# 混凝土軟化模式對輕質骨材鋼筋混凝土深梁剪力強度之影響

林文山1

1中華科技大學建築系助理教授(E-mail: wslin@cc.cust.edu.tw)

**摘要**

本研究以不同之混凝土軟化組成律，利用軟化壓拉桿評估常重混凝土（NWC）與輕質骨材混凝土（LWC）之深梁剪力強度，並且與ACI 318-02規範之比較。研究結果顯示，無論是NWC或LWC，以Zhang和Hsu(1998)、Belarbi和Hsu(1991)、Vecchio和Collins(1998)之Model A、Ueda等人(1991)、簡算法(2002)，所建議之軟化組成律可以有效掌握不同混凝土強度及跨深比對深梁之剪力強度行為，但評估LWC時，上述軟化組成律之軟化係數需折減為NWC之0.85倍，否則會有些許安全之疑慮。ACI 318-02壓拉桿模式評估深梁之剪力強度，無論是NWC或LWC其結果是保守的，其最主要之差異在於破壞模式之認定，若ACI318-02同樣以上端壓桿為破壞來評估其剪力強度，NWC和LWC，其評估結果與軟化壓拉桿相近。

關鍵字：輕質骨材混凝土、軟化模式、剪力強度、壓拉桿模式

**一、前言**

近年來，輕質骨材混凝土為國內外積極發展之環保材料，輕質混凝土具有節能、耐震等效能已被證明其相當有效，國內公私部門亦成立許多專案來推廣輕質骨材混凝土。輕質骨材混凝土之應用大致可分為結構用途與非結構用途，在使用於結構用途之輕質骨材混凝土時，其設計必須遵守設計規範。鋼筋混凝土剪力強度評估方式，依其跨深比可分為一般梁和深梁，文獻上大致將其分為B區域與D區域，D區域通常發生於幾何形狀不連續處或是應力集中處，深梁即屬於此區域，ACI 318-99及土木401-86規範針對深梁之強度係利用半實驗半理論之經驗式，ACI 318-02[1]以及土木401-93[2]增加壓拉桿模式計算鋼筋混凝土混凝土D區之剪力強度。針對常重混凝土而言，根據呂及黃[3]之研究，軟化拉壓桿模式計算深梁強度準確度大於半實驗半理論之經驗式，可精確掌握常重混凝土深梁之剪力行為，，Hwang和Lee[4]更發展不需迭代計算之軟化壓拉桿模式（軟化壓拉桿—簡算法），並驗證其對於常重混凝土之適用性。軟化壓拉桿模式，其考慮力的平衡、變形的諧和，材料的組成律，且考慮混凝土之軟化效應，2003年林等人[5]、2000年呂等人[6]及1997年Mo和Rothert[7]，曾經利用不同之軟化模式驗證常重混凝土深梁、托架及剪力牆，其結果顯示Vecchio和Collins之Model A[8]、Zhang和Hsu[9]之軟化組成律皆可精確預測常重混凝土深梁、托架及剪力牆之剪力強度。

由於輕質骨材混凝土其組成律與常重混凝土不同，且其文獻之軟化模式皆為常重混凝土試驗迴歸而得，因此輕質骨材混凝土深梁對軟化壓拉桿之適用性，必須加以檢討驗證。因此，本研究擬利用軟化壓拉桿模式以不同軟化模式評估輕質骨材鋼筋混凝土深梁之強度，並與文獻上深梁之試驗結果及土木401-93規範附篇A壓拉桿計算方法相比較，最後亦與常重混凝土相比較。

**二、壓拉桿模式介紹**

**2.1軟化壓拉桿模式**

呂及黃[3]認為軟化壓拉桿不僅需滿足平衡條件，亦需滿足材料之組成律及諧和條件，且明確定義混凝土、鋼筋所扮演之力學機制，並成功驗證常重混凝土D區域之剪力強度。軟化壓拉桿程序[3]如下

1. 根據力平衡求解對角壓桿之壓力D、水平拉桿之拉力、垂直拉桿之拉力

, ,  (1)

其中，為對角壓桿之傾斜角度，、、分別為剪力分配至對角壓桿、水平拉桿、垂直拉桿之比例，其值計算如下

, , , ,  (2)

1. 根據材料組成律計算對角壓桿之壓應力、水平拉桿之拉應變、垂直拉桿之拉應變

 (3)

其中，為壓桿面積，為壓桿厚度（等於RC梁之寬度），為壓桿寬度，為載重處之承壓板寬度，為混凝土壓力深度，假設深梁受撓曲後平面保持平面，壓力區深度為kd，d為深梁受壓外緣撓曲受拉鋼筋中心之有效深度，壓力區深度係數為

 (4)

其中，為鋼筋與混凝土之彈性模數比，為拉力鋼筋比，為壓力鋼筋比，為拉力筋有效深度，為壓力筋有效深度，常重混凝土應力應變曲線為

 (5)

其中，為混凝土之壓應力，為混凝土之壓應變，為混凝土之峰值應變，混凝土軟化係數。常重混凝土峰值應變為

 (6)

混凝土軟化係數為

 (7)

式(6)和(7)中，為混凝土抗壓強度，其單位為，為與壓桿垂直之混凝土拉應變；鋼筋組成律為完全彈塑性，如下所示

 (8)

 (9)

其中，為水平鋼筋之面積，為垂直鋼筋之面積，為鋼筋之彈性模數，為水平鋼筋之應變，為垂直鋼筋之應變，為水平鋼筋降伏時之拉力，為垂直鋼筋降伏時之拉力。

1. 符合諧和條件

 (10)

壓拉桿滿足前述之平衡條件、材料之組成律及諧和條件，無法直接求解，必須利用迭代方式求解，其迭代程序詳見呂及黃之研究[3]。

對於輕質骨材混凝土其應力-應變曲線與常重混凝土不同，兩種相同強度之混凝土而言，輕質骨材混凝土之彈性模數較低，且受壓應力-應變曲線上升段較為線性，峰值應變較大；輕質骨材混凝土之應力-應變曲線、彈性模數與峰值應變受輕質骨材之性質和量之影響，但總體而言，其值隨者混凝土強度增加而增加，一般描述混凝土之應力-應變曲線上升段和下降段，可用單一方程式表示[10]如下

 (11)

其中，，，，，為混凝土之強度，為混凝土強度時之應變稱為峰值應變，為混凝土之彈性模數。圖1為本研究蒐集輕質骨材實驗文獻[11~20]之彈性模數彙整資料並和ACI規範建議之公式相比較，實驗資料顯示利用ACI 規範建議之公式計算彈性模數有高估之現象，由圖1所示，建議取ACI規範的85％，為合理之估算，因此本研究採用ACI規範的85％，如下

 (12)

其中，的單位為，為輕質骨材混凝土單位重，單位為。圖2為本研究蒐集輕質骨材實驗文獻及文獻上所歸納建議 [14、20~24]之峰值應變隨強度變化之彙整資料，本文採用Khaloo[20]建議峰值應變隨混凝土強度變化如下

 (13)

**2.2混凝土軟化模式之介紹**

關於混凝土軟化模式已有許多文獻[4、8、9、25~33]發表，混凝土之峰值應變及開裂方向之應變影響混凝土開裂後之軟化係數，進而影響評估軟化壓拉桿之強度。本研究利用軟化壓拉桿評估深梁剪力強度時，輕質骨材混凝土之峰值應變採用式(13)，而常重混凝土之峰值應變採用式(6)，輕質骨材混凝土之組成律採用式(11)，而常重混凝土之組成律採用式(5)；不同軟化模式利用軟化壓拉桿評估剪力強度只要改變式(7)之軟化係數即可，本研究根據文獻[4、8、9、25~33]計算採用軟化係數如下

1. Zhang 和 Hsu(1998) [9]

  (14)

1. Belarbi 和 Hsu(1991) [25]

 (15)

1. Ueda等人(1991) [26]

 (16)

1. Miyahara等人(1988) [27]

 (17)

1. Mikame等人(1991) [28]

 (18)

1. Vecchio和Collins之Model A(1998) [8]

 (19)

其中，

 (20)

組成律關係如下

 (21)

 其中，

 (22)

 (23)

 (24)

1. Vecchio和Collins之Model B(1998) [8]

 (25)

 (26)

組成律，，且

1. Vecchio和Collins(1982) [29]

 (27)

1. Vecchio和Collins(1986) [30]

 (28)

1. Vecchio和Collins(1982) [29]

 (29)

1. Schlaich和(1983) [31]

 (30)

1. Peter (1964) [32]

 (31)

1. Robinson 和 Demorieux (1974) [33]

 (32)

1. 簡算法 (2002) [4]

  (33)

**三、試驗值與分析值之比較與討論**

本文利用ACI318-02、軟化壓拉桿—簡算法及軟化壓拉桿配合不同軟化模型評估方法，來預測文獻[34~42]共243個之剪力實驗，其中NWC有136個試體，LWC有107個試體，其中LWC試體均為常重砂輕質混凝土，其評估結果之強度比（試驗值/計算值）平均值與變異係數如表1所示。表中顯示，對於NWC而言，Zhang 和 Hsu[9]、Belarbi 和 Hsu[25]、Vecchio和Collins之Model A[8]、Ueda等人[26]、簡算法[4]，所建議之軟化組成律皆能提供精確之剪力強度評估，上述五種以外之軟化模式組成律，其評估結果有安全之疑慮，亦即，評估值大於實驗值，此點與林等人[5]、呂等人[6]及Mo和Rothert[7]，評估常重混凝土之深梁、托架及剪力牆有相同之結論。

對於LWC而言，不論採用何種軟化組成律，LWC所預測之平均強度稍高於實驗值，其結果偏向不安全側（評估值大於實驗值），這是因為計算壓桿承壓面積時，LWC之混凝土壓力深度kd比NWC大，導致LWC計算之壓桿強度較大，且以軟化壓拉桿分析LWC時之軟化係數係採用與NWC相同之公式，所導致之結果。對於混凝土開裂後之軟化係數，NWC與LWC是否相同，至今少有相關研究報導，但於ACI318-02及土木401-93規範內，對於LWC而言，如果剪力筋配置在開裂方向符合時，則NWC與LWC具有相同之軟化係數（），但不符合時，則LWC之軟化係數為0.4335（），而NWC之軟化係數為0.51（），這代表當LWC受約束（）時，拉應變不大，其軟化係數與NWC相同，當LWC較無約束（）時，拉應變較大，其軟化係數為NWC之0.85倍。當混凝土受剪力作用時，可根據應力之轉換為受拉和受壓之應力態，而混凝土特性為抗壓不抗拉，必先由拉應力破壞，故LWC開裂後之軟化係數，應與其拉力強度有關，另Ivey 和Buth[43]根據Hanson[44]輕質骨材混凝土之抗拉強度試驗結果統計顯示，LWC抗拉強度為NWC抗拉強度之固定倍數（常重砂輕質混凝土為0.85；全輕質混凝土為0.75）因此，本研究將LWC之軟化係數折減為NWC之0.85倍，再重新分析LWC之試體，結果如表1所示，此分析結果與NWC評估結果一致，Zhang 和 Hsu[9]、Belarbi 和 Hsu[25]、Vecchio和Collins之Model A[8]、Ueda等人[26]、簡算法[4]，所建議之軟化組成律皆能提供精確之剪力強度評估，如圖3、4所示，不同混凝土強度、跨深比之平均強度比與變異係數均在合理範圍內，且變異係數與NWC一樣約為19%左右，上述五種以外之軟化模式組成律，其評估結果有安全之疑慮。由此可知LWC利用軟化壓拉桿分析不同之混凝土強度和跨深比均能有一致之結果，亦即，軟化壓拉桿模型可以有效掌握不同混凝土強度及跨深比對深梁之剪力強度行為，這顯示軟化壓拉桿模式利用Zhang和Hsu[9]、Belarbi和Hsu[25]、Vecchio和Collins之Model A[8]、Ueda等人[26]、簡算法[4]，所建議之軟化組成律，修正後亦能用於輕質骨材剪力強度之評估。

由表1中可知，無論NWC或LWC，利用軟化壓拉桿模型之精確度優於ACI 318-02壓拉桿模式，這是因為兩種評估方法之破壞模式不同、壓桿承壓面積不同、軟化係數不同、剪力鋼筋貢獻不同所造成之結果，其中以破壞模式不同導致差異性最大。呂和黃[3] 認為在一般撓曲拉力主筋有良好的錨定條件下，抗剪元素較高彎矩側有較嚴重之應力流集中現象，因此以軟化壓拉桿模式評估深梁其剪力強度是依據上端壓桿強度大小決定；而ACI 318-02壓拉桿模式必須分別檢核壓桿強度（壓桿上端與壓桿下端）、節點強度（上端節點與下端節點）與拉桿強度，並取其最小者為控制者，利用ACI318-02壓拉桿評估文獻[26~34]上之剪力強度實驗發現，大部分為拉桿控制或壓桿下端控制，這與文獻實驗觀察[34~42]結果不同，因為文獻實驗之壓桿下端有效拉桿寬度比壓桿上端混凝土壓力區深度有效拉桿寬度小，因此對於具有相同尺寸之載重處之承壓板寬度（）和支承反力處之承壓板寬度（）而言，ACI318-02評估壓桿總是下端控制。若將ACI 318-02破壞模式與軟化壓拉桿相同，均採用壓桿上端，且軟化壓拉桿—簡算法計算LWC剪力強度之軟化係數為NWC之0.85倍，則ACI 318-02與軟化壓拉桿—簡算法計算強度，如圖5、6和表1所示，不同之混凝土強度和跨深比之深梁皆能得到滿意之結果。

**四、結論與建議**

本研究以不同之混凝土軟化組成律，利用軟化壓拉桿評估常重混凝土與輕質骨材混凝土之深梁剪力強度，且與ACI 318-02規範之比較。研究成果可歸納幾點結論：

1以各種軟化模式利用軟化壓拉桿評估評估深梁之剪力強度，對於NWC而言以Zhang 和 Hsu[9]、Belarbi 和 Hsu[25]、Vecchio和Collins之Model A[8]、Ueda等人[26]、簡算法[4]，所建議之軟化組成律能提供精確之剪力強度評估，而對於LWC而言，建議將軟化係數折減為NWC之0.85倍，則Zhang 和 Hsu[9]、Belarbi 和 Hsu[25]、Vecchio和Collins之Model A[8]、Ueda等人[26]、簡算法[4]可得不錯之評估結果，否則會有些許安全之疑慮，這顯示軟化壓拉桿模式修正後亦能用於輕質骨材剪力強度之評估。

2軟化壓拉桿模型之精確度優於ACI 318-02規範；無論是NWC或LWC軟化壓拉桿模型可以有效掌握不同混凝土強度及跨深比對深梁之剪力強度行為，利用ACI 318-02壓拉桿模式評估深梁之剪力強度，無論是NWC或LWC其結果是保守的，其最主要之差異在於破壞模式之認定，若ACI 318-02同樣以上端壓桿為破壞來評估其剪力強度，NWC和LWC，可以得到不錯之評估。

**參考文獻**

* 1. ACI Committee 318(2002), Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318 M-02) and Commentary (ACI 318 RM-02), American Concrete Institute, Farmington Hills.
	2. 中國土木水利工程學會，鋼筋混凝土工程設計規範與解說（土木401-93），（2005）。
	3. 呂文堯、黃世建，「鋼筋混凝土深梁之抗剪強度評估」，中國土木水利工程學刊，第十二卷，第一期，第11-20頁（2000）。
	4. Hwang, S.J., and Lee, H.J., “Strength Prediction for Discontinuity Regions by Softened Strut-and-Tie Model,” *Journal of Structural Engineering,* ASCE, Vol. 128, No. 12, pp. 1519-1526 (2002).
	5. 林英俊、黃世建、呂文堯，「混凝土軟化組成律對鋼筋混凝土深梁剪力強度評估之影響」，力學，系列B，第十九卷，第二期，第63-70頁（2003）。
	6. 呂文堯、游新旺、黃世建，「軟化模式對鋼筋混凝土托架抗剪強度評估之影響」，中國土木水利工程學刊，第十二卷，第四期（2000）。
	7. Mo, Y. L., and Rothert. H., “Effect of Softening Models on Behavior of Reinforced Concrete Framed Shearwalls,” *ACI Structural Journal*, Vol. 94, No. 6, pp. 730-744 (1997).
	8. Vecchio, F. J. and Collins, M. P., “Compression Response of Cracked Reinforced Concrete,” *Journal of Structural Engineering*, ASCE, Vol. 119, No. 2, pp. 3590-3610 (1998).
	9. Zhang, L. X. B. and Hsu, T. T. C., “Behavior and Analysis of 100Mpa Concrete Membrane Elements,” *Journal of Structural Engineering,* ASCE, Vol. 124, No. 1, pp. 24-34(1998).
	10. 過鎮海，混凝土的強度和變形，清華大學出版社，北京，第37頁（1997）。
	11. Shideler, J. J., “Lightweight-Aggregate Concrete for Structural Use,” *ACI Journal,* Vol. 29, No. 4, pp. 299-328 (1957).
	12. Martinez, S., Nilson, A. H., and Slate, F. O., “Spirally Reinforced High-Strength Concrete Columns,” *ACI Journal,* Vol. 81, No.5, pp. 431-442 (1984).
	13. Slate, F. O., Nilson, A. H., and Martinez, S., “Mechanical Properties of High-Strength Lightweight Concrete,” *ACI Journal,* Vol. 83, No. 4, pp 606-613 (1986).
	14. Zhang, M. H., and Gjrv, O. E., “Mechanical Properties of High-Strength Lightweight Concrete,” *ACI Materials Journal*, Vol. 88, No. 3, pp 240-247 (1991).
	15. Ahmad, S. H., and Barker, R., “Flexural Behavior of Reinforced High-Strength Lightweight Concrete Beam,” *ACI Structural Journal*, Vol. 88, No. 4, pp. 69-77 (1991).
	16. Hoff, G. C., “High Strength Lightweight Aggregate Concrete for Arctic Application -- Parts 2,” ACI SP-136 (1992).
	17. Hoff, G. C., “High Strength Lightweight Aggregate Concrete for Arctic Application -- Parts 3,” ACI SP-136 (1992).
	18. Mor, A., Gerwick, B. C., and Hester W. T., “Fatigue of High-Strength Reinforced Concrete,” *ACI Materials Journal,* Vol. 89, No. 2, pp. 197-207 (1992).
	19. Balaguru, P., and Dipsia, G., “Properties of Fiber Reinforced High-Strength Semi Lightweight Concrete,” *ACI Materials Journal,* Vol. 90, No. 5, pp. 399-405(1993).
	20. Khaloo, A. R., and Kim, N., “Effect of curing Condition on Strength and Elastic Modulus of Lightweight High-Strength Concrete,” *ACI Materials Journal,* Vol. 96, No. 4, pp 485-489, (1999).
	21. Almusallam, T. H., and Alsayed, S. H., “Stress-Strain Relationship of normal High-Strength and Lightweight Concrete,” *Magazine of Concrete Research,* Vol. 47, No. 170, pp. 39-44 (1994).
	22. 中國建築科學研究院主編，混凝土結構研究報告選集（3），中國建築工業出版社，北京，第303-315頁（1994）
	23. Wang, P., Shah, S. P., and Naaman, A. W., “Stress-Strain Curve of Normal and Lightweight Concrete in Compression,” *ACI Journal,* Vol. 75, No. 11, pp. 603-611 (1978).
	24. Foster, S. J., and Gilbert, R. I., “The Design of Non-Flexural Members with Normal and High-Strength Concrete,” *ACI Structural Journal,* Vol. 93, No. 1, pp. 3-10 (1996).
	25. Hsu, T. T. C., *Unified Theory of Reinforced Concrete,* CRC Press, Boca Ration, Florida, (1993).
	26. Ueda, M., Noguchi, H., Shirai, N., and Morita, S., “Introduction to Actively of New RC,” *Proceedings International Workshop on Finite Element Analysis of Reinforced Concrete*, Columbia University, New York (1991).
	27. Miyahara, T., Kawakami, T., and Maekawa, K., “Nonlinear Behavior of Cracked Reinforced Concrete Plate Element under Uniaxial Compression,” *Concrete Library International*, JSCE, 11, pp. 306-319 (1988).
	28. Mikame, A., Uchida, K., and Noguchi, H., “A Study of Compressive Deterioration of Cracked Concrete,” *Proceedings International Workshop on Finite Element Analysis of Reinforced Concrete,* Columbia University, New York (1991).
	29. Vecchio, F. J., and Collins, M. P., “Response of Reinforced Concrete to Inplane Shear and Normal Stresses,” Report No. 82-03 University of Toronto, Toronto, Canada, (1982).
	30. Vecchio, F. J., and Collins, M. P., “The modified compression field theory for concrete elements subjected to shear,” *ACI Journal,* Vol.83, No.2, pp. 219-231 (1986).
	31. Schlaich, J. and Schäfer, K., “Zur Druck-Querzuq-Festigkeit des Stahibetons,” Beton-und Stahlbetonbau, Vol. 3, pp. 73-78 (1983).
	32. Peter, J., “Zur Bewehrung von Scheiben und Schalen fur Hauptspanhgen schiefwinklig zur Bewehrungsrichtung,“ Disstrtation, Lehrstuhl Massivbau, Technische Hochschule Stuttgart, Germany, (1964).
	33. Robinson, J. R., and Demorieux, J. M., “Essais de Traction-Compression sur Models d’ame de Poutre en Beton Anne,” Part Ⅱ 1974, Institut de Recherches Appliquees du Beton Arme (IRABA).
	34. Kong, F. K., Robins, P. J., and Cole, D. F., “Web Reinforcement Effects on Deep Beams,” *ACI Journal,* Vol.67, No.12, pp. 1010-1017 (1970).
	35. Smith, K. N., and Vantsiotis, A. S., “Shear Strength of Deep Beams,” *ACI Journal,* Vol. 79, No. 3, pp. 201-213 (1982).
	36. Aguilar, G., Matamoros, A. B., Parra-Montesinos, G. J., Ramirez, J. A., and Wight, J. K., “Experimental Evaluation of Design Procedures for Shear Strength of Deep Reinforced Concrete Beams,” *ACI Structural Journal*, Vol. 99, No. 4, pp. 539-548 (2003).
	37. Foster, S. J., and Gilbert, R. I., “Experimental Studies on High-Strength Concrete Deep Beams,” *ACI Structural Journal*, Vol. 95, No. 4, pp. 382-390 (1998).
	38. de Paiva, H. A. R, and Siess, C. P., “Strength and Behavior of Deep Beams in Shear,” *Journal of Structural Division*, ASCE, Vol. 91, No. ST5, pp.19-41 (1965).
	39. Ramakrishnan, V., and Ananthanarayana, Y., “Ultimate Strength of Deep Beams in Shear,” *ACI Journal*, Vol. 65, No. 7, pp. 87-98 (1968).
	40. Kong, F. K., Teng, S., Singh, A., and Tan, K. H., “Effect of Embedment Length of Tension Reinforcement on the Behavior of Lightweight Concrete Deep Beams,” *ACI Structural Journal*, Vol. 93, No. 1, pp. 21-29 (1996).
	41. Kong, F. K., and Robins, P. J., “Web Reinforcement Effects on Lightweight Concrete Deep Beams,” *ACI Journal*,Vol. 68, No. 7, pp. 514-520 (1971).
	42. Kong, F. K., and Singh, A., “Diagonal Cracking and Ultimate Loads of Lightweight Concrete Deep Beams,” *ACI Journal*, Vol. 69, No. 8, pp. 513-521 (1972).
	43. Ivey, D. L., Buth, E., “Shear Capacity of Lihgtweight Concrete Beams,” *ACI Journal*, Vol. 64, No. 10, pp. 634-643 (1967).
	44. Hanson, J. A., “Tensile Strength and Diagonal Tension Resistance of Structural Lightweight Concrete,” *ACI Journal*, Vol. 58, No. 1, pp.1-40 (1961).
	45. 陸景文，「台灣地區混凝土橋樑溫度、彈性應變、潛變及乾縮特性之整合研究」，博士論文，國立台灣大學土木工程研究所，台北（2001）。



圖1 輕質骨材混凝土之彈性模數



ACI Code

0.85ACI Code

圖2 輕質骨材混凝土之峰值應變

公式 (13)

公式(6)

假設為壓桿上端破壞

圖5 ACI 318-02、實驗與混凝土強度之比較

假設為壓桿上端破壞

圖6 ACI 318-02、實驗與跨深之比較

圖3混凝土強度與分析模型之影響

LWC軟化係數為NWC之0.85倍

LWC軟化係數為NWC之0.85倍

LWC軟化係數為NWC之0.85倍

LWC軟化係數為NWC之0.85倍

LWC軟化係數為NWC之0.85倍

圖4 跨深比與分析模型之影響

LWC軟化係數為NWC之0.85倍

LWC軟化係數為NWC之0.85倍

LWC軟化係數為NWC之0.85倍

LWC軟化係數為NWC之0.85倍

LWC軟化係數為NWC之0.85倍