

2 径間連続桁の壁式 RC 橋脚模型に関する弾塑性解析手法の妥当性検討

構研エンジニアリング 正 員 ○今泉 宜人
室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光
室蘭工業大学 学 生 員 高玉 侑子

土木研究所 寒地土木研究所 正 員 岡田 慎哉
室蘭工業大学 正 員 張 広鋒

1. はじめに

本研究では、上部工を考慮した段落し部を含む2径間連続桁の壁式RC橋脚に関する耐荷性状や破壊挙動を適切に評価可能な解析手法を確立することを目的とし、3次元弾塑性有限要素法による数値解析を試み、実験結果と比較することにより提案の数値解析手法に関する妥当性を検討した。数値解析には、構造解析用汎用コード DIANA を用いている。

2. 試験体概要

図-1には、本実験で用いた橋脚模型の形状寸法を示している。試験体の寸法は幅600mm、厚さ200mm、高さ1,200mmである。主鉄筋にはD13を14本配筋し、帯鉄筋はD10を100mmピッチで配筋している。本研究では段落しを含めた壁式RC橋脚に関する数値解析法の確立を目的としていることから、段落しを有する試験体も併せて製作し実験を行っている。段落しはフーチング部上面より高さ520mmの位置で軸方向鉄筋を1本おきに間引くことにより実施することとした。

桁は、各径間5,000mm、全体で11,000mmの2径間連続桁である。桁断面は幅700mm、桁高274mmの鋼箱型とした。実験は、地震動加振を想定してリニアウェイレール上に橋脚フーチングを設置し、スクリュージャッ

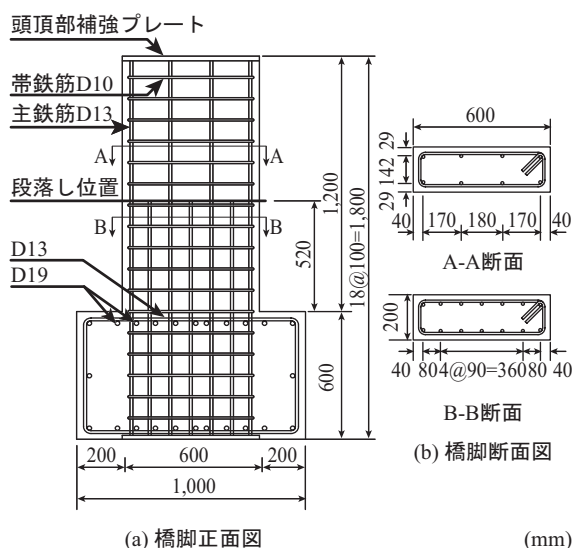


図-1 試験体の形状寸法および配筋状況

キを用いて、橋軸方向に変位制御法に基づいて載荷することにより実施している。そのため、桁の端支点は反力を取るために回転のみを許容するピン支持としている。また、中間支承に関してもピン支承とした。

材料試験より得られたコンクリートの圧縮強度は、26.4MPaであり、弾性係数は26.2GPaである。主鉄筋および帯鉄筋の降伏強度は、それぞれ375, 401MPaである。

3. 解析概要

3.1 解析モデル

図-2には、本解析に用いた解析モデルの要素分割状況を示している。橋脚および上部桁には8節点固体要素、鉄筋には埋め込み鉄筋要素を用いてモデル化している。境界条件は、橋脚フーチング底面の橋軸直角、および鉛直方向変位成分を拘束し、桁支点部は、回転のみを許容するように拘束している。支承部は、実験条件に即して、ピン支承と同様に橋軸方向の回転のみを許容するようにモデル化している。載荷方法は、実験と同様にフーチング正面に強制変位を与えることとした。なお、収束計算にはNewton-Raphson法を採用している。

3.2 材料構成則

コンクリートの材料構成則に関しては、圧縮側には材料実験から得られた圧縮強度 f'_c を基本に、圧縮ひずみ $3,500\mu$ までは土木学会コンクリート標準示方書に基づいて定式化し、 $3,500\mu$ 以後は初期弾性係数の0.05倍で $0.2f'_c$ まで線形軟化するモデルを用いている。降伏の判定にはvon Misesの降伏条件を適用している。引張側に関しては、ポストピークの軟化を考慮したtri-linearモデルを用いている。なお、本解析では、分散ひび割れモデルを適

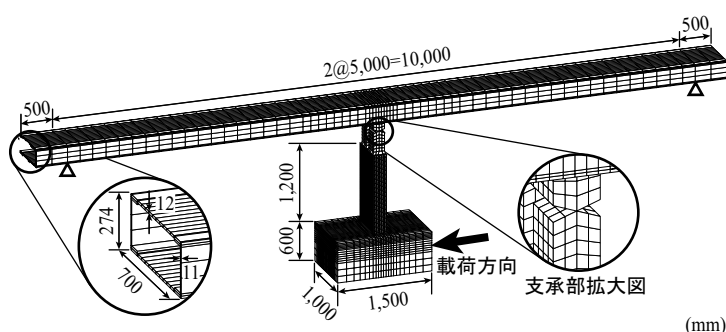
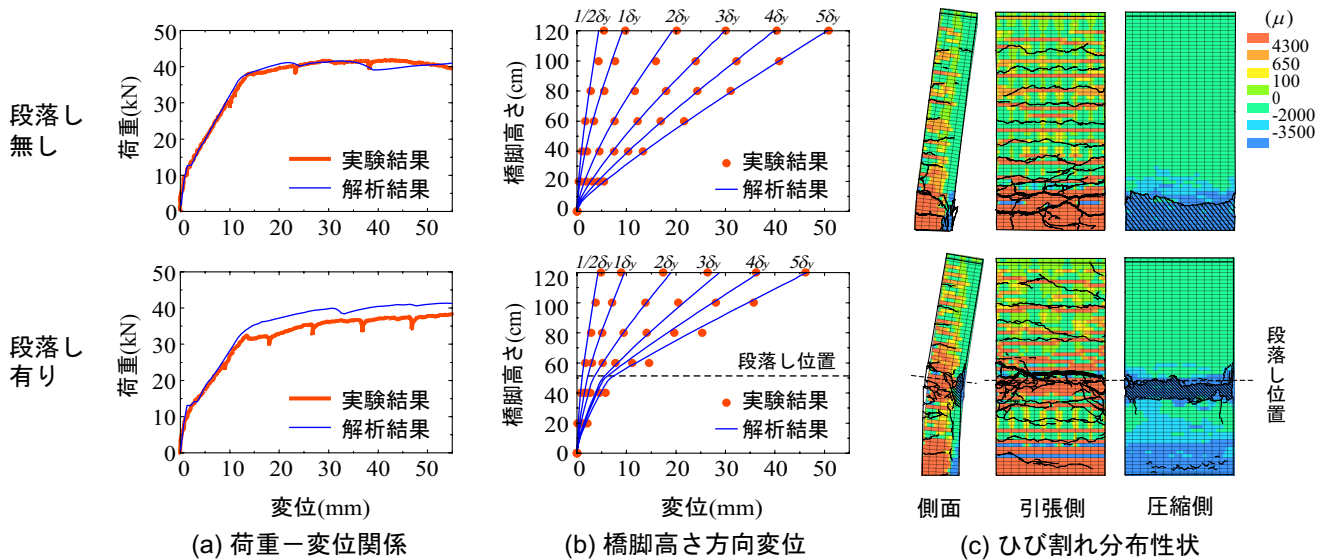


図-2 要素分割状況

キーワード：RC橋脚，段落し，三次元弾塑性有限要素解析，性能照査

連絡先：〒065-8510 札幌市東区北18条17-1-1 (株) 構研エンジニアリング 橋梁部 TEL 011-780-2816 FAX 011-780-1501



図－3 解析結果と実験結果の比較

用し、コンクリート要素に発生する微小ひび割れをモデル化している。

鉄筋には塑性硬化係数 $H' (= 0.01E_c)$ を考慮した等方弾塑性体モデルを適用した。降伏の判定は von Mises の降伏条件に従うものとしている。

4. 数値解析結果および考察

4.1 耐荷性状

図－(a) には、載荷点反力および載荷点と橋脚頭頂部の相対変位関係 (以後、荷重－変位関係) の比較図を示している。

図より、段落し無しの場合には、曲げひび割れ発生前の弾性域における剛性勾配、曲げひび割れの開口および主鉄筋の降伏によって剛性勾配が低下する領域も含め、解析結果は実験結果を良好に再現していることが分かる。また、最大耐力値近傍までの両結果はほぼ一致しており、高い再現性のあることがうかがわれる。一方、段落し有りの場合には、主鉄筋降伏前および降伏後の剛性勾配は両結果でほぼ一致していることが分かる。しかし、解析結果の主鉄筋降伏時荷重は実験結果を上回っており、その程度は、実験結果の約 1.12 倍となっている。これより、段落しを有する橋脚においては、耐荷性能を若干過大評価する傾向があることが分かる。

4.2 変形状

図－(b) には、各変位振幅における橋脚高さの橋軸方向変位量を解析結果を実験結果との比較図で示している。図には、主鉄筋降伏変位を δ_y とし、 $1/2, 1, 2, 3, 4, 5\delta_y$ における比較を示している。

段落し無しの場合における実験結果は、変位量の増加と共に橋脚全体の曲げ変形よりも基部からの角折れが卓越していることを示している。数値解析においても基部からの角折れが良好に再現されていることが分かる。なお、

段落し有りの場合には、実験結果は基部の角折れよりも段落し部における角折れが顕著に表われている。数値解析結果も主鉄筋が降伏するまでは曲げ変形が卓越し、変位振幅の増大と共に段落し近傍部において角折れが顕在化する様子が適切に再現されている。

4.3 破壊状況

図－(c) には、変位 $5\delta_y$ における実験結果のひび割れ分布と解析結果のひび割れ分布を重ね合わせる形で比較して示している。図中の黒線は実験時のひび割れ分布、圧縮側においてはコンクリートが圧縮破壊した部分を示している。また、図中のコンターレベル 100, 4,300 μ は、それぞれひび割れ発生ひずみと開口ひずみの概略値を示している。

段落し無しの場合における結果より、ひび割れ（黒色コンター）の本数や発生位置、および圧縮側の圧縮破壊領域に関する解析結果は実験結果と比較的良好に対応していることが分かる。一方、段落し有りの場合は、ひび割れの発生状況のみならず、段落し部の圧縮による損傷状況においても、数値解析結果は実験結果と良く対応していることが分かる。これより、段落し無しの場合のみならず段落し有りの場合においても、提案の解析手法を用いることにより、段落しをすることによる破壊モード（基部曲げ破壊型から段落し部の角折れによる曲げ破壊型）の移行を含む破壊挙動を精度よく解析可能であることが明らかになった。

5. まとめ

2 径間連続桁の壁式 RC 橋脚に関する弾塑性挙動は、段落し部の有無にかかわらず、本解析手法を用いることにより、荷重－変位関係、ひび割れの開口する位置や集中の程度、橋脚の損傷状況などを大略評価可能であることが明らかになった。