

異なる強度のコンクリートで構成された RC 梁 (VERJON 工法)の開発

技術本部

建築本部

建築本部

建築本部

技術部

設計部

設計部

建築部

渡邊一弘

波田地正隆

稲生雅史

古澤顯彦

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造の梁では、梁に要求されるコンクリート強度はスラブに要求されるコンクリート強度より高いことが多い。このような場合は、梁側面のスラブ位置に型枠を設け、梁とスラブのコンクリートを打ち分けるか、スラブにも梁と同強度のコンクリートを打設することになるが、打ち分け面型枠の設置やコンクリート打設順序などの煩雑さ、スラブの高強度コンクリート使用によるコストアップが生じる。

本研究開発では、これらの問題を解決するため、梁の上部と下部に強度の異なるコンクリートを打設し、打継ぎ等の施工の煩雑さの軽減と、同時に高強度のコンクリート打設量の減少によりコストダウンを図る工法 (VERJON 工法) を開発した。開発に際して 22 体の梁の曲げせん断実験を実施し、実験結果より同工法の設計施工指針を作成して、一般財団法人日本建築総合試験所の審査を経て、同法人発行の建築技術性能証明 (GBRC 性能証明第 10-17 号改) を取得した。

2. 構造実験概要

2.1 試験体

実験パラメータは、断面形状 (両側スラブ付き梁、片側スラブ付き梁、段差付き梁)、梁内法スパン長さ L と梁せい D の比、下部コンクリート強度 F_{cd} と上部コンクリート強度 F_{cu} の組み合わせ、上部コンクリートの高さ T 、破壊形式である。

図-1 に試験体形状、表-1 に試験体諸元を示す。実験は、梁を 90° 回転させて建研式加力装置に組み込み、油圧ジャッキにより正負交番の繰り返し載荷を行った。

2.2 実験結果

代表的な試験体として No.1 (せん断破壊)、No.8 (曲げ破壊)、No.25 (段差付きスラブ) No.28 (矩形断面) 試験体の $R=20 \times 10^{-3} \text{rad}$ の破壊状況写真と荷重 Q —部材角 R 関係を図-2 に示す。図中には曲げ耐力 Q_m 、せん断耐力 Q_s 、付着割裂を考慮したせん断耐力 Q_{bs} 、上下コンクリート界面のずれ耐力をせん断摩擦強度と考え摩擦係数 $\mu=1.0$ としたずれ耐力 Q_z の計算値を示す。

No.1 の最大荷重は、正荷重でせん断耐力計算値を超え曲げ耐力計算値に達したが、負荷重側ではほぼせん断耐力計算値と等しくなった。No.8 の最大荷重は、正負荷重ともほぼ曲げ耐力計算値であった。段差付きスラブを模擬した No.25 の最大耐力はせん断耐力および付着強度を考慮したせん断耐力の

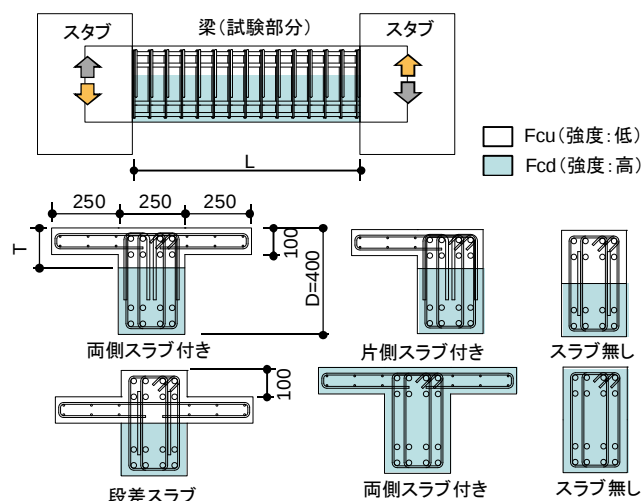


図-1 試験体形状 (寸法:mm)

表-1 試験体諸元

試験 体名	L/D	F _{cu} /F _{cd} N/mm ²	T mm	主筋 上/下	せん断 補強筋	付着 補強筋	打継 補強筋	スラブ						
No.1	3.0	30/60	150	8/8-D19 SD490	4-D6@84 SD295A	4-D10@84 SD390		両側						
No.2		60/60	—			無し								
No.3		24/36	150			4-D10@84 SD390		片側						
No.4		30/60	200			4-S6@84 KSS785	無し							
No.5								6/6-D19 SD490	4-D6@95 SD295A	4-D10@95 SD390	両側			
No.6												24/36	150	4-D10@95 SD390
No.7	4.0	30/60	200	6/6-D19 SD490	4-D6@95 SD295A	4-D10@95 SD390	片側 両側							
No.8														
No.9														
No.10														
No.11														
No.12														
No.21	2.5	30/60	200	8/8-D19 SD490	4-D6@50 SD390	無し	2-D10@100 SD390	両側						
No.22				8/8-D16 SD345										
No.23				8/8-D19 SD490	2-D6@102 KSS785	無し								
No.24														
No.25				8/8-D16 SD345	4-D6@50 SD390	無し	2-D10@100 SD390	両側 段差						
No.26														
No.27				60/60	—	8/8-D19 SD490	2-D6@102 KSS785	無し						
No.28				30/60	200			無し	2-D10@100 SD390	無し				
No.29														
No.30											120			

計算値とほぼ等しくなった。スラブの取り付けがない No.28 も実験値と計算値はほぼ等しくなったが、大変形時の荷重の低下がスラブのある試験体よりやや大きかった。

図-3に上下コンクリート界面のずれ変位が大きかった No.9 試験体の荷重 Q —ずれ変位 δ_{slip} 関係を示す。図中には界面の摩擦係数を $\mu=1.0, 1.4$ とした計算値も併せて示す。 $\mu=1.4$ は一体打ちとした見かけの摩擦係数である。 $\mu=1.0$ とした計算耐力時ではずれ変位は $0.1 \sim 0.2 \text{mm}$ 程度、 $\mu=1.4$ とした計算耐力時でもずれ変位は $0.2 \sim 0.3 \text{mm}$ 程度と極めて小さ

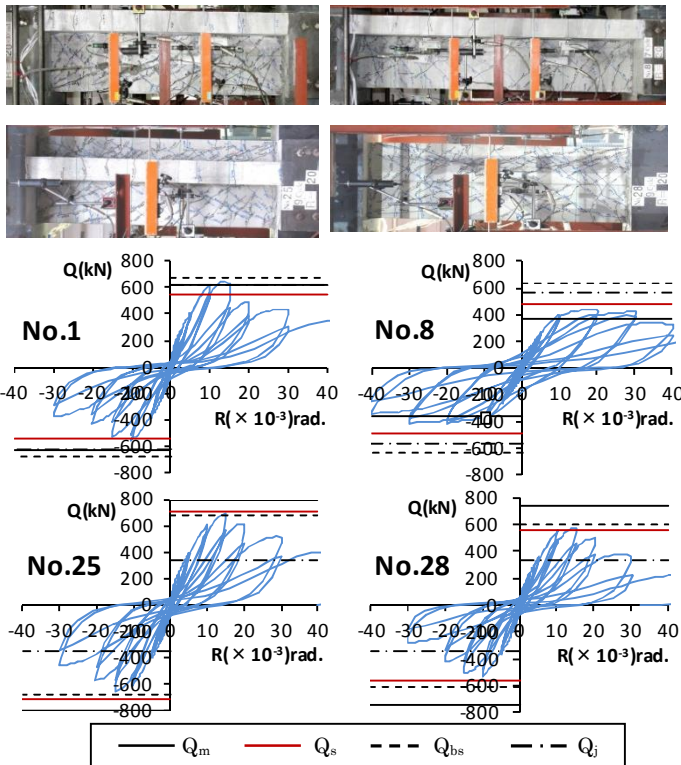


図-2 破壊状況と Q-R 関係

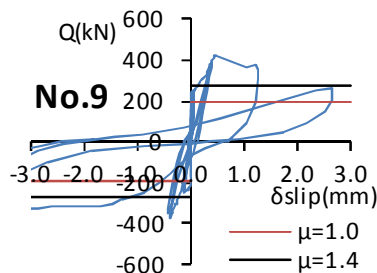
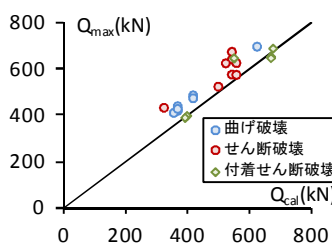
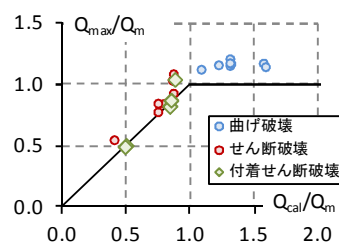


図-3 Q-δ slip 関係

く、 $\mu=1.4$ の計算耐力を超えると徐々にずれ変位が増加した。その後、急激なずれ変位の増大とともに耐力が低下した。

図-4 に実験最大荷重 Q_{max} と計算耐力 Q_{cal} の比較、図-5 に Q_{max}/Q_m と Q_{cal}/Q_m の比較を示す。 Q_{cal} は、前述のように Q_i が実験値を過小に評価しているため、ここでは Q_m 、 Q_s 、 Q_{bs} のうち最小の値とした。図-4 より計算値は実験値のほぼ下限値で、実験値と計算値の比は 1.13 となり、実験値と計算値の対応は良好であった。図-5 より $Q_{cal}/Q_m \leq 1.0$ の領域では、せん断破壊もしくは付着を考慮したせん断破壊、 $Q_{cal}/Q_m \geq 1.0$ の領域では曲げ破壊となっており、計算値と破壊形式の対応も良好であった。

図-4 Q_{max} と Q_{cal} の比較図-5 Q_{max}/Q_m — Q_{cal}/Q_m

3. 設計方法の概要

本工法の設計では、長期荷重および短期荷重に対して許容応力度設計を行い、終局時の検討として部材の終局強度に基づく検討を行う。設計フローを図-6 に示す。長期荷重に対しては使用上の支障を生じないことを目標性能とし RC 規準 2010 年版に準じた使用性確保の設計を行い、短期荷重に対しては建物の修復性を損なわないことを目標性能とし RC 規準 2010 年版に準じた損傷制御の設計を行う。終局時に対しては建物の転倒・崩壊を防止することにより人命の安全を確保することを目標性能とし、靱性設計指針に示されるアーチ・トラス機構に基づいたせん断強度もしくは荒川 mean 式、付着割裂破壊を考慮したせん断強度に加えて、上下コンクリートのずれ破壊を考慮したせん断強度を用いて検討する [ルート A]。また、許容応力度設計においては 2007 年版建築物の構造関係技術基準解説書に示される設計も可能としている [ルート B]。ルート A、ルート B の選択は設計者の判断となる。

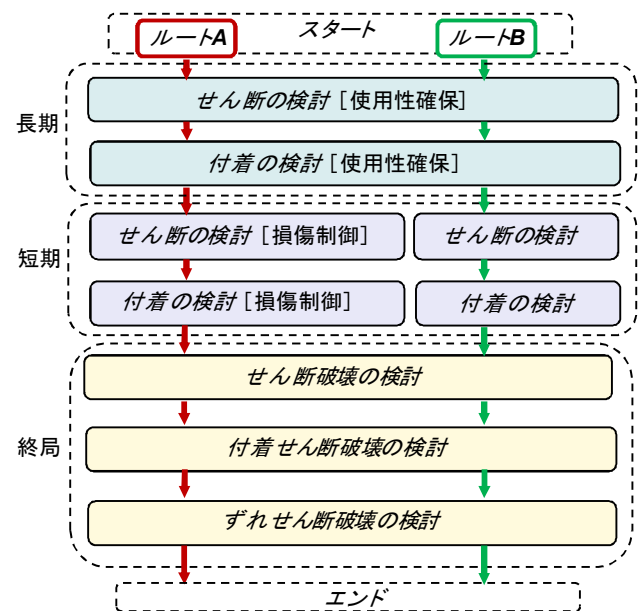


図-6 VERJON 工法設計フロー

4. まとめ

VERJON 工法開発のための実験と設計方法の概要を示した。なお、本開発は安藤・間、鴻池組、銭高組、大末建設、大日本土木、NIPPO、長谷工コーポレーション、三井住友建設、当社の9社の共同研究開発として実施されたものである。

Key Words: 鉄筋コンクリート造梁、せん断耐力、異種強度、構造実験



渡邊一弘 波田地正隆 稲生雅史 古澤顕彦