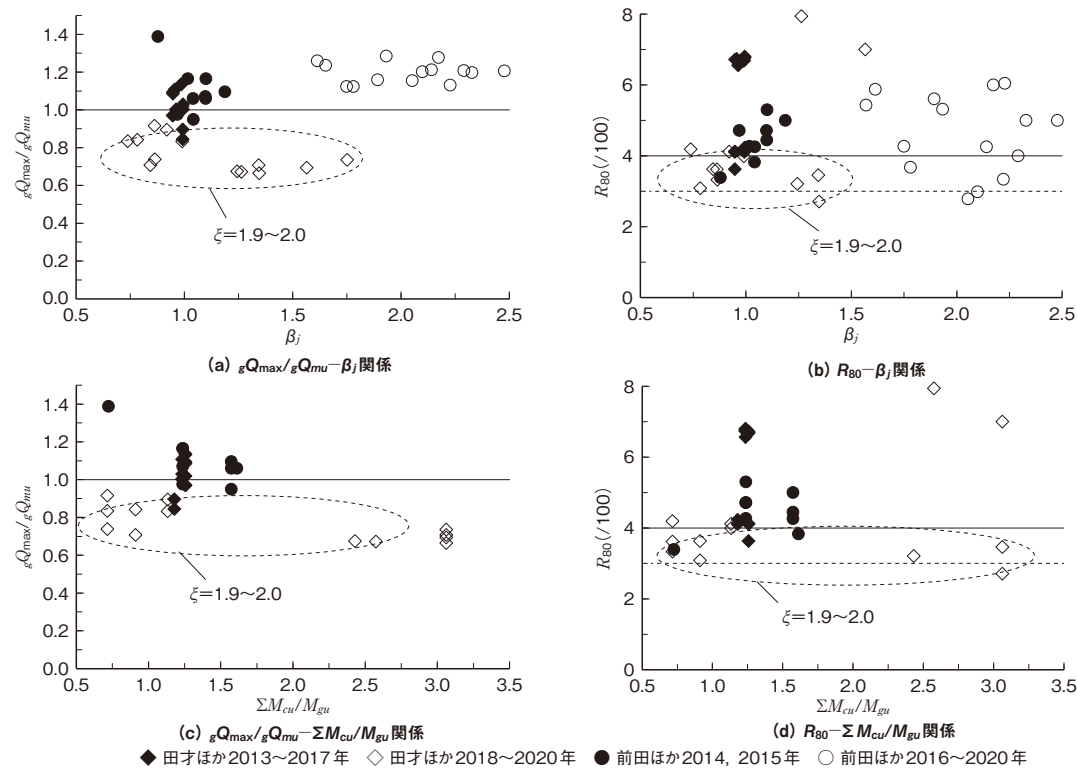


図3 ニューテック・T形接合部の梁柱強度比および強度低下率を踏まえた終局耐力と変形性能の評価結果

係わらず、接合部せん断余裕度 $\lambda_p \geq 1$ かつ指針式(7.1)の接合部必要横補強筋比を満足する接合部横補強筋を配置すれば確保される。

L形接合部

SABTEC実験による梁曲げ降伏後の接合部せん断破壊型のL形接合部およびニューテック実験によるL形接合部について、柱梁強度比および強度低下率を踏まえ、終局耐力および変形性能の評価結果を図6 (a)～(d) に示す。

同図中、 Q_{max} は最大耐力実験値、 Q_{cu} は梁または柱曲げ耐力時柱せん断力、 β_j は強度低下率、 M_{cu}/M_{gu} は柱梁強度比であり、柱曲げ終局耐力 M_{cu} は指針式(5.10')、梁曲げ終局耐力 M_{gu} は指針式(5.11)で算定している。

図6 (a)～(d)より、下記の知見を得ている。

①図6 (a)、図6 (c) では、強度低下率 β_j および柱梁強度比 M_{cu}/M_{gu} がそれぞれ1に近いと、終局耐力安全率 Q_{max}/Q_{cu} に余裕がないことが多い。

②図6 (b)、図6 (d) では、強度低下率 β_j および柱

梁強度比 M_{cu}/M_{gu} がそれぞれ1に近いと、限界層間変形角実験値 R_{80} が下限値に近いことが多い。

SABTEC実験およびニューテック実験によるL形接合部の場合、設計で保証すべき梁曲げ降伏後の終局耐力と変形性能は、柱梁強度比および強度低下率に係わらず、接合部せん断余裕度 $\lambda_p \geq 1$ かつ、梁柱曲げ強度比 ≥ 1 の梁曲げ降伏型とし、指針式(7.1)の接合部必要横補強筋比を満足する接合部横補強筋を配置すれば確保される。

おわりに

本稿では、SABTEC実験、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、柱梁強度比および強度低下率にかかわらずSABTEC指針で規定する接合部せん断余裕度 $\lambda_p \geq 1$ かつ、指針4.1節(3)の設計で想定する破壊形式とし、指針式(7.1)の接合部必要横補強筋比を満足する接合部横補強筋を配置すれば確保されることを明らかにした。(ますお きよし)

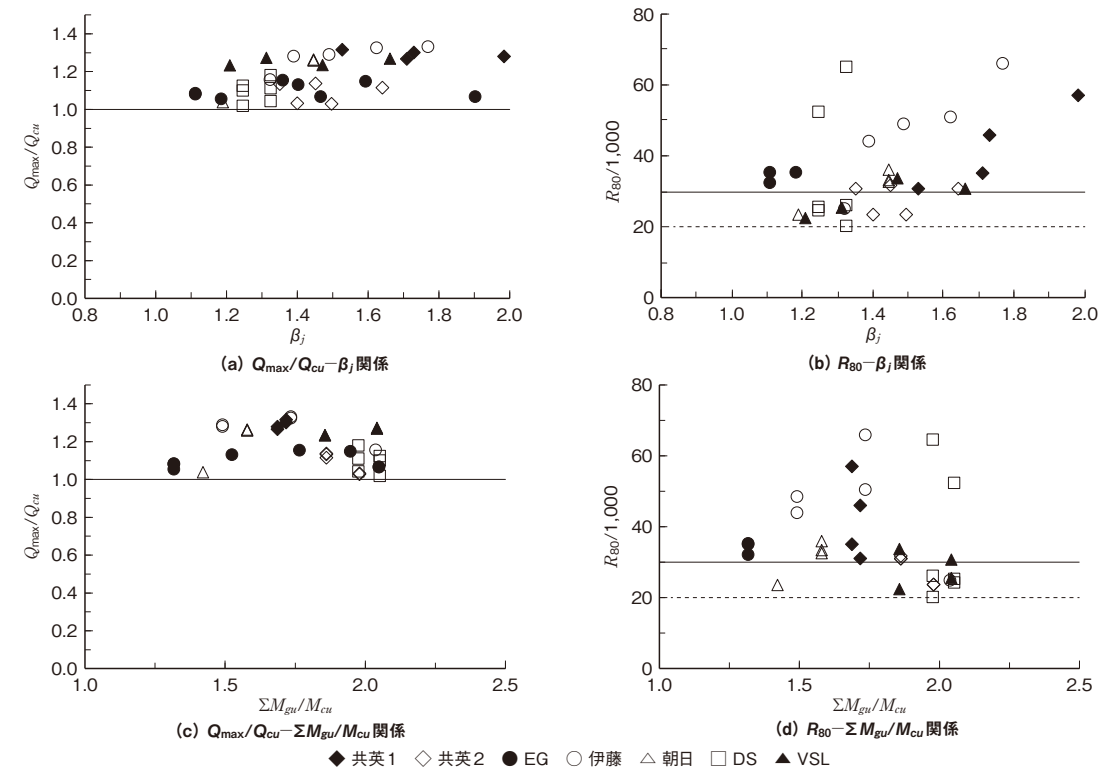


図4 SABTEC・T形接合部の梁柱強度比および強度低下率を踏まえた終局耐力と変形性能の評価結果

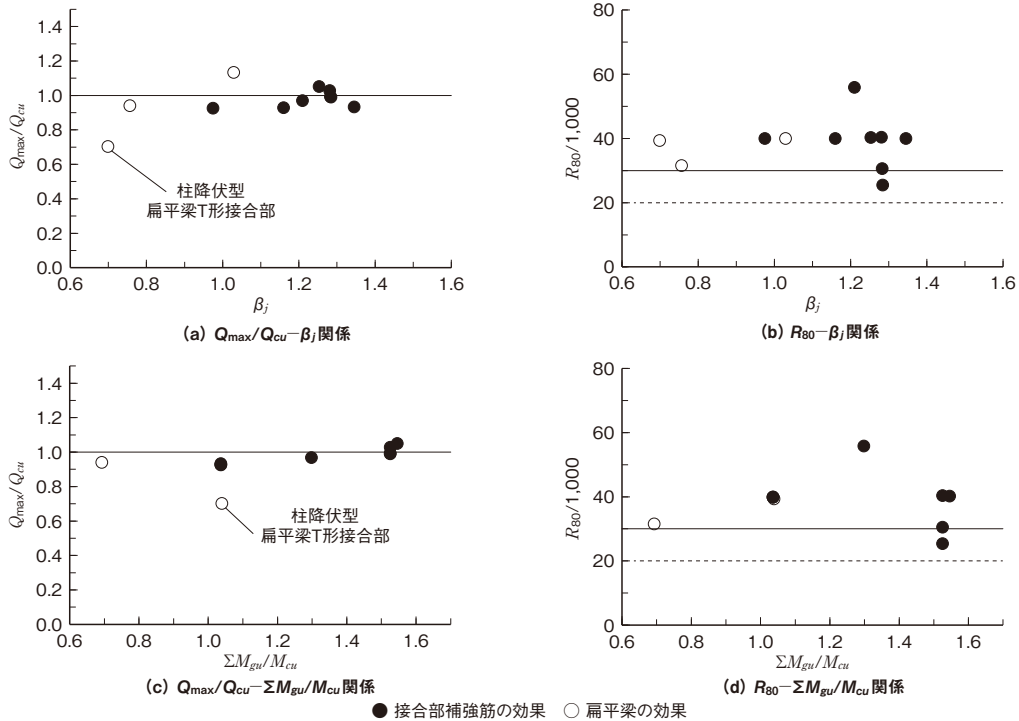


図5 ニューテック・T形接合部の梁柱強度比および強度低下率を踏まえた終局耐力と変形性能の評価結果

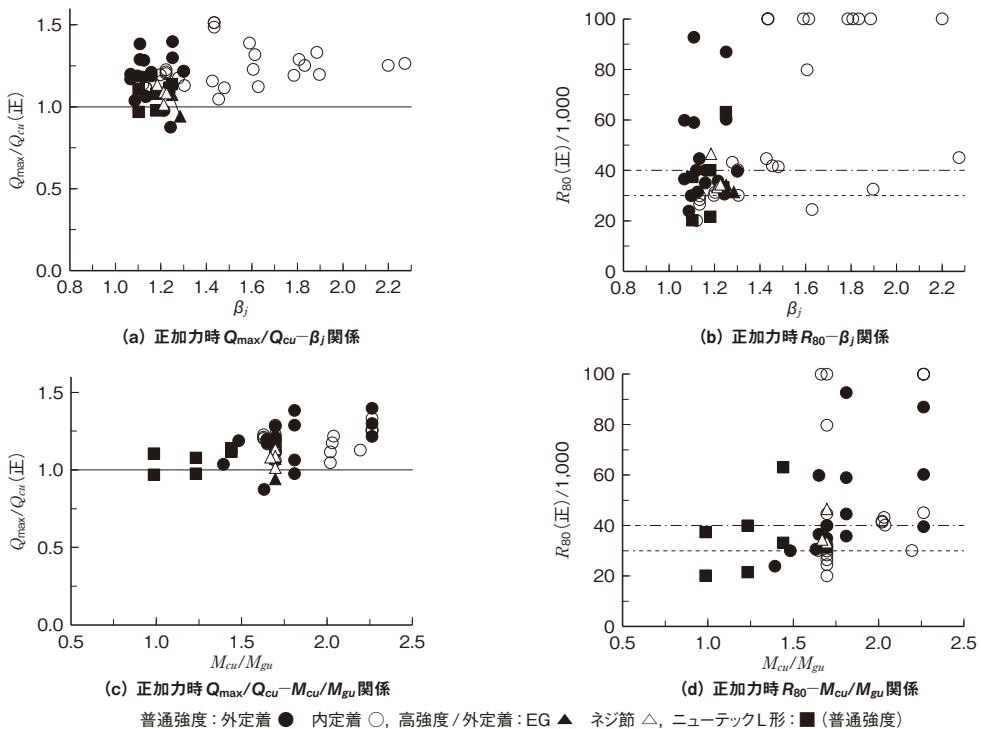


図6 L形接合部の柱梁強度比および強度低下率を踏まえた終局耐力と変形性能の評価結果

【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：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
- 第2回SABTEC指針による柱梁接合部の終局耐力と変形性能の評価，建築技術2021年6月号，pp.176-180