

端部拘束されたコンクリートの支圧特性 (その2: 支圧特性に関する解析検討)

正会員 ○ 山田 和夫*1 同 小野 晃 *2
同 関 俊力*3

コンクリート 支圧強度 変形特性
拘束効果 鋼管 帯筋

1. はじめに

前報(その1: 支圧強度推定式の提案)に引き続き、本報(その2)では、鋼管および帯筋によって横拘束された各種調合を有するコンファインドコンクリートの支圧載荷時の荷重-軸変位関係に対する別報¹⁾で提案した解析方法の適用性について検討する。なお、本研究では、支圧載荷時のコンファインドコンクリートの荷重-変形関係をかぶり部コンクリート、鋼管および帯筋による多軸効果成分と支圧部とかぶり部界面でのせん断抵抗成分とに分類して考察した。

2. 解析方法の概要

2.1 多軸効果成分の応力度-ひずみ度関係

別報¹⁾で提案したエンドクロニック理論による力学モデルでは、変位制御の1軸圧縮載荷の場合の多軸効果成分は、 $\Delta\epsilon_{11}$ が既知で $\Delta\sigma_{11}$ を未知とする問題となり、

$$\left. \begin{aligned} \Delta\sigma_{12} &= \Delta\sigma_{23} = \Delta\sigma_{31} = 0 \\ \Delta\sigma_{22} &= -\frac{b^2 - a^2}{2a^2} E_c \cdot \Delta\epsilon_{22} - \frac{a^2 + b^2}{2a^2} eqP_w \cdot E_s \cdot \Delta\epsilon_{22} \\ \Delta\sigma_{33} &= -\frac{b^2 - a^2}{2a^2} E_c \cdot \Delta\epsilon_{33} - \frac{a^2 + b^2}{2a^2} eqP_w \cdot E_s \cdot \Delta\epsilon_{33} \end{aligned} \right\} (1)$$

式(1)から求まる増分形式の連立一次方程式を積分す

ると、支圧載荷を受けるコンファインドコンクリートの横拘束成分の応力度(σ)-ひずみ度(ϵ)関係が得られる。なお、式(1)中の a および b : 支圧部半径および試験体半径、 E_c および E_s : コンクリートおよび鋼管(帯筋)のヤング係数、 eqP_w : 等価横補強比。

2.2 せん断抵抗成分の応力度-ひずみ度関係

支圧部とかぶり部界面でのせん断抵抗成分の応力度(τ)-ひずみ度(ϵ)関係として、次の式(2)を用いた。

$$\tau/\tau_{max} = \frac{A(\epsilon/\epsilon_{max}) + (n-1)(\epsilon/\epsilon_{max})^2}{1 + (A-2)(\epsilon/\epsilon_{max}) + n(\epsilon/\epsilon_{max})^2} \quad (2)$$

ここに、 τ_{max} および ϵ_{max} : 支圧荷重を受けるコンファインドコンクリートの最大耐力時の平均せん断応力度と軸ひずみ度、 $A (=E_i/E_{max})$ 、ただし、 E_i および E_{max} : 初期剛性と最大耐力時の割線剛性)、 n : 実験定数。

2.3 荷重-軸変位関係の評価方法

軸変位(δ)は、式(1)と式(2)中のひずみ度(ϵ)に試験体高さを乗じることによって算出し、荷重(P)は、軸変位が δ のときの式(1)による応力度(σ)に支圧面積を乗じた多軸効果成分と式(2)によるせん断応力度(τ)に支圧部とかぶり部界面の側面積を乗じたせん断抵抗成分との和として求めた。なお、式(2)中の τ_{max} 、 ϵ_{max} 、 A および実験定数(n)は、実験によって得られた荷重

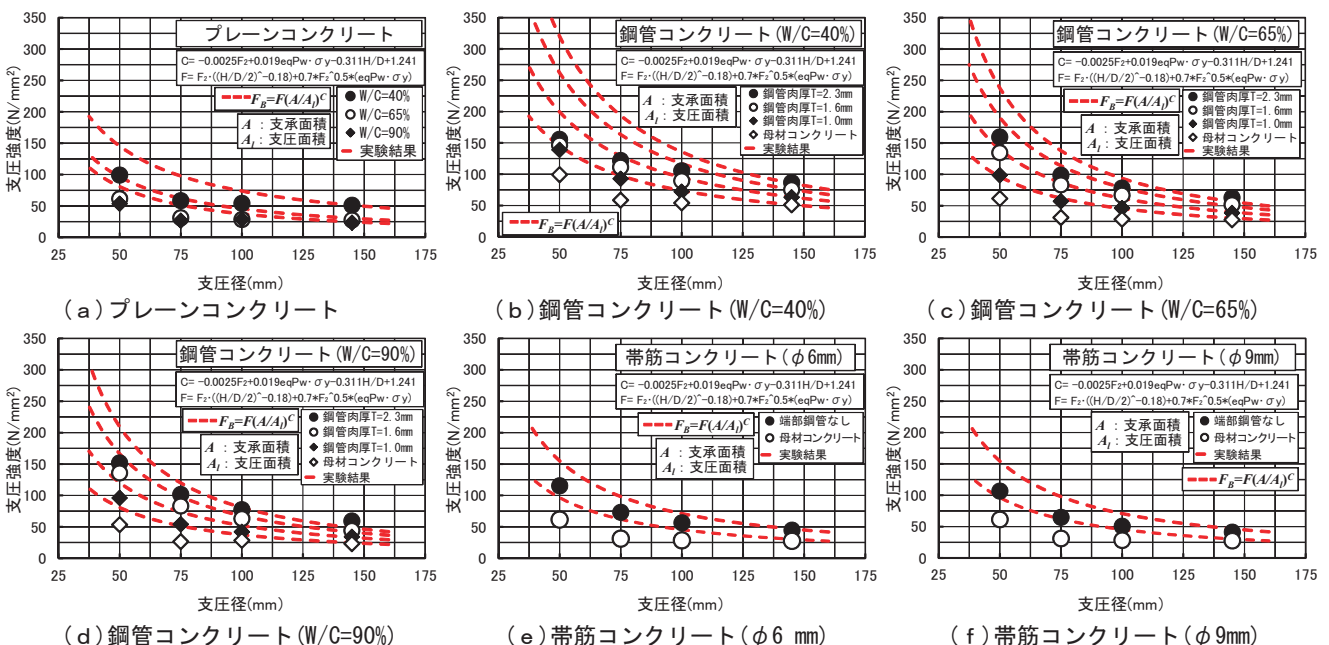


図-1 支圧強度と支圧径との関係に関する実験結果と多軸効果成分に関する解析結果との比較

Effect of End Confinement on Bearing Behavior of Concrete
(Part 2: Analytical Evaluation of Bearing Behavior)

YAMADA Kazuo, ONO Akira
SEKI Toshikatsu

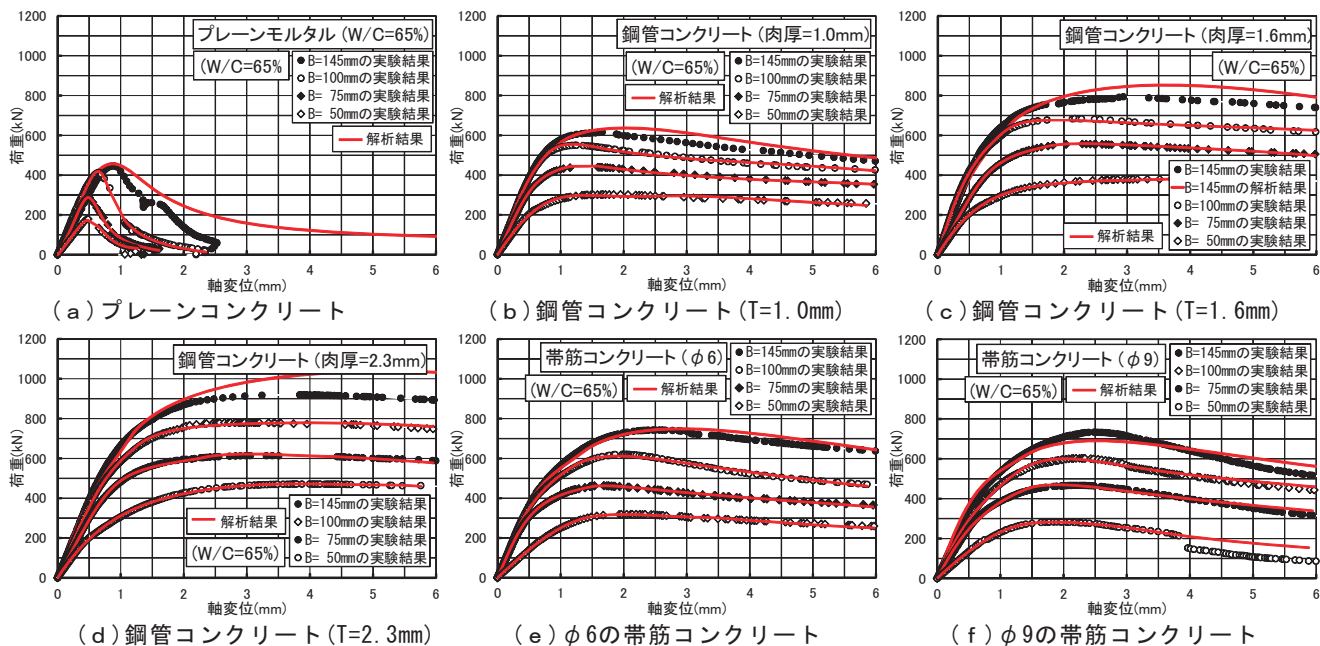


図-2 全面・支圧荷重を受ける各種コンファインドコンクリートの荷重-軸変位関係に関する推定結果の例

一軸変位関係と式(1)から求まる多軸効果成分の荷重-軸変位関係に関する解析結果との差をせん断抵抗成分に関する荷重-軸変位関係の実験結果とし、式(2)による計算結果との残差の二乗和が最小となる値として、マルカート法を適用した逆解析により求めた。

3. 解析結果とその考察

3.1 多軸効果成分による支圧強度と支圧径との関係

図-1(a)~(f)は、前報(その1)で提案したコンファインドコンクリートの支圧強度推定式によって算出した支圧強度と支圧径との関係に関する推定結果(図中の赤の破線、以下では実験結果と略記する)と多軸効果成分に関する解析結果(図中の●印~◇印)との比較を横補強比および横補強形式別に示したものである。これらの図によれば、多軸効果成分による支圧強度は、支圧径が小さくなるほど、かつ横補強比が大きくなるほど増大しており、定性的な傾向は実験結果と一致している。ただし、支圧径が $B=145\text{mm}$ の準全面加力の場合は、何れの試験体も実験結果と解析結果は良く一致しているが、 $B=50, 75$ および 100mm の支圧加力を受ける場合の解析結果は、実験結果ほどには支圧強度の増大を示しておらず、実験結果と解析結果との差は、水セメント比(W/C)が小さくて母材強度が大きいほど、かつ鋼管および帯筋による横拘束効果が大きいほど増大しているのがわかる。このことは、支圧加力を受ける場合の支圧強度の増大を多軸効果成分だけでなく、かぶり部コンクリートと支圧部コンクリートとの界面に生じるせん断抵抗成分も考慮に入れて取り扱う必要のあることを示唆している。

以上の点を踏まえて、本研究では、荷重-軸変位関係に関する実験結果と上記の多軸効果成分との差をせん断

抵抗成分とみなして、式(2)中の係数を定量化した。

3.2 支圧荷重を受けるコンファインドコンクリートの荷重-軸変位関係に関する解析結果

図-2(a)~(f)は、それぞれ水セメント比(W/C)が65%のプレーンコンクリート、各種鋼管コンクリートおよび呼び径が $\phi 6$ と $\phi 9$ の帯筋コンクリートの荷重-軸変位関係に関する実験結果と解析結果との比較を支圧径別に示したものである。これらの図によれば、 $B=145\text{mm}$ の全面加力を受ける試験体で、実験結果に比べて靱性に富んだ形状を示している一部の解析結果を除けば、実験結果と解析結果は大変形領域を含めて全体的に良く一致しており、支圧荷重を受けるコンファインドコンクリートの変形特性は、式(1)によって表される多軸効果成分と式(2)によって表されるせん断抵抗成分との和として合理的に評価できるといえる。

4. むすび

本研究の結果、全面加力時の荷重-軸変位関係は、横拘束形式および横補強量に関わらずせん断抵抗成分が認められず、多軸効果として説明でき、支圧荷重を受けるコンファインドコンクリートの荷重-軸変位関係は、かぶり部コンクリート、鋼管および帯筋による多軸効果成分と支圧部とかぶり部界面でのせん断抵抗成分を考慮することにより、横補強形式および横補強量の影響を合理的に説明できることなどがわかった。

【参考文献】

- 1) 伊藤崇晃、小野晃、関俊力、山田和夫：コンクリートの支圧特性に及ぼす端部拘束の影響(その2：変形特性に関する解析的検討)、日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)、A-1、pp.759-760、2012.9

*1 愛知工業大学工学部 教授・工博
 *2 株式会社大林組 修士(工学)
 *3 愛知工業大学大学院 研究生・修士(工学)

*1 Prof., Faculty of Eng., Aichi Institute of Technology, Dr.Eng.
 *2 Obayashi Corporation, M.Eng.
 *3 Research Student, Aichi Institute of Technology, M.Eng.