第 5 章　補強組積造（RM）壁の強度・変形の回帰分析

本章では、補強組積造（RM）壁（全充填型補強組積造（RMF）壁、部分充填型補強組積造（RMP）壁）の強度と変形に関する回帰分析結果と回帰式を示す。なお、回帰分析の結果には回帰式と偏相関行列の大きい順に回帰式の影響因子の適用範囲も併せて示す。また、第 4 章と同様に、以下の 5 つの係数を用いて、回帰式と実験値の相関性を示す。

- n　　：試験体数
- MV　：平均値
- SD　：標準偏差
- CV　：変動係数
- R　　：重相関係数
- ERR30 ：実験値と回帰式の比が 0.7～1.3（30%）以内となるデータ数の割合

5.1　補強組積造（RM）壁のひび割れ強度・変形

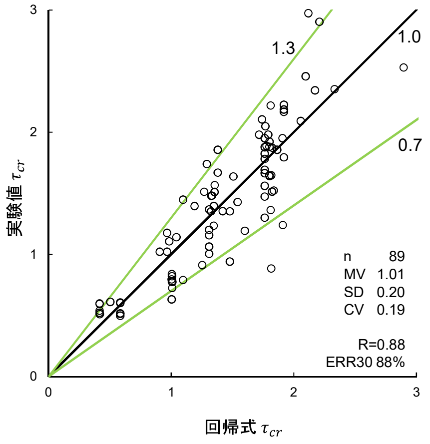
本節では、せん断破壊（S）、曲げせん断破壊（FS）、曲げ破壊（F）全ての補強組積造（RM）壁（全充填型補強組積造（RMF）壁、部分充填型補強組積造（RMP）壁）において、ひび割れ時における強度と変形の回帰分析と回帰式を示す。なお、ひび割れ時における実験データは、2.1 節に示すように、文献中に強度又は変形のどちらかの値が示されている場合はその値を採用した。また、実験結果である履歴曲線のグラフがある場合は、記載がない方のデータを読み取ったが、グラフの記載がない場合は値が示されている強度（又は変形）のみを採用した。このため、強度と変形のデータ数が対をなしていない。

図 5.1 に全充填型補強組積造（RMF）壁のひび割れ強度 τ_{cr}、基準化ひび割れ強度 τ_{cr}/F_m、ひび割れ変形 R_{cr} の回帰分析の結果を示す。ひび割れ強度 τ_{cr} の変動係数（CV）は 0.19、30%以内のデータ数（ERR30）は 88%であった。基準化ひび割れ強度 τ_{cr}/F_m の変動係数（CV）は、0.18、30%以内のデータ数（ERR30）は 91%であった。ひび割れ変形 R_{cr} の変動係数（CV）は、0.44、30%以内のデータ数（ERR30）は 67%であった。

図 5.2 に部分充填型補強組積造（RMP）壁のひび割れ強度 τ_{cr}、基準化ひび割れ強度 τ_{cr}/F_m、ひび割れ変形 R_{cr} の回帰分析の結果を示す。ひび割れ強度 τ_{cr} の変動係数（CV）は 0.37、30%以内のデータ数（ERR30）は 60%であった。基準化ひび割れ強度 τ_{cr}/F_m の変動係数（CV）は、0.41、30%以内のデータ数（ERR30）は 64%であった。ひび割れ変形 R_{cr} の変動係数（CV）は、0.51、30%以内のデータ数（ERR30）は 57%であった。

回帰式　$\tau_{cr} = 0.43 - 1.2\dfrac{h}{L} + 6.6\dfrac{\sigma_0}{F_m} + 0.35\sqrt{F_m}$

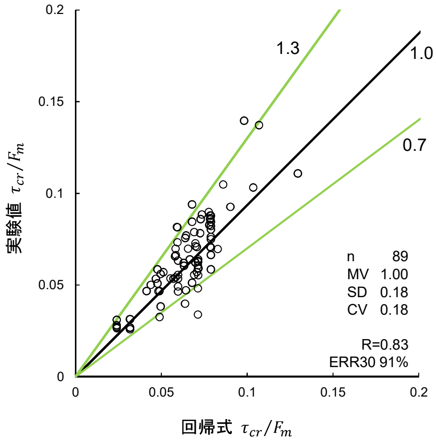
適用範囲　$\dfrac{h}{L}: 0.41 \sim 1.71, \quad \dfrac{\sigma_0}{F_m}: 0.00 \sim 0.26, \quad \sqrt{F_m}: 3.62 \sim 5.88$



(a)　ひび割れ強度 τ_{cr}

回帰式　$\dfrac{\tau_{cr}}{F_m} = 0.14 - 0.057\dfrac{h}{L} + 0.30\dfrac{\sigma_0}{F_m} - 0.0090\sqrt{F_m}$

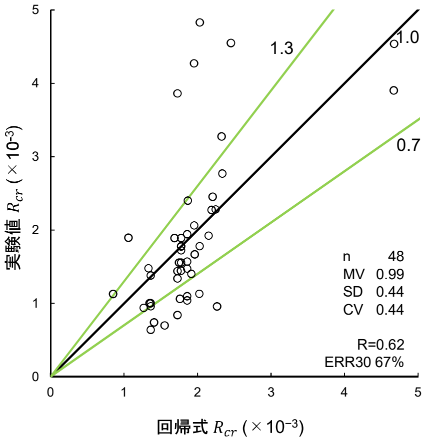
適用範囲　$\dfrac{h}{L}: 0.41 \sim 1.71, \quad \dfrac{\sigma_0}{F_m}: 0.00 \sim 0.26, \quad \sqrt{F_m}: 3.62 \sim 5.88$



(b)　基準化ひび割れ強度 τ_{cr}/F_m

回帰式　$R_{cr} = -1.6 + 2.0\dfrac{h}{L} + 0.43\sqrt{F_m} - 2.4\dfrac{\sigma_0}{F_m}$

適用範囲　$\dfrac{h}{L}: 0.41 \sim 2.10, \quad \sqrt{F_m}: 3.62 \sim 5.88, \quad \dfrac{\sigma_0}{F_m}: -0.02 \sim 0.26$



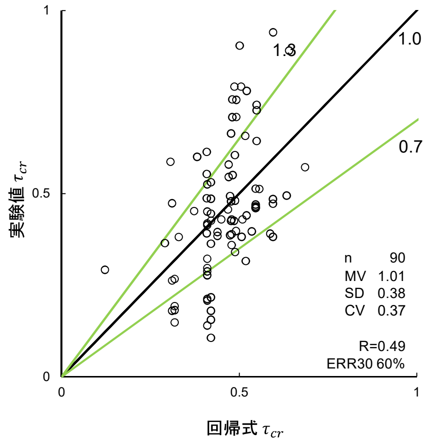
(c)　ひび割れ変形 R_{cr}

図 5.1　ひび割れ時における強度と変形の回帰分析

（全充填型補強組積造（RMF）壁）

回帰式 $\tau_{cr} = -0.14 + 3.2\frac{p_{we}\cdot\sigma_{wy}}{F_m} + 0.16\sqrt{F_m} - 0.048\frac{h}{L}$

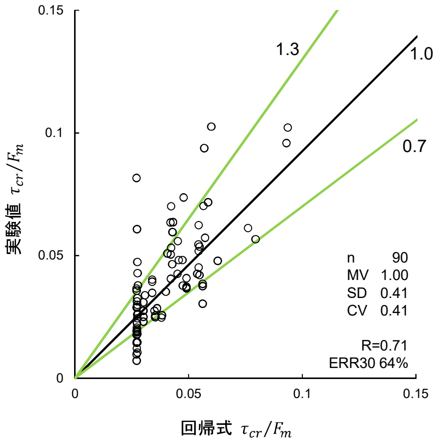
適用範囲 $\frac{p_{we}\cdot\sigma_{wy}}{F_m}$: 0.00~0.14, $\sqrt{F_m}$: 1.89~4.30, $\frac{h}{L}$: 0.41~2.37



(a) ひび割れ強度 τ_{cr}

回帰式 $\frac{\tau_{cr}}{F_m} = 0.027 + 0.46\frac{p_{we}\cdot\sigma_{wy}}{F_m} + 0.035\frac{A_c}{A_w} + 0.0048\frac{p_{te}\cdot\sigma_y}{F_m}$

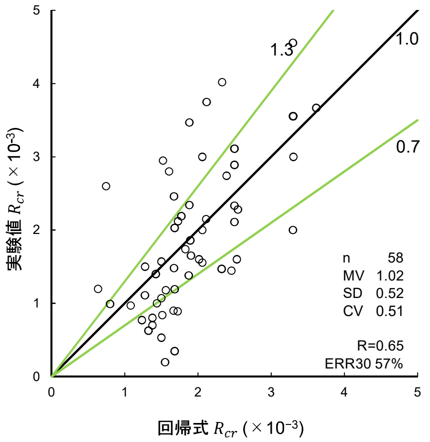
適用範囲 $\frac{p_{we}\cdot\sigma_{wy}}{F_m}$: 0.00~0.14, $\frac{A_c}{A_w}$: 0.00~0.42, $\frac{p_{te}\cdot\sigma_y}{F_m}$: 0.00~0.18



(b) 基準化ひび割れ強度 τ_{cr}/F_m

回帰式 $R_{cr} = 2.0 + 13\frac{\sigma_0}{F_m} - 28\frac{p_{we}\cdot\sigma_{wy}}{F_m} - 5.2\frac{p_{te}\cdot\sigma_y}{F_m}$

適用範囲 $\frac{\sigma_0}{F_m}$: 0.00~0.16, $\frac{p_{we}\cdot\sigma_{wy}}{F_m}$: 0.00~0.06, $\frac{p_{te}\cdot\sigma_y}{F_m}$: 0.01~0.18



(c) ひび割れ変形 R_{cr}

図 5.2 ひび割れ時における強度と変形の回帰分析

（部分充填型補強組積造（RMP）壁）

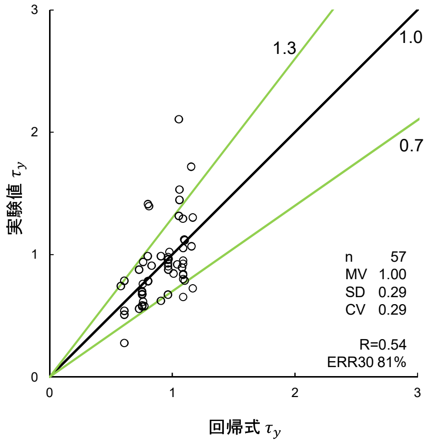
5.2　全充填型補強組積造（RMF）壁の降伏強度・変形

本節では、せん断破壊（S）、曲げせん断破壊（FS）、曲げ破壊（F）全ての全充填型補強組積造（RMF）壁において、降伏時における強度と変形の回帰分析と回帰式を示す。なお、降伏時における実験データは、2.1 節に示すように、文献中に強度又は変形のどちらかの値が示されている場合はその値を採用した。また、実験結果である履歴曲線のグラフがある場合は、記載がない方のデータを読み取ったが、グラフの記載がない場合は値が示されている強度（又は変形）のみを採用した。このため、強度と変形のデータ数が対をなしていない。

図 5.3 に全充填型補強組積造（RMF）壁の降伏強度 τ_y、基準化降伏強度 τ_y/F_m、降伏変形 R_y の回帰分析の結果を示す。降伏強度 τ_y の変動係数（CV）は、0.29、30%以内のデータ数（ERR30）は 81%であった。基準化降伏強度 τ_y/F_m の変動係数（CV）は、0.31、30%以内のデータ数（ERR30）は 70%であった。降伏変形 R_y の変動係数（CV）は、0.34、30%以内のデータ数（ERR30）は 58%であった。

回帰式　$\tau_y = 0.37 + 5.0\dfrac{\sigma_0}{F_m} + 0.058\sqrt{F_m} - 0.36\dfrac{A_c}{A_w}$

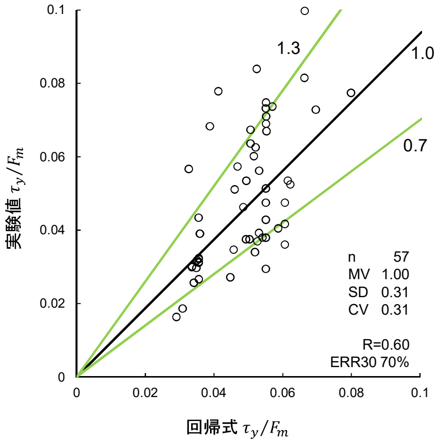
適用範囲　$\dfrac{\sigma_0}{F_m}$: 0.00~0.11,　$\sqrt{F_m}$: 3.62~5.58,　$\dfrac{A_c}{A_w}$: 0.00~0.35



(a)　降伏強度 τ_y

回帰式　$\dfrac{\tau_y}{F_m} = 0.019 + 0.29\dfrac{\sigma_0}{F_m} + 0.17\dfrac{p_{te}{\cdot}\sigma_y}{F_m} + 0.0034\dfrac{h}{L}$

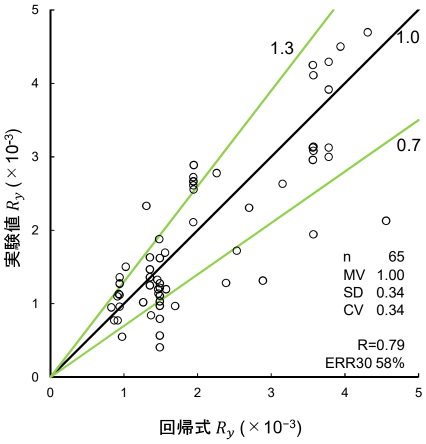
適用範囲　$\dfrac{\sigma_0}{F_m}$: 0.00~0.11,　$\dfrac{p_{te}{\cdot}\sigma_y}{F_m}$: 0.01~0.16,　$\dfrac{h}{L}$: 0.45~2.21



(b)　基準化降伏強度 τ_y/F_m

回帰式　$R_y = -0.97 + 2.3\dfrac{h}{L} - 5.1\dfrac{A_c}{A_w} + 8.3\dfrac{\sigma_0}{F_m}$

適用範囲　$\dfrac{h}{L}$: 0.45~2.21,　$\dfrac{A_c}{A_w}$: 0.00~0.35,　$\dfrac{\sigma_0}{F_m}$: 0.00~0.11



(c)　降伏変形 R_y

図 5.3　降伏時における強度と変形の回帰分析

（全充填型補強組積造（RMF）壁）

5.3　せん断破壊する補強組積造（RM）壁の最大強度・変形と限界変形

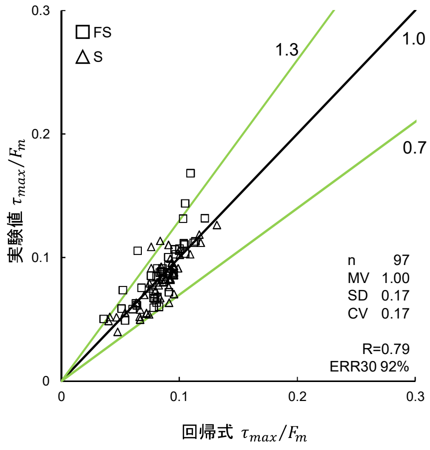
本節では、せん断破壊型（S）及び曲げせん断破壊（FS）に分類した補強組積造（RM）壁（全充填型補強組積造（RMF）壁、部分充填型補強組積造（RMP）壁）の最大強度点と限界点における強度と変形の回帰分析と回帰式を示す。

図 5.4 に全充填型補強組積造（RMF）壁の基準化最大強度 τ_{max}/F_m、最大強度時変形 R_{max}、限界変形 R_u の回帰分析の結果を示す。基準化最大強度 τ_{max}/F_m の変動係数（CV）は 0.17、30%以内のデータ数（ERR30）は 92%であった。最大強度時変形 R_{max} の変動係数（CV）は、0.41、30%以内のデータ数（ERR30）は 57%であった。限界変形 R_u の変動係数（CV）は、0.57、30%以内のデータ数（ERR30）は 48%であった。

図 5.5 に部分充填型補強組積造(RMP)壁の基準化最大強度 τ_{max}/F_m、最大強度時変形 R_{max}、限界変形 R_u の回帰分析の結果を示す。基準化最大強度 τ_{max}/F_m の変動係数（CV）は 0.39、30%以内のデータ数（ERR30）は 60%であった。最大強度時変形 R_{max} の変動係数（CV）は、0.43、30%以内のデータ数（ERR30）は 57%であった。限界変形 R_u の変動係数（CV）は、0.42、30%以内のデータ数（ERR30）は 51%であった。

回帰式　$\dfrac{\tau_{max}}{F_m}=0.11+0.42\dfrac{p_{we}\cdot\sigma_{wy}}{F_m}-0.059\dfrac{\tau_{su}}{\tau_{mu}}+0.051\dfrac{\sigma_0}{F_m}$

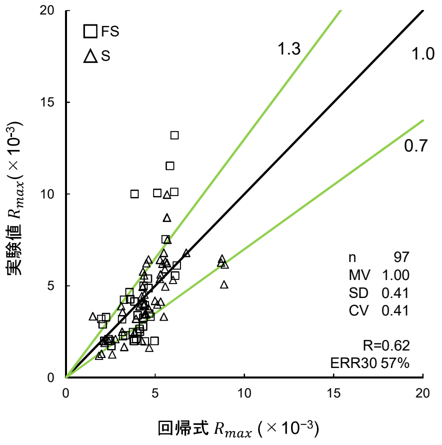
適用範囲　$\dfrac{p_{we}\cdot\sigma_{wy}}{F_m}:0.00\sim0.12,\quad \dfrac{\tau_{su}}{\tau_{mu}}:0.41\sim1.52,\quad \dfrac{\sigma_0}{F_m}:0.00\sim0.26$



(a)　基準化最大強度 τ_{max}/F_m

回帰式　$R_{max}=-0.71+5.5\dfrac{h}{L}+31\dfrac{p_{we}\cdot\sigma_{wy}}{F_m}-0.60\dfrac{\tau_{su}}{\tau_{mu}}$

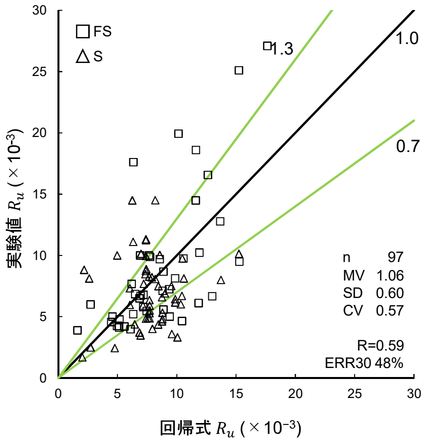
適用範囲　$\dfrac{h}{L}:0.41\sim1.71,\quad \dfrac{p_{we}\cdot\sigma_{wy}}{F_m}:0.00\sim0.12,\quad \dfrac{\tau_{su}}{\tau_{mu}}:0.41\sim1.52$



(b)　最大強度時変形 R_{max}

回帰式　$R_u=-0.16+77\dfrac{p_{we}\cdot\sigma_{wy}}{F_m}+7.7\dfrac{\tau_{su}}{\tau_{mu}}-18\dfrac{p_{te}\cdot\sigma_y}{F_m}$

適用範囲　$\dfrac{p_{we}\cdot\sigma_{wy}}{F_m}:0.00\sim0.12,\quad \dfrac{\tau_{su}}{\tau_{mu}}:0.41\sim1.52,\quad \dfrac{p_{te}\cdot\sigma_y}{F_m}:0.01\sim0.10$



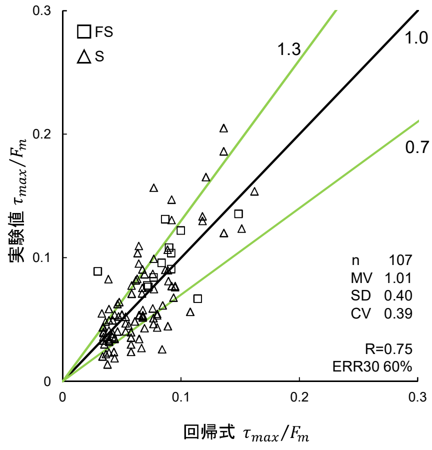
(c)　限界変形 R_u

図 5.4　最大強度、限界点における強度と変形の回帰分析

（全充填型補強組積造（RMF）壁）（S, FS）

回帰式 $\frac{\tau_{max}}{F_m} = 0.022 + 0.80\frac{p_{we}\cdot\sigma_{wy}}{F_m} + 0.14\frac{p_{te}\cdot\sigma_y}{F_m} + 0.0095\frac{h}{L}$

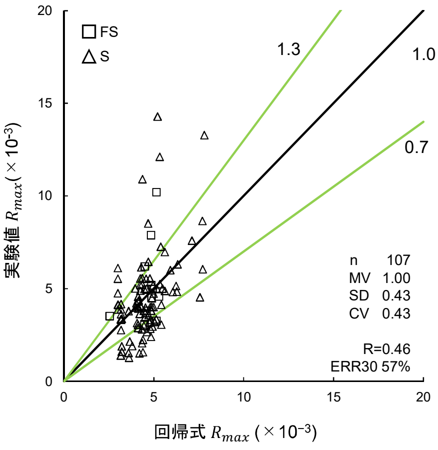
適用範囲 $\frac{p_{we}\cdot\sigma_{wy}}{F_m}$: 0.00~0.14, $\frac{p_{te}\cdot\sigma_y}{F_m}$: 0.00~0.24, $\frac{h}{L}$: 0.41~2.37



(a) 基準化最大強度 τ_{max}/F_m

回帰式 $R_{max} = 2.0 + 14\frac{p_{te}\cdot\sigma_y}{F_m} + 1.3\frac{\tau_{su}}{\tau_{mu}} + 0.49\frac{h}{L}$

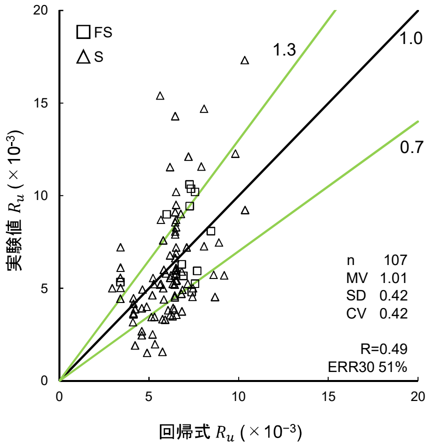
適用範囲 $\frac{p_{te}\cdot\sigma_y}{F_m}$: 0.00~0.24, $\frac{\tau_{su}}{\tau_{mu}}$: 0.14~3.98, $\frac{h}{L}$: 0.41~2.37



(b) 最大強度時変形 R_{max}

回帰式 $R_u = 4.2 + 30\frac{p_{we}\cdot\sigma_{wy}}{F_m} - 17\frac{\sigma_0}{F_m} + 2.3\frac{h}{L}$

適用範囲 $\frac{p_{we}\cdot\sigma_{wy}}{F_m}$: 0.00~0.14, $\frac{\sigma_0}{F_m}$: 0.00~0.34, $\frac{h}{L}$: 0.41~2.37



(c) 限界変形 R_u

図 5.5 最大強度、限界点における強度と変形の回帰分析

（部分充填型補強組積造（RMP）壁）（S, FS）

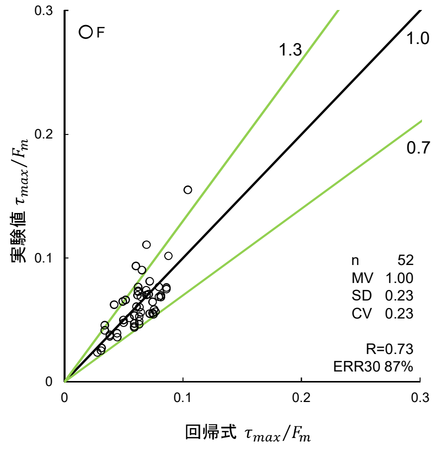
5.4　曲げ破壊する全充填型補強組積造（RMF）壁の最大強度・変形と限界変形

本節では、曲げ破壊（F）に分類した全充填型補強組積造（RMF）壁の最大強度点と限界点における強度と変形の回帰分析と回帰式を示す。

図 5.6 に曲げ破壊（F）に分類した全充填型補強組積造（RMF）壁の基準化最大強度 τ_{max}/F_m、最大強度時変形 R_{max}、限界変形 R_u の回帰分析の結果を示す。基準化最大強度 τ_{max}/F_m の変動係数（CV）は 0.23、30%以内のデータ数（ERR30）は 87%であった。最大強度時変形 R_{max} の変動係数（CV）は、0.50、30%以内のデータ数（ERR30）は 52%であった。限界変形 R_u の変動係数（CV）は、0.30、30%以内のデータ数（ERR30）は 69%であった。

回帰式 $\frac{\tau_{max}}{F_m} = 0.069 - 0.021\frac{h}{L} + 0.16\frac{\sigma_0}{F_m} + 0.21\frac{p_{we}\cdot\sigma_{wy}}{F_m}$

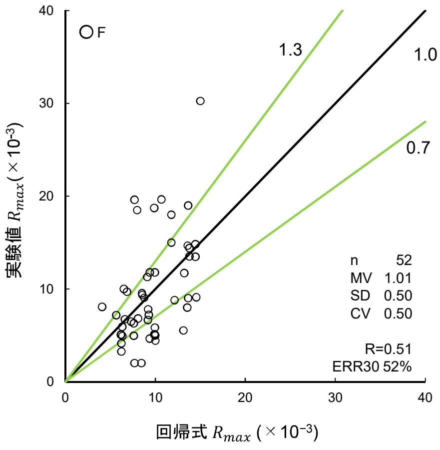
適用範囲 $\frac{h}{L}: 0.62 \sim 2.21,\quad \frac{\sigma_0}{F_m}: -0.02 \sim 0.19,\quad \frac{p_{we}\cdot\sigma_{wy}}{F_m}: 0.02 \sim 0.20$



(a)　基準化最大強度 τ_{max}/F_m

回帰式 $R_{max} = 0.47 + 39\frac{\sigma_0}{F_m} + 4.9\frac{\tau_{su}}{\tau_{mu}} + 15\frac{A_c}{A_w}$

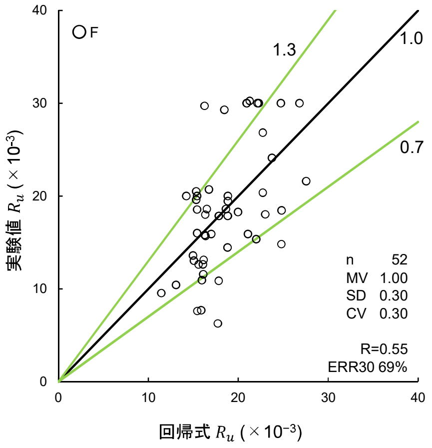
適用範囲 $\frac{\sigma_0}{F_m}: -0.02 \sim 0.19,\quad \frac{\tau_{su}}{\tau_{mu}}: 0.60 \sim 2.40,\quad \frac{A_c}{A_w}: 0.00 \sim 0.35$



(b)　最大強度時変形 R_{max}

回帰式 $R_u = 8.0 + 6.1\frac{\tau_{su}}{\tau_{mu}} - 24\frac{p_{we}\cdot\sigma_{wy}}{F_m} + 2.8\frac{h}{L}$

適用範囲 $\frac{\tau_{su}}{\tau_{mu}}: 0.60 \sim 2.4,\quad \frac{p_{we}\cdot\sigma_{wy}}{F_m}: 0.02 \sim 0.20,\quad \frac{h}{L}: 0.62 \sim 2.21$



(c)　限界変形 R_u

図 5.6　最大強度、限界点における強度と変形の回帰分析

（全充填型補強組積造（RMF）壁）（F）