

締固めエネルギーによる鉄筋コンクリートの締固め性評価装置の開発

大成建設 土木技術研究所 正会員 ○ 梁 俊
 大成建設 土木技術研究所 フェロー会員 丸屋 剛
 大成建設 土木技術研究所 正会員 坂本 淳

1. はじめに

コンクリートの締固めのしやすさはコンクリートの施工性に大きく影響する。梁ら¹⁾は、これまでに、コンクリートのフレッシュ性状が通常の硬練りコンクリート（スランプ 5cm～15cm 程度）の締固め性に与える影響を締固めエネルギーの観点から定量的に評価することを目的とし、超硬練りコンクリートの評価手法をもとに、スランプ 5cm～15cm 程度のコンクリートの変形挙動を評価できる室内試験方法を提案している。

しかし、コンクリートの締固めしやすさは、コンクリートのフレッシュ性状ばかりではなく、鉄筋の密実さなどの施工条件にも大きく影響される。本論文では、鉄筋が配置された空間内におけるコンクリートの締固めしやすさを評価するために新しく改造した締固め完了エネルギー測定装置と、その装置によるコンクリートの締固め性の評価方法を示した。

2. 締固め試験装置

試験には、図-1 に示す締固め完了エネルギー測定装置を使用した。図-2 に測定の手順を示す。試験は、まず円筒容器（内径 310mm, 高さ 220mm）中に鉄筋セット用治具を用い鉄筋をセットした後容器の中でスランプ試験を実施する。鉄筋は D25 あるいは、D19 の鉄筋を 12, 6, 4, 0 本ずつセットすることができるようになっている。鉄筋は、テフロン製円盤の孔を通して振動台上のフレームにある磁石に固定することができる。振動数 35Hz, 最大加速度 1G 程度で振動を与えることにより、円盤はコンクリート上面の沈下とともに沈下する。この際に、フレームにセットされているレーザ変位計が円盤の沈下を測定し、容器の下にセットされている加速度センサーで加速度を測定して、測定されたデータはパソコンに送られるようになっている。締固め完了エネルギー測定プログラムは送られたデータを用い締固め度と締固めエネルギーを計算する。さらに、締固めエネルギー E_t と締固め度 γ との関係を、図-3 中に示す関数で近似し、締固め完了エネルギーを求める。なお、式中の各係数は、図-3 の模式図に対応する¹⁾。計算された締固め曲線、締固め完了エネルギーおよびスランプ等は、振動台の振動が終わった時点でその結果を図-1 のモニタに示す。



図-1 締固め装置及び容器の設置

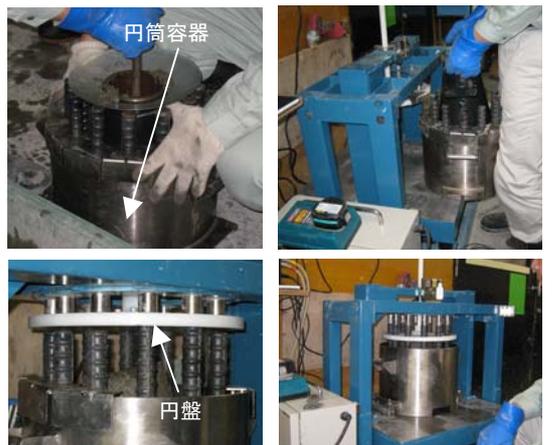


図-2 測定手順

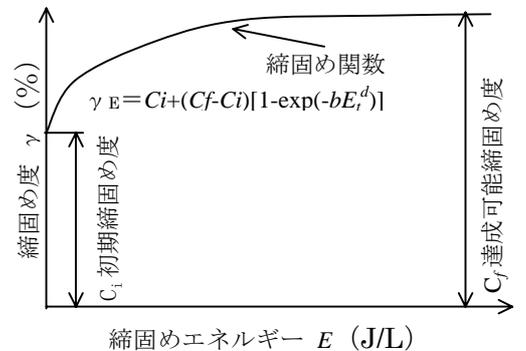


図-3 締固め関数の模式図

キーワード：締固めエネルギー，締固め完了エネルギー測定装置，締固め性

連絡先：〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設（株）技術センター TEL 045-814-7228

試料に振動を与える計測時間は 60 秒間である。測定プログラムは、締固めエネルギーおよび締固め完了エネルギーを既往の研究¹⁾による各々の計算式により計算するようになっている。締固め度は鉄筋の体積を考慮して式(1)のように修正した。すなわち、コンクリートが締め固められ、容器の隅々まで充填された後、さらに、気泡などを出し、コンクリートの単位容積質量が JIS A 1116 により別途測定された値になった時を締固め度 100%として、締固め度 99.5%に達するまで必要とされる締固めエネルギーを締固め完了エネルギーとした。

$$\gamma = H_0 / h * 100\%, H_0 = m / (\rho / (A - n * 3.14 * r^2)) \quad (1)$$

γ : 締固め度, m : コンクリートの質量, ρ : コンクリートの理論

密度, A : 円筒容器の底面積, h : 任意振動時におけるコンクリートの高さ, H_0 : 既定の単位容積質量まで締固めた時の試料の高さ, r : 鉄筋の半径, n : 鉄筋の本数

3. 使用材料および配合

本実験で使用したコンクリート(スランブ 8cm)の配合を表-1に示す。セメントには普通ポルトランドセメントを使用した。細骨材には君津産山砂(表乾密度 2.65g/cm³, F.M.=2.71)を、粗骨材には青梅産の碎石(最大寸法 20mm, 表乾密度 2.66g/cm³, F.M.=6.31)を使用した。混和剤には AE 減水剤(リグニンスルホン酸系, 使用量 C×0.20%)を使用した。

4. 実験結果及び考察

スランブ 8cm のコンクリートを用い締固め完了エネルギー測定装置により、鉄筋径と本数をパラメータとして、締固め完了エネルギーを測定した。その結果を表-2 および図-4 に示す。表-2 に示す鉄筋間隔は鉄筋の芯と芯の距離である。図からわかるように、鉄筋径が D25 から D19 になることにより締固め完了エネルギーは小さくなるのがわかる。たとえば、D25-12 および D19-12 の時の締固め完了エネルギーはそれぞれ 16.3J/L であり、同じ程度の鉄筋間隔であっても、鉄筋径が変わることにより、締固め完了エネルギーが 1.7 倍も違うことがわかる。また、鉄筋間隔が大きくなることにより、締固め完了エネルギーが小さくなるのがわかる。鉄筋間隔 200~80mm 程度の間で、締固め完了エネルギーと鉄筋間隔はほぼ線形的関係であるが、鉄筋間隔が 80mm より小さくなると締固め完了エネルギーは急激に大きくなるのがわかる。なお、表-2 で示すように、D19 は鉄筋間隔が 200mm を超えると締固め完了エネルギーは無筋の状態とほぼ同じ程度であることがわかる。

5. まとめ

本研究で使用した装置を用いて締固め完了エネルギーを測定することにより、鉄筋が配置された空間内におけるコンクリートの締固めしやすさに関する検討は可能であることが明らかになった。今後は、コンクリートのフレッシュ性状と鉄筋間隔だけではなく、施工の諸状況の影響も考慮して、実構造物におけるコンクリートの締固め間隔、締固め時間などを評価することができる評価方法を研究していく計画である。

参考文献:

- 1) 梁俊, 國府勝郎, 宇治公隆, 上野敦: フレッシュコンクリートの締固め性試験法に関する研究, 土木学会論文集 Vol. 62, No. 2, pp. 416-427, 2006.6

表-1 配合(スランブ 8cm)

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
		W	C	S	G	Ad
55	42.5	149	271	811	1099	C×0.20

表-2 締固め完了エネルギー

鉄筋(径-本)	鉄筋の間隔(mm)	締固め完了エネルギー(J/L)
D25-12	36	16.34
D25-6	117	5.86
D25-4	180	4.17
0本	—	2.57
D19-12	42	9.76
D19-6	123	4.47
D19-4	184	2.72

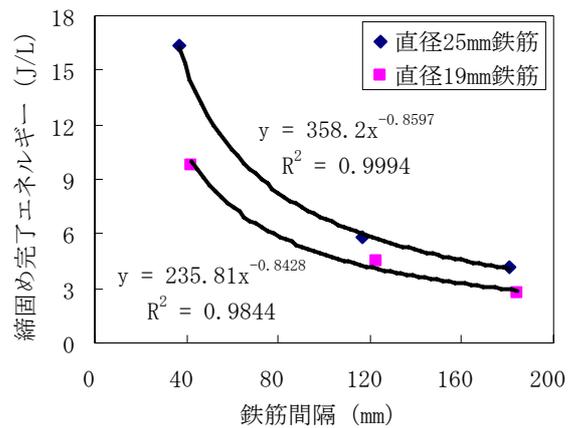


図-4 鉄筋間隔と締固め完了エネルギーの関係