

施工不良に起因するRC部材耐力の変動

学籍番号 1100378 大寺優太

高知工科大学工学部社会システム工学科

RC建物では施工が悪い事例が最近話題になる。RC建物の耐震診断、耐震補強が行われることにより既存建物の施工状態が当初の設計で要求する性能を保証できない事例が発見された。コンクリート打設状況も観察した結果、梁柱接合部の上部で鉄筋が入り組んでいるためにその直下のコンクリートに空隙が見られる場合があった。さらに耐震診断にあたり既存コンクリート建物の断面からコンクリートコアを採取して圧縮試験を行った結果では、当初の設計基準強度の50%も達していないものもあった。現行耐震診断基準ではコンクリート強度に敏感でない部材のせん断耐力式を採用している。これらを吟味して施工不良事例から部材の耐力を評価しなおし耐震性能がどのように変動するかを解析した。

Key Words : 柱梁接合部 コンクリート打設不良 柱せん断耐力 コンクリート圧縮強度

1. 研究目的

鉄筋コンクリート建物の施工不良が最近特に地方で多いと報告されている。その概要は以下の事柄が多い。

- 1 コンクリート圧縮強度が設計基準強度を下回る。
- 2 梁・柱接合部における上端筋が交差するその下部でコンクリートの空隙を生じ、梁・柱接合部における剛節点の設計前提が破壊される。

上記2点に着目し、耐震設計上どの程度の性能低下になるのかを検討することを本研究の目的とした

2. 柱梁接合部の施工不良による実耐力の計算

建築学会RC規準で以下の式で評価される。

$$V_{ju} = k \cdot \phi \cdot F_j \cdot b_j \cdot D_j$$

k : 接合部の形による係数

ϕ : 直行梁の有無による補正係数

F_j : 接合部のせん断強度の基準値

$$F_j = 1.6 \times \sigma_b^{0.7}$$

$$1.6 \times 21^{0.7} = 13.48 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

D_j : 柱せいまたは90度折曲げ筋水平投影長さ

b_j : 接合部の有効式

上記 V_{ju} 式で使われた記号を図1の梁柱接合部断面の図に示した。



写真1 柱梁接合部のジャンカの例

写真1は梁柱接合部の中にジャンカができた例である。外見では分からなかったが耐震補強工事途中で発見された。現行耐震設計法ではこの柱梁接合部は剛節点として仮定されており、このような状況では剛節点の仮定が壊れ建物全体の剛性がかなり低下してしまい、建物倒壊の原因となりうるのではないかと思われた。中柱部分の柱梁接合部のせん断強度は

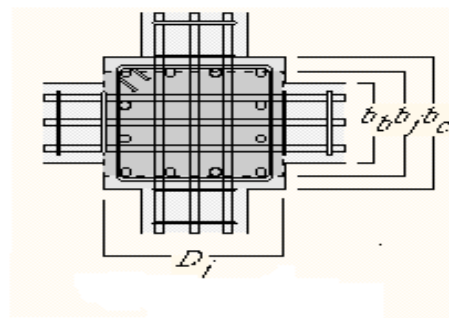


図1 梁柱接合部伏図

計算結果とまとめ ($\sigma_b = 21 \text{N/mm}^2$ の場合)

健全の場合

$$V_{ju} = 1.0 \times 1.0 \times 13.48 \times 60 \times 60 = 48.5 \text{N}$$

断面欠損のある場合

$$V_{ju} = 1.0 \times 1.0 \times 13.48 \times 60 \times 50 = 40.4 \text{N}$$

これらを表1に示したが接合部耐力が2割も減少してしまった。今回はこの施工不良による剛性低下は考慮しなかったが、少なくともこれにより柱脚の剛性はかなり低下してしまい建物剛性がかなり低下すると考えられる。

表1 接合部せん断耐力の比較

| | |
|-------|----------|
| | V_{ju} |
| ①健全 | 48.53 |
| ②施工不良 | 40.44 |
| ②/① | 0.83 |

3. コンクリート強度低下によるせん断耐力低下

柱のせん断終局強度の評価式は日本防災協会「鉄筋コンクリート建物の耐震診断基準」では以下の式 Q_{su} が採用されている。この評価式は実験データから重回帰式で求められたものでコンクリート強度が 20 N/mm² 程度のものでこの式はコンクリート強度差の影響が反映しにくいものとなっている。

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053p_t^{0.23} (18 + \frac{F_c}{c})}{M/(Q \cdot d) + 0.12} + 0.85 \sqrt{p_w \cdot \sigma_{wy} + 0.1\sigma_0} \right\} \cdot b \cdot j$$

日本建築学会「鉄筋コンクリート造建物の性能保証型耐震設計指針・同解説」ではせん断耐力式 V_u はせん断抵抗機構としてアーチ効果，トラス効果が考慮されたコンクリート強度に鋭敏な式となっておりこの評価式のほうが実験値に対する精度はよいとされている。

せん断信頼強度

$$V_u = \mu p_{we} \sigma_{wy} b_e j_e + (v \sigma_B - \frac{5 p_{we} \sigma_{wy}}{\lambda}) \frac{b D}{2} \tan \theta$$

$$V_u = \frac{\lambda v \sigma_B + p_{we} \sigma_{wy}}{3} b_e j_e$$

$$V_u = \frac{\lambda v \sigma_B}{2} b_e j_e$$

この3式のうち最小値の V_u を採用

ここで， b ， D は断面の幅とせい。 j_e はトラス機構に関与する断面の有効せいで，外側の横補強筋のせん断方向への芯々間隔。 b_e はトラス機構に関与する断面の有効幅で，柱及びスラブ付きでない梁の場合は，外側の横補強筋のせん断直交方向への芯々間隔。 σ_{wy} は，横補強筋の信頼強度。 p_{we} は有効横補強筋， μ は，トラス機構を表す係数。 v は，コンクリート圧縮強度の有効係数で， v_0 は降伏ヒンジを計画しない時の有効係数で， σ_B は，コンクリート圧縮強度。 λ はトラス機構の有効係数， θ は，アーチ機構の圧縮束の角度である。図2に示す柱部材のせん断耐力をこの V_u 式より計算した。図3には計算結果を示した。

$h_0/D=2.0 \sim 5.0$ までの4ケース行った。この図から設計基準強度が F_c が 24 N/mm² で，施工不良で 12 N/mm² になった場合，せん断耐力は 40% も低下してしまう。

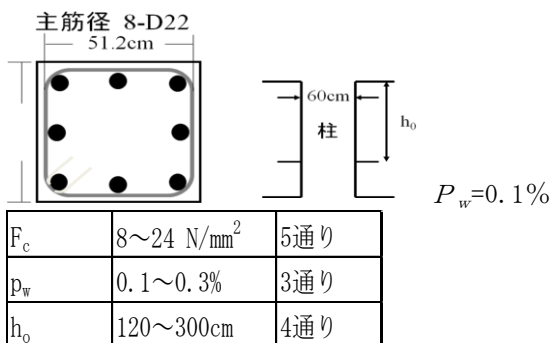


図2 解析対象の概要

せん断信頼強度式 V_u ($P_w=0.1$)

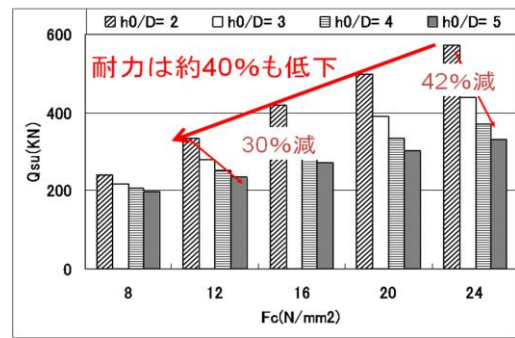


図3 せん断耐力の変動

参考のためシアスパン比 (h_0/D) が 2.0 から 5.0 になると，コンクリート強度 24 N/mm² の時，耐力は 42% 減少したのに対し，12 N/mm² では，30% となった。図4は柱の耐力と変形関係のスケルトンカーブである。設計ではせん断耐力 Q_{su} は柱曲げ降伏時のせん断力 Q_{mu} より大きく設計されていてこの部材は曲げ降伏型部材であった。しかしコンクリート圧縮強度が半分になったためせん断耐力は同図の Q_{su}' になってしまい，曲げ降伏耐力以下になった。

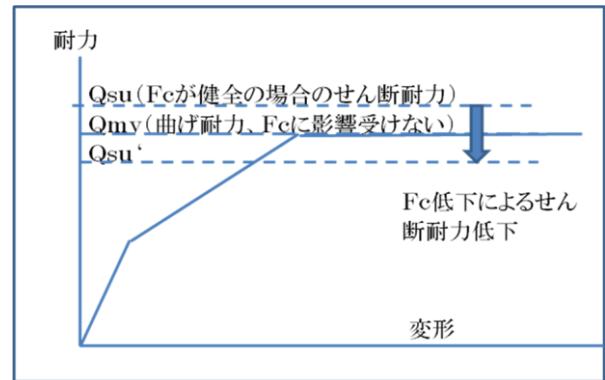


図4 コンクリート強度発現低下による破壊モード変更

この場合は靱性指標 F を大きくとれる曲げ降伏柱から，靱性指標に小さいせん断破壊柱となってしまい，建物自体が倒壊しやすくなってしまいます。

4 まとめ

- 1) 設計で要求する耐震性能は施工が悪ければその要求する性能を担保できない。
- 2) 梁柱接合部の上端はコンクリートが密実に打設しにくい個所であり，施工品質管理が悪ければこの部分にジャンカができやすく，施工時には発見しにくい。このような欠陥がある場合梁柱接合部のせん断耐力は2割も低下してしまい，建物剛性も低下してしまいます恐れがある。
- 3) 施工欠陥でコンクリート強度が低下すると特に柱せん断力が低下し，柱の破壊モードが変更するという重大事態を引き起こす。

参考文献

- 1) 鉄筋コンクリート計算規準・同解説 1999 日本建築学会
- 2) 鉄筋コンクリート造建築物の性能評価指針(案)・同解説 2004 日本建築学会