

## INLEDNING

Man ägnar en betydande möda åt de kvalitetsfrågor som rör betongkonstruktioners

- Bärförmåga
- Beständighet och täthet

Huvudskälen är samhällseliga intressen och att insatser krävs vad gäller produktion, kontroll etc för att uppnå de önskade funktionerna. Debatten har bl.a. rört sig mellan de kontrasterande kontrollsystem med funktionskrav eller resultatkrav å ena sidan och detaljföreskrifter å andra sidan, Bergström/1975/ och Bellander, Petersons /1979/.

En diskussion av betongens kvalitet bör rimligtvis även innefatta egenskaper som

- Ljudisolering där betongens tyngd ger höga reduktionstal
- Brandskydd där betongens brandmotstånd är ansevärt, minst 30 min.
- Värme kapacitet som är stor med intressanta möjligheter till energibalans med omgivningen till låga energikostnader.

Dessa starka sidor hos betongen är kvalitetsegenskaper som märkligt nog normalt uppnås utan produktionsstyrning och kontroll.

Vi räknar med betydande livslängd 40-50 år eller mer hos betongkonstruktioner. Livstidskostnaden, summan av årliga belopp återförda till investeringstidpunkten, blir följaktligen förnämlig för betongen. Exempelvis blir värdet av de årliga energikostnaderna för en kontorsbyggnad en till tre gånger så högt som investeringsutgiften.

Skadekostnaderna hos betong är låga. I en sammanställning och överslagsberäkning från Bygghälsorådet indikeras ett totalt reparationsbehov i svenska hus byggda under 50-, 60- och 70-talen till ca 20 miljarder kronor. Betongkonstruktioner svarar för en liten del. I två fall nämns betongstommar nämligen åtgärds kostnad mot fortskridande ras å 600 miljoner kronor och reparation av betongbalkonger å 200 miljoner kronor per år. Som jämförelse kan nämnas att de budgeterade årliga underhållskostnaderna för Statens vägverks broar utgör totalt 100 miljoner kronor per år, von Olnhausen /1982/. Även om betongen visar sig tä-

lig både vad gäller beständighet som översam behandling tycks dess frostbeständighet fortfarande i praktiken utgöra en nackdel, som man bör arbeta borta.

## NYA BETONGBESTÄMMELSER BBK 79 OCH DESS SUPPLEMENT

De nya betongbestämmelserna BBK 79 — som gäller parallellt med gamla betongbestämmelser — har i praktiken tillämpats sedan 1980 och ett antal byggnadsprojekt har genomförts. Vissa erfarenheter redovisas i Westberg /1982/. Utmärkande är

- Samordning med den europeiska mönsternormen
- Dimensionering på statistiska grunder och primärt i brottstadiet. En konsekvens är materialbesparingar t ex av armering.
- Kontrollen fokuserad på nya föremål t ex armeringsläge bl a i färdig konstruktion. Mätning och dokumentation utförs i princip i de fall när krav ställts.
- Ett system för kontroll av kvalitet i färdig betongkonstruktion introduceras på försök i ett supplement till BBK 79.

## KONTROLL AV KVALITET I FÄRDIG BETONGKONSTRUKTION

I Bellander, Petersons /1979/ diskuteras och listas aktuella funktionskrav som bryts ned i kvalitetsparametrar. Tankegången i supplementet till BBK 79 är

- Funktionskrav eller resultatkrav ställs på slutprodukten. Principen är att endast föremål där problem förekommer kontrolleras. Emellertid anvisas etappkontroller och spärregler såsom för beständighet när de är betydligt enklare eller rentav enda möjligheten vid praktisk tillämpning.
- Eliminera utvecklingshämmande detaljregleringar. Som en spin-off har normtexten bantats ned från 47 sidor i BBK 79 till 8 sidor plus 6 ½ sidor hänvisning i BBK 79. De gällande gamla betongbestämmelserna (B5, B6, B11) omfattar 181 sidor.
- Normen studeras och tillämpas på försök. Med hänsyn till att doku-

mentationen av betong blir tillförlitligare avses möjligheten till utökad utnyttjande av betongen att klarläggas.

Den väsentliga förändringen är dokumentation av betonghållfasthet och armeringens läge i färdig konstruktion.

## BETONGHÅLLFASTHET

I Bellander /1978/ föreslås att noggranna mätmetoder gottskrivs en pluskorrektur, exempelvis för det utborrade provet 4 MPa. Till grund för detta ligger tidigare utförda undersökningar Bellander /1978/. Där jämfördes olika mätmetoders osäkerheter och spridningar i jämförelse med hållfasthetsmätningar på normkuber.

Östlund /1982/ härleder för partialkoefficientmetoden metodik, som tar hänsyn till mätmetodens noggrannhet och den uppmätta kvalitetsspridningen i konstruktionen. Ju bättre noggrannhet desto högre materialutnyttjande. Upp till ca 15% tycks möjlig.

Därutöver kan den hållfasthetssökning som normalt sker efter 28 dygn dokumenteras och tillgodoräknas.

I BBK anges kravnivåer för såväl tryckhållfasthet som spräckhållfasthet i färdig konstruktion, se TABELL 1.

I en omfattande undersökning 1979 från Statens Vägverk av fyra glidformsgjutna bropelare konkluderas god överensstämmelse för betongkvalitet K 400. Med hänsyn till att man inte helt når upp till kraven för den andra betongkvaliteten K 500 ifrågasätts i rapporten om kravnivåerna är för stränga. På initiativ av Betongelementföreningen genomför CBI en undersökning där fyra olika elementtillverkningar vid två olika fabriker studeras. Överensstämmelsen blir här god.

I BBK 79 supplementet anvisas förutom mätning på utborrade prov försöksstandarder att skatta betongens tryckhållfasthet med de oförstörande mätmetoderna studsmätning, ultraljudmätning och kombinationer av de båda. I Bellander /1978/ finns även underlag till standard för utdragsprovning.

TABELL 1. Fördrad tryckhållfasthet i konstruktion

Hållfasthetsklass	K 16	K 20	K 25	K 30	K 35	K 40	K 45	K 50	K 60	K 70	K 80
	13	17	21	25	28	32	36	40	47	54	62

### METODER ATT BESTÄMMA HÅLLFASTHET I FÄRDIGA KONSTRUKTIONER

I vägverkets undersökning konkluderas att studsmätningen ger lika tillförlitlig hållfasthetsuppskattning som mätning på normkuber. Emellertid bör studsmätaren kalibreras mot utborrade cylinderprov.

En av de invändningar som framförts mot utdragsprovning med LOK testmetoden är att utdragsproven måste appliceras före gjutning. Emellertid har metoden modifierats och utdragsproven appliceras sedan de borrats in i konstruktionen. För båda metoderna anges i stort identiska samband med tryckhållfastheten, Petersen /1980/. Undersökningar vid AB Betongindustri på 150 mm normkuber ger likaledes identiska samband, se FIG 1 a-b.

Standardavvikelsen kring regressionslinjen blev låg, 2 MPa. Sambandet ligger något över, Bellander /1979/.

I en motsvarande undersökning av studsmätare vid AB Betongindustri följdes Svensk Standard SS 13 72 50, se FIG 2. Avvikelser från standardens samband bestämdes för aktuell mätare och betongsammansättning, se FIG 2. Varje punkt utgör medelvärde av 9 st normkuber. Standardavvikelsen kring regressionslinjen utgör 1 MPa för 1-dygnsvärden och 3 MPa för 28-dygnsvärden. Den systematiska avvikelser från standardens kurva är liten. För en äldre studsmätare konstaterades ett helt annorlunda samband och väsentligt större spridningar.

Sammanfattningsvis är det av utomordentlig betydelse att oförstörande mätmetoder handhas enligt standardiserade procedurer och av personal med mätvana eller adekvat utbildning. Därför bör även bl a metoden för utdragsprovning standardiseras. Gamla studsmätare bör ej användas. Det borde klargöras om man erhåller olika samband, som anges i Svensk Standard, vid studsmätning å ena sidan på konstruktioner och å andra sidan på kubprover provade inspända i tryckpress vid belastningen 2,5 MPa.

### ARMERING

En annan väsentlig förändring i BBK 79 är att armeringens läge i färdig produkt skall mätas och dokumenteras. Även här torde kanske möjligheten till materialbesparingar övervägas beaktat av att noggrannare kontroll utföres. För ett aktuellt bostadsprojekt — ca 200 lägenheter — i Stockholm har systemet tillämpats. Laurin /1982/.

TABELL 2. Provningsomfattning

	Antal bjälklag	Antal fall <sup>1)</sup>	
		Provad	Enligt BBK 79
Höghusdel	65	3/400 m <sup>2</sup>	1/500 m <sup>2</sup>
Låghusdel	12	2/300 m <sup>2</sup>	1/500 m <sup>2</sup>

1) 1 x 1 m<sup>2</sup>

Resultaten redovisas i TABELL 3 och FIG 3.

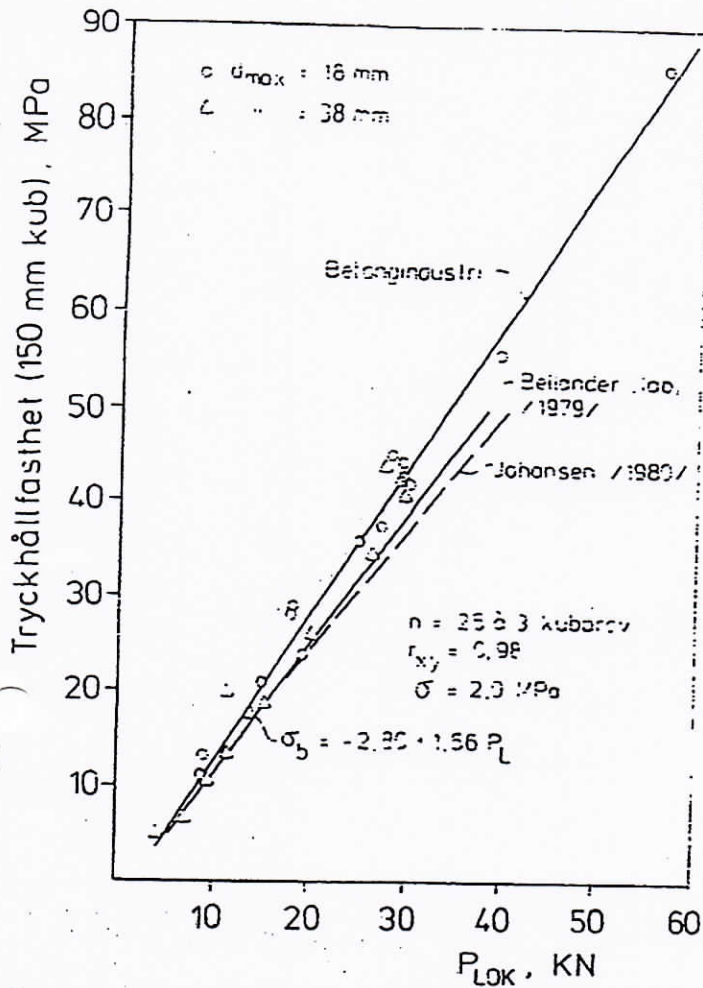
TABELL 3. Resultat vid bestämning av armerings läge i färdig konstruktion.

	Värde enligt ritning mm	Uppmätt medelvärde mm	Standardavvikelse mm	Tillåten avvikelse mm	Antal mätningar mm	Antal felaktiga lägen enl BBK	
Höghusdel	Centrumavstånd underkantsarmering	440	418	70	+ 88	726	17
	Centrumavstånd överkantsarmering	210	210	26	+ 42	318	10
	Täckande betongskikt underkant	15	25)	3	1b skall överstiga 10 mm	360	0
	Täckande betongskikt överkant	15	25)	4	1b skall överstiga 10 mm	159	0
Låghusdel	Centrumavstånd underkantsarmering	480	466	62	+ 96	84	0
	Centrumavstånd överkantsarmering	190	203	23	+ 38	54	3
	Täckande betongskikt underkant	15	23)	3	1b skall överstiga 10 mm	42	0
	Täckande betongskikt överkant	15	24)	5	1b skall överstiga 10 mm	30	0

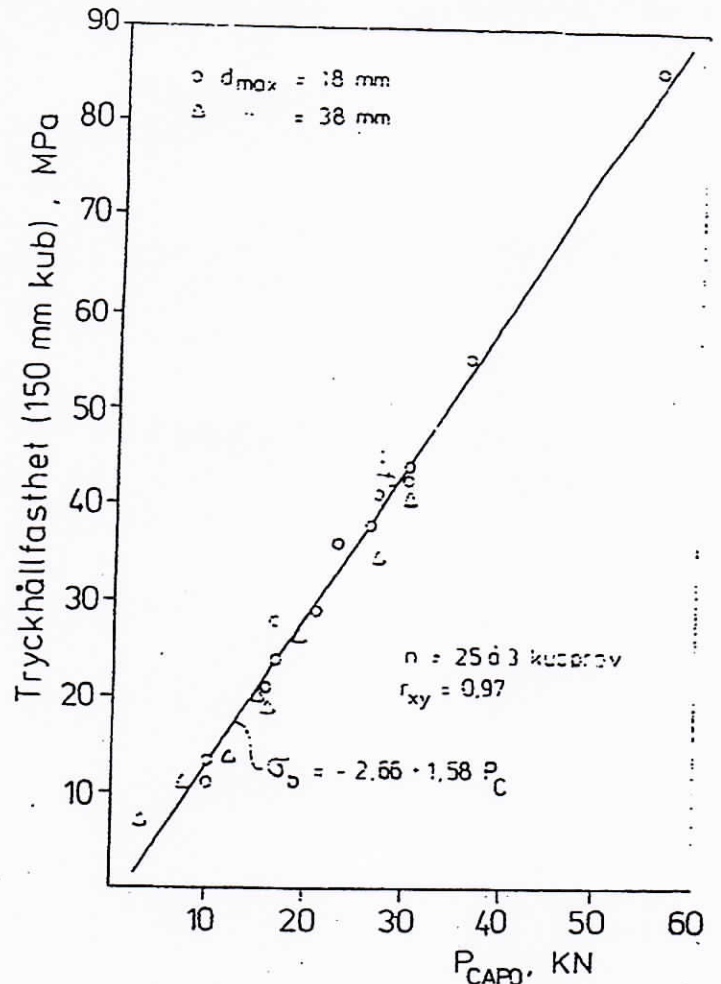
<sup>1)</sup> Eftersträvat täckskikt 20 mm (distansklossar 20 mm i uk)

Med en noggrant kalibrerad elektromagnetisk täckskiktsmätare uppmättes täckskiktet och centrumavståndet för armering i totalt 77 bjälklag, se TABELL 2 och 3. Provningsomfattningen är föreskriven i BBK 79.

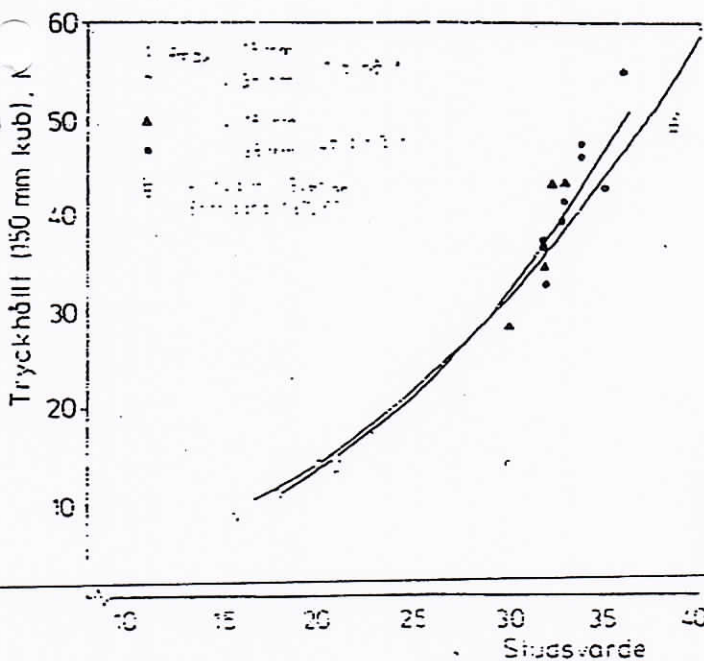
Standardavvikelserna för avvikelserna i täckande betongskikt är relativt små, 3 mm i underkant och som väntat något mer, 4-5 mm, i överkant av armeringen. Täckskiktet är ca 10 mm större än föreskrivet. Som helhet bedöms nog-



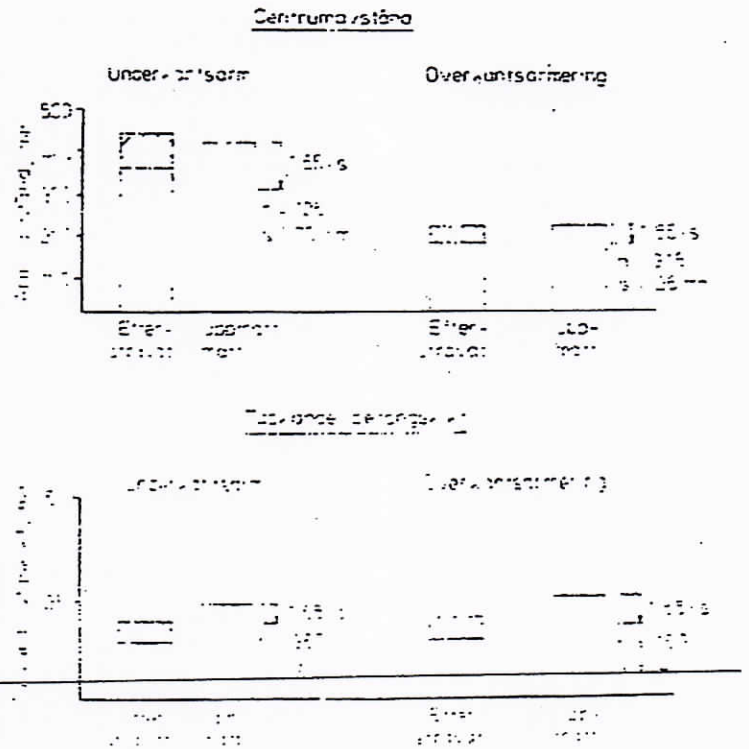
Figur 1 a. Sambandet mellan tryckhållfasthet bestämd på 150 mm kuber och utdragsprovning bestämd med LOK-metoden.



Figur 1 b. Sambandet mellan tryckhållfasthet bestämd på 150 mm kuber och utdragsprovning bestämd med CAPO-metoden.



Figur 2. Samband mellan studsvarde bestämt med studsmatare och tryckhållfasthet bestämd på 150 mm kub.



Figur 3. Armeringens läge uppmätt i färdig konstruktion vid kontroll enligt BBK 79. Skräfferat område utgör toleransområde för enskilt mätvärde.

grannheten i utförandet vara god. Mätmetodens mätfel översteg ej  $\pm 1$  mm. Centrumavståndet varierade mer i underkant än i överkant.

#### SAMMANFATTANDE SLUTSATSER

Goda kvalitetsegenskaper vad gäller ljudisolering, brandskydd, värmekapacitet uppnås i betongkonstruktioner utan närmare produktionsstyrning och kontroll. Större möda ägnas exempelvis bårformågan, beständigheten och tätheten.

För de senare anges mera funktionsorienterade krav i de nya svenska betongbestämmelserna BBK 79 och framför allt i dess supplement. De väsentligaste förändringarna i supplementet är dokumentation av betonghållfasthet och armerings läge i färdig konstruktion. Utvecklingshämmande detaljregleringar elimineras och som en konsekvens minskar normtexten från ca 181 sidor i de gamla betongbestämmelserna till 15 sidor.

Erfarenheter från oförstörande mätmetoder pekar på betydelsen att metoderna handhas enligt standardiserade procedurer och av personal som fått utbildning för mätningarna. Med elektromagnetisk täckskiktsmätare bestämdes armeringens centrumavstånd

och täckande betongskikt i 77 st bjälklag. Standardavvikelsen i täckande betongskikt var 3 mm i underkantsarmeringen och 5 mm i överkantsarmeringen.

#### REFERENSER

Bellander, U: Hållfasthet i färdig konstruktion, Del 1-3 Cement- och Betonginstitutet, Stockholm 1976, 1977.

Bellander, U Petersons, N: Quality of finished concrete structures.

Studies on Concrete Technology. Dedicated to Professor Sven G Bergström on his 60th anniversary. December 14, 1979, Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm, 1979.

Bellander, U: Alternativt system att kontrollera kvalitet i färdig betongkonstruktion — BBK-förslag. CBI rapport nr 26:78, Stockholm, 1978.

Bergström, S L: Är betongtekniken mogen för funktionskrav? Meddelande från Kontrollrådet för Betongvaror, Stockholm, 1975.

BBK 79. Bestämmelser för betongkonstruktioner, Band 1 Konstruktion, Band 2 Material Utförande, Kontroll, Statens Betongkommitté, AB Svensk Byggtjänst, Stockholm 1980.

BBK 79. Bestämmelser för betongkonstruktioner. Supplement. System för kontroll av

kvalite i färdig betongkonstruktion. Statens Betongkommitté. AB Svensk Byggtjänst, Stockholm 1980.

Laurin, J: Mätning av armerings läge i färdig konstruktion. AB Betongindustri, 1982.

Johansen, R: Curing conditions and in-situ strength development of concrete measured by various testing methods. FCB, Trondheim, 1979.

Von Olnhausen, W: Inspektion och underhåll av betongbroar. Byggindustrin, Stockholm, 1982.

Petersen, C G: In-situ strength testing with lok-test and CAPO-test. The Danish pull-out test. Köpenhamn, 1980.

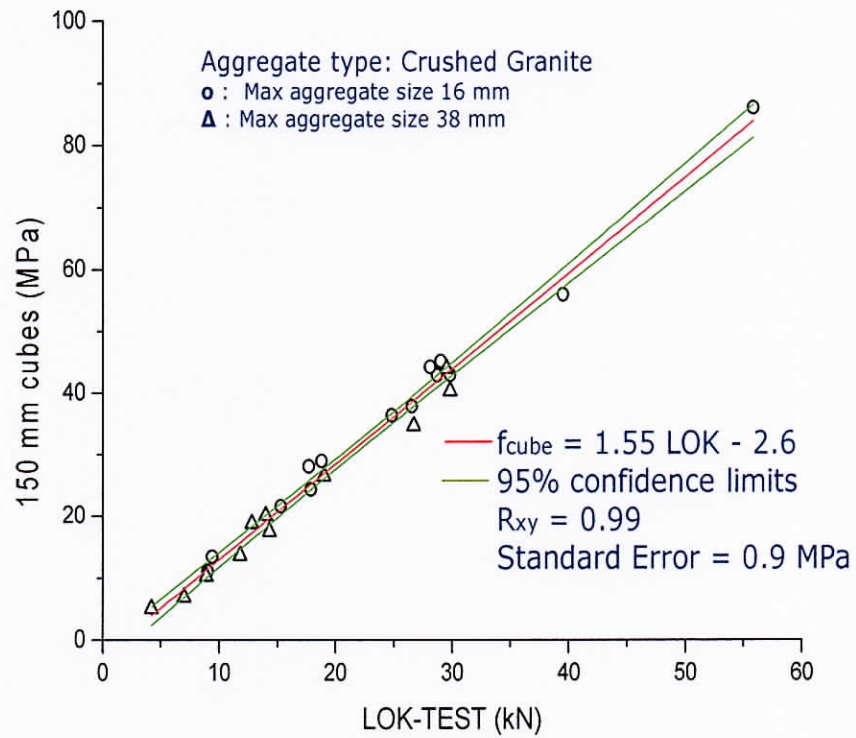
Statens Vägverk: Betonghållfasthet i Angeredsbrons glidformsgjutna pelare, TB 133, Stockholm, 1979.

Westerberg, B: BBK 79 — de nya betongbestämmelserna. Byggnadskonst 1-2, 1982.

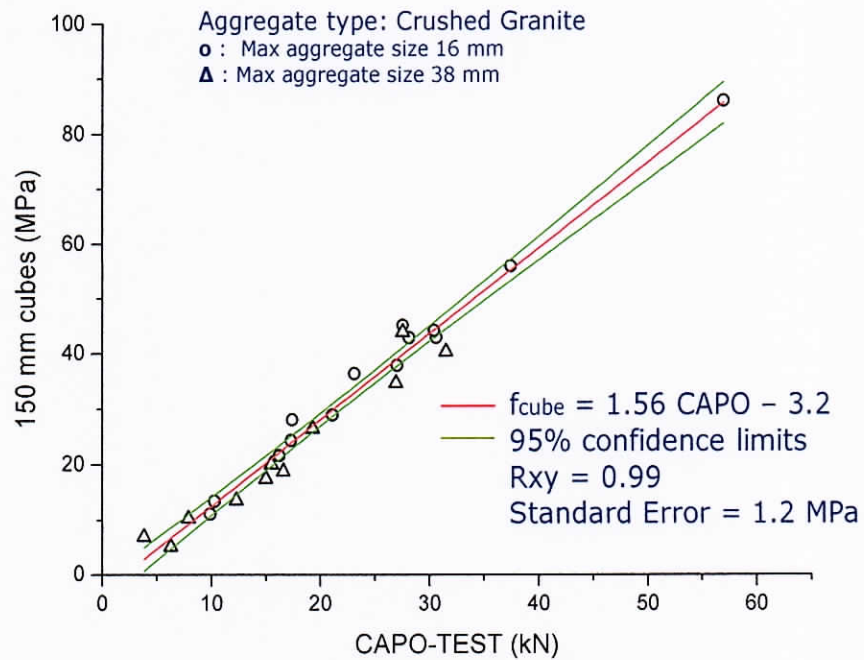
Östlund, L: Dimensionering av betongkonstruktioner — hållfasthetsvärden och mått. Bärande konstruktioner LTH, rapport TVBK-3015. Lund 1982 (Ännu ej publicerad).

#### Författare:

Tekn.dr. Ulf Bellander  
AB Betongindustri  
Box 30036  
S-104 25 STOCKHOLM



Ref: Bellander (1983). Each point is an average of 3 cubes and 3 LOK-TEST performed on the vertical face on matching cubes



Ref: Bellander (1983). Each point is an average of 3 cubes and 3 CAPO-TEST performed on the vertical face of matching cubes