

V-34 有限要素法によるスランプ試験の解析

徳島大学
徳島大学
西松建設

正員
学生員

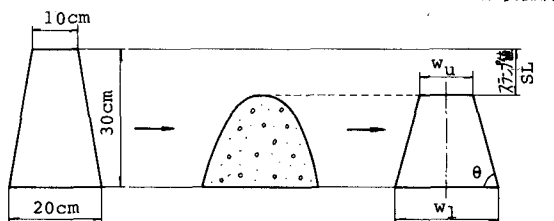
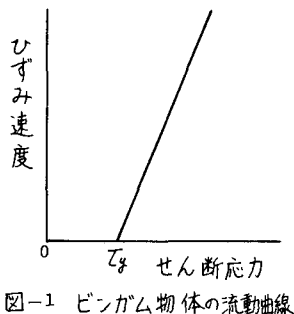
水口 裕之
○藤崎 茂
渡辺 哲

1. まえがき

フレッシュコンクリートのコンシステンシーおよびワーカビリティを測定する方法としてスランプ試験がよく使われている。スランプ試験を行ないコンクリートがスランプして静止した状態を弾性的につり合っているとみなすと、その時のコンクリート内部に発生する最大せん断応力がフレッシュコンクリートをビンガム物体と仮定した場合の降伏値であると考えられる。本報告は、この考えに基づき有限要素法を用いてコンクリート内部のせん断応力を求め、その最大値とスランプ値およびスランプした後のコンクリートの形との関係などについて検討を行ない、最大せん断応力の意義について考察したものである。

2. スランプ試験への有限要素法の適用

フレッシュコンクリートをビンガム物体と仮定すると、その挙動は図-1に示されるように降伏値 τ_y 以下では弾性状態であり、それをこえると粘性状態である。したがって、スランプ試験においてコンクリート内部のせん断応力が降伏値以下になるまでは流動するので、スランプして静止した状態でのコンクリート内部のせん断応力の最大値が降伏値であると考えられる。スランプして静止した状態は弾性状態とみなせるので、この考えに基づき有限要素法を用いてスランプしたコンクリート内部のせん断応力の最大値すなわち降伏値を求めた。有限要素法を用いるにあたって、フレッシュコンクリートを均質、等方性材料と仮定し、スランプした状態を図-2に示すようにモデル化し、2次元の平面応力状態として解析した。ポアソン比は、フレッシュコンクリートの変形が主として水の部分によって生じ作用応力



(a)スランプ前のコンクリート (b)スランプ中コンクリート (c)スランプしたコンクリートのモデル

図-2 スランプしたコンクリートのモデル化

表-1 解析に用いたスランプ値と θ の値

スランプ試験においてコンクリート内部のせん断応力が降伏値以下になるまでは流動するので、スランプして静止した状態は弾性状態とみなせるので、この考えに基づき有限要素法を用いてスランプしたコンクリート内部のせん断応力の最大値すなわち降伏値を求めた。有限要素法を用いるにあたって、フレッシュコンクリートを均質、等方性材料と仮定し、スランプした状態を図-2に示すようにモデル化し、2次元の平面応力状態として解析した。ポアソン比は、フレッシュコンクリートの変形が主として水の部分によって生じ作用応力も小さいので0.5とし、荷重は自重のみを考え、コンクリートの密度は2350kg/m³とした。ヤング係数および要素の厚さは、荷重が自重のみであるため応力計算の場合は相殺されて無関係になるので、ともに1.0とした。本解析における要因としては、図-2に示すスランプ値SLおよび底辺と斜辺とのなす角 θ とをとり、表-1に示すような一般的と考えられる場合について解析した。解析は図-2の右半分について行ない、境界条件はスランプしたフレッシュコンクリートの底面においてすべりはおこなないとした。

3. 解析結果および考察

スランプ値0cm、10cm($\theta=75^\circ$)および20cm($\theta=40^\circ$)の場合について、それぞれ要素数を約25個、約55個、約100個、節点数を約22個、約40個、約70個の3種の要素分割にした場合、せん断応力の分布はほぼ同じであり、要素分割の違いがせん断応力の分布に及ぼす影響はほとんどないと思われる。しかし、せん断応力の最大値を求める

には細分割のほうが厳密であるが、計算時間などを考慮して要素分割については、要素数約55個、節点数約40個とした。

図-3はスランプ値10cm ($\theta=70^\circ$)におけるせん断応力の分布図であり、他の場合も類似の分布図となる。図にみられるようにせん断応力は下部ほど大きくなっているが、下端部すなわち底面においてはすべりが無いとして拘束されているので、中央下端部付近ではかえって小さい値となっている。したがって、せん断応力の最大値は中央下端部から少し離れた上部の点から底面端部へかけての点において生じると考えられる。この点は、スランプ値、 θ の値、要素分割の仕方などにより異なるようである。

図-4はスランプ値と θ の値の各場合についてのせん断応力の最大値を示したものであり、スランプ値の小さいほど、 θ の値の大きいほどせん断応力の最大値は大きくなっている。同一スランプ値において θ の値の増加に伴ってせん断応力の最大値が増加するのは、スランプモデルの上辺幅 W_u が大きくなり下部に及ぼす荷重が増加するためと考えられる。

図-5はスランプ値とせん断応力の最大値との関係を示しており、スランプ値5cmでは $\theta=80^\circ$ 、10cmでは 75° 、15cmでは 70° 、20cmでは 60° としてプロットした。同時に、主として平行板アラストメーターによるフレッシュコンクリートのレオロジー定数の測定実験より求めたせん断応力の最大値とみなしている降伏値と実測スランプ値との関係を実験結果として示した。図からわかるようにスランプ値が5~20cmの範囲では解析結果と実験結果はよく近似しており、コンクリート内部のせん断応力の最大値と降伏値が等しいという仮定は妥当であると考えられる。また、解析結果および実験結果からこの範囲ではスランプ値と降伏値とは線形に近い関係があると思われる。スランプ値は降伏値のよい指標になると考えられる。しかし、スランプ値が0~5cmにおいて両結果が異なっている理由としては、解析ではコンクリートを連続体と仮定しているが、実際には連続体とみなせない状態になっており仮定に反していることも考えられる。したがって、スランプ値が小さいコンクリートでは別のモデルを考える必要があると思われる。

4. あとがき

フレッシュコンクリートを等方均質な連続体と仮定して求めた内部のせん断応力の最大値は、ビンガム物体と仮定した時の降伏値に等しいとみなされ、またスランプ値5~20cmの範囲では降伏値とほぼ線形関係にあるので、スランプ試験は降伏値の指標となる試験であると考えられる。

[注] $1\text{ Pa} = 1\text{ N/m}^2 = 0.0102\text{ gf/cm}^2$

[参考文献] 1) 水口、藤崎、大城；第28回セメント技術大会講演要旨、PP.78-79

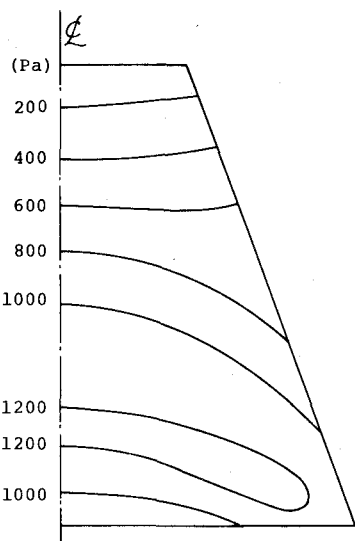


図-3 せん断応力の分布図 (SL=10cm, $\theta=70^\circ$)

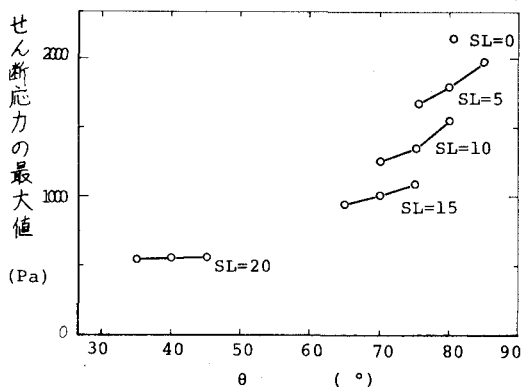


図-4 θ の値とせん断応力の最大値との関係

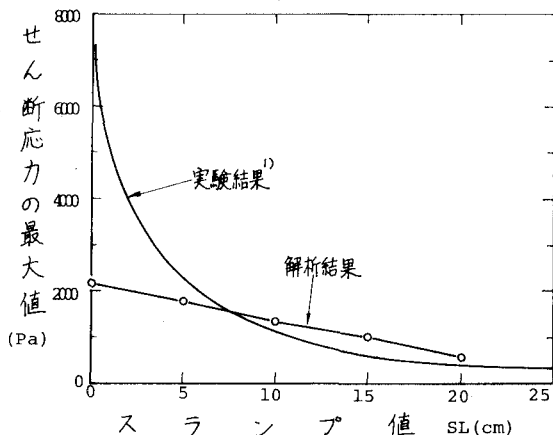


図-5 スランプ値とせん断応力の最大値との関係

スランプ試験は降伏値の指標となる試験であると考え