東北電力(株)	正会員	○大高	昌彦	伊達	政直
(株)大林組	正会員	米澤	健次	永井	秀樹

1. はじめに

地中構造物の耐震性能照査では,要求性能に見合った限界変位(頂版と基礎版の層間変位の限界値)を 精度良く求めることが重要となる。この限界変位が 求まれば,時刻歴応答解析により応答変位を求める ことで,著者ら¹⁾が提案する変位照査手法にて簡便に 耐震性能を照査できることになる。

昨年度に実施したカルバート中壁の1/2モデル実 験では、事前解析として2次元モデルによる交番載荷 解析を実施し、その解析結果から設定する限界変位 は、実験結果よりも小さく、解析では安全側に限界 変位を設定できることを示した。

本報告では、昨年度の実験モデルに対して3次元

モデルの解析を行い, コンクリートと鉄筋 との付着すべり関係 を考慮したモデルを 用いて,より精度の 高い限界変位を求め た。また実験結果と の比較を行い,その モデル化の妥当性を 検証した。



2. 昨年度の実験概要²⁾

2 連ボックスカルバートの中壁 1/2 スケールモデ ルに対して,変位制御載荷による軸力保持機能を確 認するための実験を2軸試験機にて実施した(図-2)。



(1)試験体:2連カルバートの中壁1/2スケール

(寸法:壁高1.65m×厚さ0.5m×奥行き1.0m)(2)試験ケース:3ケース

表-1 解析ケース(パラメータ:せん断補強鉄筋比)

実験ケース	せん断補強鉄筋比
PW00	なし
PW01	0.10%
PW02	0.23%

(3)載荷方法:2軸試験機により軸力 0.05f[']_{ck}を導入 し,せん断破壊前まで層間変形角 1/2000 間隔で交 番載荷した後,せん断破壊直後の急激な変形を避 けるため,変位制御の単調載荷に変更した。せん 断破壊(または付着割裂破壊)後は,せん断耐力の 低下または層間変形角+20/1000(=2.0%)まで変位 を与えた。

3. 解析モデル

モデル化は、コンクリートを六面体要素、鉄筋を トラス要素とした。コンクリート構成則は、修正 Ahmad モデルおよび長沼モデル、鉄筋をバイリニア とした(図-3)。解析ソフトは、コンクリート構造物 非線形有限要素法プログラム「FINAL」を使用した。 コンクリートと鉄筋との付着応力~すべり関係は、 Elmorsi らが提案するモデル(図-4)を適用した。付着 強度は、「鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震 設計指針・同解説(日本建築学会)」にある強度式よ り導いた値を採用し、最大すべり量(Su)を 1mm とし てモデル化した。



キーワード 電力施設,地中構造物,交番載荷,せん断破壊,3次元モデル 連絡先 〒980-8550 仙台市青葉区本町 1-7-1 TEL 022-799-6103 FAX 022-262-5851

4. 解析と実験結果の比較

水平荷重~変位関係について解析と実験結果の比較を,図-5~7に示す。



PW00では、荷重初期の交番載荷区間においてすべ りを考慮した解析が実験値と良く一致した。これよ り構造物にひび割れが入った直後より、コンクリー トと鉄筋にすべりが始まり、構造物の剛性が小さく なることを適切に評価できた。一方で、単調載荷区 間の変形が大きい場合に、すべりを考慮した解析と 実験値の水平荷重~変位関係が異なるのは、付着強 度の最大値が両者で異なるためと考えられる。

PW01 および PW02 では、荷重初期~破壊の全過程に おいてすべりを考慮した解析結果が実験値と一致し た。ひび割れ後の水平荷重~変位関係の勾配が一致 していることから、鉄筋沿いに付着割裂ひび割れが 進行していく過程でのコンクリートと鉄筋とのすべ り関係について精度良く解析できていると考える。

水平荷重~付着応力関係について,全ケースで実 験の方がすべりの開始時期が早いものの,その勾配 は一致している。付着強度について靱性指針の強度 式により求めた値と実験結果との比較を,表-2に示 す。靱性指針では,せん断補強鉄筋比が増加するほ ど付着強度も増加する傾向にあるが,実験結果では, 全ケースとも3.3N/mm²程度であり,各ケースによる 大きな差異を生じなかった。解析と実験での付着応 力関係は一致しているわけではないが,水平荷重~ 変位関係の結果から見れば,問題のない差異である と考えられる。

表-2	付着強度の比較
1 4	

	実験値	靱性指針
	$\tau_{\rm u}$ (N/mm ²)	τ_{bu1} (N/mm ²)
PW00	3.34	2.29
PW01	3.31	2.22
PW02	3.21	3.10

5.限界変位の設定

地中構造物の要求性能が,大規模地震動において 配管支持を維持するために,かぶりコンクリートの 剥落となる場合には,昨年度の実験より部材にせん 断破壊が起こる直前の最大せん断耐力(降伏耐力)ま での層間変位が限界変位となることが分かった。

PW01 および PW02 では、すべりを考慮した解析を行ったことで、限界変位を大きく取ることが可能となった。例えば PW02 において完全付着の場合に限界変位が約 10mm であったのに対し、すべりを考慮したことで約 20mm となり、解析より求まる限界変位は 2 倍に増加する。

6. まとめ

せん断破壊(付着割裂破壊)による破壊過程を再現 するには、コンクリートと鉄筋とのすべりを考慮す ることが重要であることがわかった。

コンクリートと鉄筋とのすべりを考慮する場合, そのモデル化やパラメータ設定に手間を要するため, 今後,実務レベルにおいて,どこまで鉄筋の付着特 性を適切に考慮していくかが課題である。

参考文献

 1) 伊達,大内,「地中構造物における変位照査手法の有効性 について」2011/9,土木学会第66回年次学術講演会
2) 坂本,伊達,「地中カルバート中壁のせん断破壊後の軸力 保持機能の検討」2012/9,土木学会第67回年次学術講演会